

Л.А.Слега, Ю.В.Холин

2002

ЗАДАЧИ ПО ХИМИИ

ДЛЯ ВЫПУСКНИКОВ И АБИТУРИЕНТОВ



Л.А.Слета, Ю.В.Холин

2002

ЗАДАЧИ
ПО ХИМИИ

Харьков
«Фолио»
2003

Авторы:

Слета Людмила Алексеевна — кандидат химических наук,
доцент кафедры теоретической химии
Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина
Холин Юрий Валентинович — доктор химических наук,
профессор, заведующий кафедрой

Художник-оформитель
И. В. Осипов

ОТ АВТОРОВ

Своими знаниями я обязан только самому себе. Я сам себя научил химии.

*Р. Вудворд,
лауреат Нобелевской премии*

Химия — одна из самых захватывающих и эффектных наук. Дети, зная о ее чудесах, с нетерпением ждут, когда же начнется изучение химии в школе. Но очень быстро интерес к химии исчезает, и этот предмет переходит в разряд самых нелюбимых. Мы убеждены, что не наука химия виновата в этом. Химию можно преподавать строго и точно, как математику, столь же успешно формируя на химическом материале логическое мышление, как это делают физики, не теряя при этом яркости и увлекательности. Мы уверены, что ключевой элемент в воплощении этих принципов — активное соучастие учащихся в получении знаний, невозможное без упорной и настойчивой самостоятельной работы, решения нестандартных творческих задач. Прилавки книжных магазинов завалены задачами по химии, но именно задачи являются камнем преткновения для школьников и абитуриентов. В сборнике, который вы держите в руках, мы постарались отойти от стандартных схем и подходов и воплотить свой опыт преподавания химии.

Авторы этой книги — преподаватели университета. На протяжении многих лет мы учили химию школьников — в школе юных химиков, в химических классах лицея, готовили команды для участия в олимпиадах юных химиков. Наш опыт преподавания сложился в поисках ответов вот на какие вопросы:

- Как обучать химии, чтобы за внешними эффектами учащиеся видели структуру и логику химической науки, которая основывается на физических теориях, широко использует математику и вычислительную технику, тесно связана с проблемами биологии, фармации, экологии?
- Как обучать химии, чтобы учащиеся свободно воспринимали термины, которыми заполнено окружающее их информационное пространство, — радионуклиды, озоновый слой, кислотные дожди, вулканизация, люминофоры?
- Как обучать химии, чтобы будущий программист знал, какие вещества он видит перед собой на экране монитора, а будущий технолог представлял, что произойдет, если отходы производства будут спущены в реку?
- Как обучать химии, чтобы будущая домашняя хозяйка могла брать экологически чистые продукты питания, качественную кухонную посуду и одежду?
- И главное, как обучать химии, чтобы, не забивая голову бессмысленно большим объемом информации, учащийся получил химические знания в их системе и научился решать сложные задачи?

Задачи, помещенные в этом сборнике, — наш ответ на все эти вопросы.

Мы не обещаем сделать изучение химии совсем простым и легким, но надеемся, что при решении задач читатель увидит логику науки и на деле убедится в справедливости утверждения: «Знание общих принципов заменяет знание частных фактов». Важно, что именно решение задач позволяет систематизировать полученные знания, глубже понять сложные теоретические вопросы, научиться не только воспроизводить информацию, но и творчески ее применять.

Особенность нашего сборника — его почти энциклопедический характер. Заглянув на последние страницы книги, вы найдете указатель тем, включающий 200 наименований. Каждая тема включает 10 задач, причем мы стремились к тому, чтобы это были задачи разного типа. Задачи расположены в порядке возрастания их сложности, и каждая последующая задача формирует новые знания и умения.

Сборник открывается разделами, содержащими типовые задачи. Затем следуют конкурсные задания, а завершают книгу олимпиадные задачи. В приложении представлены справочные материалы.

Мы старались сделать книгу полезной широкому кругу читателей. Над задачником можно работать самостоятельно (этому помогут решения, комментарии и ответы ко всем задачам). Учитель, следующий типовой программе, найдет соответствующие ей темы, пропуская более сложный материал. Напротив, преподаватель лицея или гимназии, работающий по авторской программе, выберет те задачи, которые ей соответствуют. Участники олимпиад всех уровней и их наставники воспользуются задачами повышенной сложности. Конечно же, не останутся без конкурсных задач с решениями и абитуриенты.

В современных условиях стать студентом одного из престижных университетов совсем не просто. Для этого надо обладать надежным багажом знаний, выходящих за рамки школьной программы. А чтобы получить стипендию для обучения в именитом зарубежном университете, нужно уже в школьные годы проявить свои дарования. Один из путей достижения желанной цели — победа в олимпиадах, стройная система которых существует в разных странах — от Австралии до США и Канады. Победители олимпиады высокого уровня всегда с энтузиазмом встретят в элитарном университете.

Наш задачник будет полезен читателям, которые начинают изучать химию с азов, желая подготовиться как к конкурсным экзаменам в высшие учебные заведения, так и к участию в олимпиадах всех уровней — от школьной до международной.

В сборнике $2002 = 2 \cdot 1001$ задач. Включив в книгу именно столько задач, мы хотели подчеркнуть, что сказок достаточно и тысячи одной, а вот для понимания химии нужно решить хотя бы вдвое больше.

Научить нельзя, можно только научиться! Поможем в этом нашим читателям.

ЧАСТЬ 1

ЗАДАЧИ

THE
STORY OF
THE
WORLD

ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

ВЕЩЕСТВА И ИХ СВОЙСТВА

1. Многие вещества известны человеку с давних времен: ртуть, уксус, сода, квасцы, купорос, бура, свинцовые белила, сажа, медь, олово, сера, мышьяк, железо, нашатырь, свинец, золото, винный спирт, соляная кислота, царская водка, серебро.

С какими из них вы встречались в повседневной жизни? Расскажите об их применении.

2. Юный Химик составил список веществ и материалов, которые получают искусственным путем:

малахит, хлопок, капрон, жемчуг, мел, полиэтилен, резина, маргарин, пластмасса, натуральный шелк, бумага, стекло, аспирин, витамин С, бетон.

Однако в этот список ошибочно попали природные вещества и материалы. Укажите их названия.

3. Алхимики описывали известные им металлы следующим образом: «Золото есть тело совершенное... Серебро — почти совершенное, но ему недостает только немного больше веса, постоянства и цвета... Олово немного недопечено и недоварено. Свинец еще больше нечист, ему недостает прочности, цвета... В меди слишком много землистых негорючих частиц и нечистого цвета... В железе много нечистой серы».

Составьте современное описание свойств перечисленных в цитате металлов по плану: агрегатное состояние, цвет, блеск, твердость-мягкость, пластичность.

4. Юный Химик описал свойства кислорода, графита и ртути при комнатной температуре. Однако он забыл указать, к какому из веществ эти свойства относятся. Дополните его записи.

1) ? — серо-черное твердое вещество, мягкое, пачкает любую поверхность, проводит электрический ток;

2) ? — бесцветный газ, не имеющий вкуса и запаха, умеренно растворим в воде, поддерживает горение;

3) ? — жидкость с серебристым блеском, легко испаряется даже при обычных условиях, ядовита.

5. Алхимик исследовал свойства серы:

- 1) мелко истолок кусочек серы в ступке и получил порошок желтого цвета;
- 2) высыпал часть порошка в воду — порошок всплыл на поверхность;
- 3) другую часть порошка поджег, сера горела голубоватым пламенем;
- 4) в воздухе распространился резкий запах.

Укажите, какие явления — физические или химические — наблюдал алхимик.

6. В справочнике перечислены свойства натрия:

- 1) серебристо-белый мягкий металл;
- 2) хорошо проводит электрический ток;
- 3) кипит при 883°C , образуя пары фиолетового цвета;
- 4) быстро тускнеет на воздухе;
- 5) горит при нагревании на воздухе;
- 6) реагирует с хлором, образуя соль — хлорид натрия.

Укажите, какие из свойств натрия физические, а какие — химические.

7. В справочнике перечислены свойства хлора:

- 1) желто-зеленый газ;
- 2) плотность в 2,4 раза выше плотности воздуха;
- 3) превращается в жидкость при -34°C ;
- 4) превращается в твердое вещество при -101°C ;
- 5) при взаимодействии с водородом образует газообразное соединение;
- 6) реагирует с натрием, образуя белое кристаллическое вещество — хлорид натрия.

Укажите, какие из свойств хлора физические, а какие — химические.

8. Юный Химик составил список химических явлений, которые можно наблюдать на кухне:

гашение соды уксусом при приготовлении теста; растворение сахара в воде; прокисание молока; брожение сока; плавление сливочного масла на горячей сковороде; заваривание чая; засахаривание варенья.

Однако ошибочно он включил в список физические явления. Укажите их.

9. В одной из алхимических рукописей нашли рецепт приготовления эликсира мудрецов:

«...возьми, сын мой, философской ртути и накаливай, пока она не превратится в красного льва. Нагревай этого красного льва на пес-

чаной бане с кислым виноградным спиртом, выпари жидкость, и ртуть превратится в камедообразное вещество, которое можно резать ножом. Положи его в обмазанную глиной реторту и не спеша дистиллируй».

О каких физических и химических явлениях идет речь в тексте? Какую химическую посуду использовали алхимики? Как они называли вещества? Сохранились ли эти названия в настоящее время?

10. В лабораторию поступили два образца чистого алюминия. Юный Химик их взвесил — образец А весил 100 г, образец Б — 1 кг, а затем определил их физические свойства:

окраску, объем, массу, плотность, температуру плавления, температуру кипения, электропроводность, теплопроводность, ковкость. Какие из перечисленных свойств будут одинаковыми для двух образцов? Будут ли отличаться химические свойства двух образцов алюминия?

ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ, СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

11. Выпишите отдельно названия чистых веществ (или материалов) и смесей:

зубная паста, лимонный сок, озон, морская вода, дистиллированная вода, гранит, парафин, ртуть, сталь, железо, титан, чай, уксусная кислота, столовый уксус, сахар, кровь, почва, кока-кола, сера, сода, йод, настойка йода, лед.

12. Выпишите отдельно названия однородных и неоднородных смесей:

туман, газированная вода, дым, молоко, гранит, латунь, бронза, речная вода, воздух, грунт, водка, морская вода, золото 583 пробы. Для каждой смеси укажите агрегатное состояние веществ в смеси.

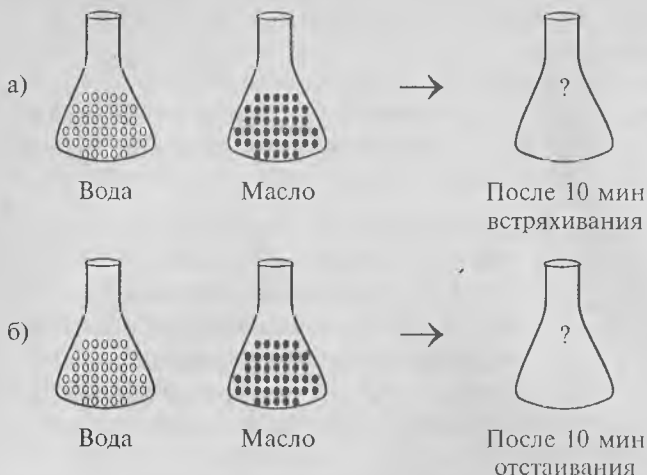
13. Смешали в небольшом количестве:

а) зерна пшеницы и пыль; б) мак и землю; в) молотый перец и песок; г) древесные опилки и железные стружки; д) поваренную соль и речной песок; е) мел и сахар.

Предложите методы разделения каждой смеси на компоненты. Укажите, на каких свойствах веществ они основаны.

14. Предложите способы разделения смеси: йода, серы, поваренной соли и порошка железа.

15. Изобразите на картинках, как будет выглядеть смесь воды и масла.



16. В воду внесли и хорошо перемешали:

а) глину; б) бензин; в) подсолнечное масло; г) спирт; д) поваренную соль; е) сахар:

Укажите, в каких случаях образуется раствор.

17. Как извлечь железные предметы:

а) если при измельчении руды на горно-обогатительных фабриках в нее попали обломки железных инструментов;

б) если при изготовлении картона из бумажной макулатуры необходимо удалить стальные скрепки?

18. На космических станциях космонавты проводили эксперименты, в которых получали некоторые сплавы, неизвестные на Земле. Например, в земных условиях невозможно получить сплав вольфрама и меди, так как из-за наличия силы тяжести их расплавы не смешиваются, а образуют два жидких слоя.

А можно ли на космической станции разделять смеси путем декантации или фильтрования? Ваш ответ объясните.

19. Во время археологических раскопок в Крыму найден древний делительный сосуд (см. рисунок на следующей странице). Для каких целей в повседневной жизни он мог использоваться?

20. Герой Ж. Верна капитан Немо рассказывал о составе морской воды:

«В ней содержится 96,5% чистой воды, 2,67% хлорида натрия, а далее...». Продолжите рассказ капитана Немо. Как получить из морской воды чистую воду и чистый хлорид натрия?

Занимательное задание

Прочитайте отрывок из сказки «Мороз Иванович»: «Между тем Рукодельница воротится, воду процедит, в кувшины нальет, да еще какая затейница: коли вода нечиста, так свернет лист бумаги, наложит в нее угольков да песку крупного насыплет, вставит ту бумагу в кувшин да нальет в нее воды, а вода-то знай проходит сквозь песок да сквозь уголья и капает в кувшин чистая, словно хрустальная».

Какую оценку по химии заслуживает Рукодельница?



Рис. к задаче 19.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА

21. Как называются частицы, о которых идет речь в следующих утверждениях:

А. Все окружающие нас вещества построены из мельчайших частиц.

Б. Определенное число атомов — 2, 10 и даже 1000 могут образовывать новую частицу.

В. Из каких частиц состоит молекула?

Г. Если из атома удалить один или несколько электронов, образуется положительно заряженная частица?

22. В каких утверждениях идет речь о химических элементах, а в каких — о простых веществах:

А. Азот и кислород являются главными компонентами воздуха.

Б. На долю кислорода приходится почти половина общей массы земной коры.

В. Азот необходим для роста растений.

Г. Гелий впервые обнаружен на Солнце?

23. Какое из следующих словосочетаний является правильным:

а) молекула воздуха;

б) молекула молока;

в) атом гелия;

г) молекула водорода?

24. Какое из следующих утверждений является правильным:
А. Молекула озона состоит из трех атомов кислорода.
Б. Молекула озона состоит из молекулы кислорода и атома кислорода.
В. Молекула углекислого газа состоит из атома углерода и двух атомов кислорода.
Г. Молекула углекислого газа состоит из атома углерода и молекулы кислорода?

25. Какое из следующих утверждений является правильным:
А. Простое вещество — составная часть химического соединения.
Б. Простое вещество нельзя разложить на компоненты химическими методами.
В. Простое вещество можно разложить на компоненты физическими методами.
Г. Простое вещество состоит из атомов одного и того же химического элемента?

26. Какие из перечисленных веществ относятся к простым:
а) углекислый газ; б) озон; в) медь; г) медный купорос?

27. Какие из перечисленных веществ относятся к сложным:
а) малахит; б) ртуть; в) сера; г) сахароза?

28. Образцы меди получили разными способами из различных веществ: черного оксида меди, белого сульфата меди, голубого медного купороса, темно-зеленого малахита. Какое из следующих утверждений является верным:

А. Образцы меди отличаются один от другого по физическим свойствам.
Б. Образцы меди отличаются один от другого по химическим свойствам.
В. Физические и химические свойства образцов меди зависят от способов их получения.
Г. Физические и химические свойства образцов меди не зависят от способов их получения?

29. Какие из перечисленных понятий относятся к свойствам вещества, а какие — к свойствам молекулы:
а) масса; б) плотность; в) вкус; г) температура кипения и плавления?

30. Какие химические элементы входят в состав некоторого вещества, если при его сгорании в кислороде образуется углекислый газ, азот и вода:
а) углерод;
б) углерод, азот;
в) углерод, азот, водород;
г) углерод, азот, водород, кислород?

Домашний эксперимент

1. Разделите кусочек пластилина пополам, затем разделите каждую половинку еще раз пополам, повторите такое разделение столько раз, сколько сумеете. Докажите, что кусочки сохраняют свойства пластилина.

Сможете ли вы в домашних условиях разделить пластилин на составляющие его атомы?

2. Бросьте в стакан кристаллик марганцовки (перманганат калия), налейте воду и размешайте. Какую окраску приобретет раствор?

Отлейте половину раствора и долейте стакан доверху чистой водой. Что произойдет с окраской?

Вычислите, сколько раз нужно повторить процедуру для того, чтобы «исчезла» окраска. Почему «исчезла» окраска?

МЕТАЛЛЫ КАК ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

При выполнении заданий этого раздела используйте дополнительную справочную литературу.

31. Какой из металлов самый легкий?
32. Какой из металлов самый тяжелый?
33. Какой из металлов плавится при нагревании в руке?
34. Какой из металлов самый тугоплавкий?
35. Какой из металлов жидкий при комнатной температуре?
36. Какой металл имеет красновато-желтую окраску?
37. Какой металл имеет желтую окраску?
38. Какой металл впервые получен искусственным путем?
39. Какие из металлов проявляют наибольшую химическую активность?
40. Какие из металлов в химическом отношении малоактивны?

Занимательное задание

Прочитайте отрывок из книги известного американского биохимика, популяризатора науки и писателя-фантаста Айзека Азимова: «Первыми металлами, на которые человек обратил внимание, были самородные медь и золото. Красноватую медь и желтоватое

золото, отливающие красивым металлическим блеском, нельзя было не заметить среди тусклой серовато-коричневой породы.

Камень при ударе рассыплется в пыль, дерево и кость дают трещины; ударяя же по кусочку металла, можно придать ему нужную форму. Это свойство металлов (ковкость) было обнаружено, безусловно, совершенно случайно. Но вскоре после того, как человек узнал о ковкости металлов, он, повинаясь чувству прекрасного (которое всегда живет в нем), начал изготавливать из металлических самородков различные украшения, стараясь подчеркнуть красоту металла».

Перечислите физические свойства металлов, о которых идет речь в тексте.

НЕМЕТАЛЛЫ КАК ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

При выполнении заданий этого раздела используйте дополнительную справочную литературу.

41. Какие из неметаллов при обычных условиях — газы?
42. Какие из неметаллов при обычных условиях — твердые вещества?
43. Какие из неметаллов при обычных условиях — жидкости?
44. Какие из неметаллов — проводники электрического тока?
45. Какие из неметаллов — полупроводники?
46. Какие из неметаллов не проводят электрический ток?
47. Какие из неметаллов в химическом отношении неактивны, инертны?
48. Какие из неметаллов проявляют наибольшую химическую активность?
49. Какие из неметаллов существуют в природе в свободном виде?
50. Какие из неметаллов существуют в природе только в виде соединений?

ХИМИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую таблицу химических элементов Д. И. Менделеева.

51. Найдите в Периодической системе символы химических элементов: углерод (атомный номер 6), кислород (8), магний (12), аргон (18), титан (22), мышьяк (33), медь (29), золото (79), америций (95).

52. Используя латинские названия элементов (табл. 1 Приложения), определите, какой химический элемент обязательно входит в состав следующих сложных веществ:

сульфиды, гидриды, карбонаты, хлориды, оксиды, нитраты.

53. Какие химические элементы имеют символы:

Na, Ca, Cr, Mn, Fe, W, Hg, Ag, La?

54. Известно, что молекулы благородных газов одноатомны. Составьте их химические формулы.

55. Составьте химические формулы простых веществ, если известно, что:

- а) молекула фтора состоит из двух атомов;
- б) молекула озона состоит из трех атомов;
- в) молекула фосфора состоит из четырех атомов;
- г) молекула серы состоит из восьми атомов.

56. Составьте химические формулы сложных веществ, если известно, что:

- а) молекула углекислого газа состоит из атома углерода и двух атомов кислорода;
- б) молекула угарного газа состоит из атома углерода и атома кислорода;
- в) молекула уксусной кислоты состоит из двух атомов углерода, двух атомов кислорода и четырех атомов водорода;
- г) молекула глюкозы состоит из шести атомов углерода, двенадцати атомов водорода и шести атомов кислорода.

57. Назовите число частиц (атомов или молекул), химические формулы которых записаны в виде:

3O ; O_3 ; 2H ; H_2 ; $3\text{H}_2\text{O}_2$; H_2SO_4 ; $5\text{H}_2\text{SO}_4$.

58. Назовите, какие атомы и в каком количестве содержатся в молекулах:

2CO_2 , $3\text{H}_2\text{S}$, 3S_8 , $10\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

59. Составьте химические формулы органических соединений, используя следующие данные:

Вещество	Число атомов в молекуле	
	С	Н
Метан	1	4
Ацетилен	2	2
Этан	2	6
Пропан	3	8
Бензол	6	6

60. Встречаются молекулы совсем необычного состава и строения. В 1985 г. были обнаружены молекулы C_{60} и C_{70} . Молекула C_{60} имеет форму сферы (футбольного мяча), а молекула C_{70} по форме напоминает дынеподобный мяч для регби. Поверхность молекул C_{60} и C_{70} образована пяти- и шестиугольниками из атомов углерода. Такие необычные молекулы называют фуллеренами (в честь Р. Фуллерена — конструктора геодезического купола). Опишите количественный и качественный состав фуллеренов.

Занимательное задание

Используя буквы латинского алфавита — а, о, и, с — составьте символы семи химических элементов.

ВАЛЕНТНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

61. Какую валентность проявляют элементы:
литий, натрий, калий?

62. Какую валентность проявляют элементы:
магний, кальций, барий?

63. Какую валентность проявляет алюминий?

64. Какую валентность проявляет хлор в соединениях:
 KCl , $CaCl_2$, $AlCl_3$, CCl_4 ?

65. Какую валентность проявляет сера в соединениях:
 K_2S , MgS , Al_2S_3 , CS_2 ?

66. Какую валентность проявляют элементы в оксидах:
 CO_2 , SO_2 , MnO_2 , PbO_2 ?

67. Расположите оксиды в порядке возрастания валентности образующих их элементов:

Na_2O , Cl_2O_7 , SO_3 , MgO , CO_2 , Al_2O_3 , N_2O_5 .

68. Составьте формулы оксидов (над элементами указана их валентность): $\overset{I}{Cs}\overset{II}{O}$, $\overset{I}{Cu}\overset{II}{O}$, $\overset{II}{Cu}\overset{II}{O}$, $\overset{II}{Fe}\overset{II}{O}$, $\overset{III}{Fe}\overset{II}{O}$, $\overset{III}{Cr}\overset{II}{O}$, $\overset{VI}{Cr}\overset{II}{O}$, $\overset{VII}{Mn}\overset{II}{O}$.

69. Составьте формулы бинарных соединений (над элементами указана их валентность): $\overset{III}{N}\overset{I}{H}$, $\overset{II}{Mg}\overset{I}{Cl}$, $\overset{I}{Na}\overset{II}{S}$, $\overset{III}{Ca}\overset{V}{P}$, $\overset{V}{P}\overset{III}{O}$, $\overset{I}{K}\overset{I}{I}$, $\overset{IV}{Si}\overset{I}{H}$.

70. Составьте общую формулу оксида:

- а) одновалентного элемента А;
- б) двухвалентного элемента А;
- в) трехвалентного элемента А;
- г) элемента А с валентностью равной b.

АТОМНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ АТОМНЫЕ МАССЫ

При решении задач этого раздела используйте справочные данные (табл. 2 Приложения).

71. Выпишите из Периодической системы значения относительных атомных масс водорода, кислорода, азота, серы и фосфора (округлите с точностью до целых).

72. Приведите значения атомной массы углерода и свинца в килограммах и граммах.

73. Составьте таблицу, в которой приведите значения атомной массы A (в а. е. м.), молярной массы атомов M (в г/моль) и массы атома m (в кг) для химических элементов VIIA группы (главная подгруппа).

74. Найдите в Периодической системе химические элементы:

- а) относительные атомные массы которых равны 20, 40, 80 и 200;
- б) относительные атомные массы которых относятся как 1 : 2;
- в) относительные атомные массы которых относятся как 1 : 4.

75. Масса одного атома кислорода равна $2,66 \cdot 10^{-23}$ г. Можно ли взвесить на аналитических весах:

- а) 10 000 атомов;
- б) $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов кислорода?

76. Выразите массу одной частицы вещества в атомных единицах массы (а. е. м.).

Вещество	H	H ₂	O	O ₂
Масса одной частицы вещества m , г	$1,66 \cdot 10^{-24}$	$3,32 \cdot 10^{-24}$	$2,66 \cdot 10^{-23}$	$5,32 \cdot 10^{-23}$

77. Приготовили смесь двух нуклидов хлора — хлора-35 и хлора-37. Вычислите средневзвешенную атомную массу хлора по данным об относительном содержании (в %) нуклидов в смеси:

	Хлор-35	Хлор-37
а)	100	0
б)	75	25
в)	50	50
г)	25	75
д)	0	100

78. Вычислите атомную массу аргона по данным об относительном содержании нуклидов аргона в природе:

0,340% ^{36}Ar , 0,060% ^{38}Ar и 99,600% ^{40}Ar .

79. Относительная атомная масса водорода равна 1,008, в природе он встречается главным образом в виде двух нуклидов — протия ^1H и дейтерия ^2H . Вычислите относительное содержание протия и дейтерия в природе (в %).

80. Некоторый элемент встречается в природе в виде нуклидов с атомными массами 56,0 (45,8%) и 57,0 (54,2%). В скобках указано относительное содержание нуклида в природе. Назовите элемент.

Занимательное задание

В книге Калояна Манолова «Великие химики» есть глава, посвященная Джону Дальтону. В 1803 г. школьный преподаватель естествознания в английском городе Манчестере Дальтон докладывал членам литературно-философского общества свою атомную теорию:

«Все существующие ранее теории корпускул сходятся на том, что это маленькие одинаковые шарики. Я же считаю, что атомы (мельчайшие неделимые частицы) одного элемента одинаковы между собой, но отличаются от атомов других элементов. Если в настоящий момент об их размерах нельзя сказать ничего определенного, то об основном их физическом свойстве говорить можно: атомы имеют вес».

Дополните выступление Дальтона современными представлениями об атомах.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ

81. Вычислите относительные молекулярные массы:

- а) Cl_2 , O_3 , P_4 , S_8 ;
- б) HCl , HBr , HI ;

в) HNO_2 , HNO_3 ;

г) H_2SO_4 , H_3PO_4 .

82. Вычислите относительные молекулярные массы:

а) CuSO_4 , Na_2SO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;

б) Na_2CO_3 , $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;

в) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (глюкоза).

83. Какая частица имеет большую массу:

а) молекула SiH_4 или молекула O_2 ;

б) атом U или молекула $\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_4$ (уксусная кислота)?

84. Какие частицы имеют большую массу:

а) 10 молекул H_2 или 1 атом Ne;

б) 10 молекул H_2O или 6 молекул HCl?

85. Углерод образует соединение с водородом, молекулярная масса которого почти такая же, как атомная масса кислорода. Составьте формулу соединения.

86. Молекулярная масса кристаллогидрата состава $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ равна 278 а. е. м. Сколько молекул воды входит в состав кристаллогидрата?

87. В странах Древнего Востока сульфид ртути HgS (киноварь) называли кровью дракона. Ее зерна ярко-красного цвета находили в песчаных отложениях, скапливающихся в руслах рек. Как вы объясните способность киновари оседать в речном песке?

88. Вычислите среднюю молекулярную массу воздуха, используя данные о его составе (в масс. %):

75,51% N_2 , 23,15% O_2 , остальные газы — 1,34%.

89. Вычислите относительную молекулярную массу, если известно, что молекула содержит:

Соединение	Число атомов C	Число атомов H
A	2	2
B	4	4
C	6	6

Составьте формулы соединений A, B, C.

90. Атомная масса элемента A в 1,4375 раз больше атомной массы элемента B. Сумма атомных масс элементов A и B равна 39. Используя эти данные, составьте формулу соединения элементов A и B и вычислите его относительную молекулярную массу.

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА, МОЛЯРНАЯ МАССА, МОЛЯРНЫЙ ОБЪЕМ, ПОСТОЯННАЯ АВОГАДРО

91. Как связаны между собой количество вещества A , $n(A)$ и его масса, $m(A)$? Выполните следующие вычисления:

- а) $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,8 \text{ г}$, $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$
б) $m(\text{KClO}_3) = 12,25 \text{ г}$, $M(\text{KClO}_3) = ?$, $n(\text{KClO}_3) = ?$
в) $m(\text{CaCO}_3) = 300 \text{ г}$, $M(\text{CaCO}_3) = ?$, $n(\text{CaCO}_3) = ?$

92. Как связаны между собой количество вещества A , $n(A)$ и число частиц, $N(A)$? Чему равно значение постоянной Авогадро (табл. 2)? Какую размерность она имеет? Выполните следующие вычисления:

- а) $N(\text{H}_2) = 12,04 \cdot 10^{23}$ молекул, $n(\text{H}_2) = ?$
б) $N(\text{CO}_2) = 6,02 \cdot 10^{24}$ молекул, $n(\text{CO}_2) = ?$
в) $N(\text{H}_2\text{S}) = 1,204 \cdot 10^{25}$ молекул, $n(\text{H}_2\text{S}) = ?$

93. Как связаны между собой количество газообразного вещества A , $n(A)$ и его объем, $V(A)$? Чему равно значение молярного объема при нормальных условиях? Какую размерность он имеет? Выполните следующие вычисления:

- а) $V(\text{N}_2) = 1,12 \text{ мл}$ при н. у., $n(\text{N}_2) = ?$
б) $V(\text{CO}_2) = 44,8 \text{ л}$ при н. у., $n(\text{CO}_2) = ?$
в) $V(\text{O}_2) = 100 \text{ м}^3$ при н. у., $n(\text{O}_2) = ?$

94. Как можно вычислить массу вещества A , $m(A)$, если известно его количество, $n(A)$? Выполните следующие вычисления:

- а) $n(\text{O}_2) = 2 \text{ моль}$, $m(\text{O}_2) = ?$
б) $n(\text{NH}_3) = 0,5 \text{ моль}$, $m(\text{NH}_3) = ?$
в) $n(\text{CH}_4) = 3,2 \text{ моль}$, $m(\text{CH}_4) = ?$

95. Как можно вычислить число частиц вещества A , $N(A)$, если известно его количество, $n(A)$? Выполните следующие вычисления:

- а) $n(\text{O}_2) = 2 \text{ моль}$, $N(\text{O}_2) = ?$
б) $n(\text{NH}_3) = 0,5 \text{ моль}$, $N(\text{NH}_3) = ?$
в) $n(\text{CH}_4) = 3,2 \text{ моль}$, $N(\text{CH}_4) = ?$

96. Как можно вычислить объем газообразного вещества A , $V(A)$ при нормальных условиях, если известно его количество? Выполните следующие вычисления:

- а) $n(\text{O}_2) = 2 \text{ моль}$, $V(\text{O}_2) = ?$
б) $n(\text{NH}_3) = 0,5 \text{ моль}$, $V(\text{NH}_3) = ?$
в) $n(\text{CH}_4) = 3,2 \text{ моль}$, $V(\text{CH}_4) = ?$

97. Выполните необходимые вычисления и заполните пропуски в следующей таблице:

Вещество А	Количество вещества, $n(A)$	Масса вещества, $m(A)$	Число частиц вещества, $N(A)$	Объем вещества, $V(A)$ при н. у.
Cl_2	0,7 моль	?	?	?
CO	?	4,2 г	?	?
NO_2	?	?	$3,01 \cdot 10^{21}$ молекул	?
HCl	?	?	?	11,2 мл

98. В первый сосуд поместили глюкозу ($C_6H_{12}O_6$), во второй — воду, масса каждого из веществ равна 100 г, а затем глюкозу растворили в воде. Вычислите:

- сколько молекул глюкозы находится в первом сосуде;
- сколько молекул воды находится во втором сосуде;
- сколько всего молекул находится в растворе?

99. Объемная доля кислорода в воздухе равна примерно 21%. Вычислите, сколько молекул кислорода находится в комнате, если ее длина — 2 м, ширина — 1,5 м, высота — 2,5 м.

100. Вычислите молярную массу атомов элемента, если известно, что

- 4 моль атомов имеют массу 142 г;
- 0,5 моль атомов имеют массу 15,5 г;
- 3,8 моль атомов имеют массу 106,4 г.

Назовите эти элементы.

ПЛОТНОСТЬ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ГАЗА

101. Средняя молярная масса воздуха 29 г/моль. Во сколько раз легче или тяжелее воздуха:

- азот;
- кислород;
- аргон;
- углекислый газ?

102. Какие из газов при выпуске в воздух поднимаются вверх, а какие — опускаются вниз: водород H_2 , метан CH_4 , сероводород H_2S , бурый газ NO_2 , сернистый газ SO_2 ?

103. Некоторый газ массой 1,806 г при нормальных условиях занимает объем 500 мл. Вычислите:

- плотность газа при нормальных условиях;
- молярную массу газа;
- относительную плотность газа по воздуху.

104. Вычислите относительную плотность:

- а) азота по воздуху;
- б) азота по водороду;
- в) метана по воздуху;
- г) метана по кислороду.

105. Относительная плотность газа по водороду равна 8. Определите молярную массу газа.

106. Относительная плотность по воздуху неизвестного газа равна 1,31. Вычислите массу образца этого газа, если его объем равен 5,6 л (при н. у.).

107. Установите химическую формулу газообразного соединения фосфора с водородом, если известно, что плотность его паров составляет 1,518 г/л (при н. у.).

108. Какой газ тяжелее кислорода:

- а) в 1,5 раза и образован одним элементом;
- б) в 2 раза и образован двумя элементами?

109. Относительная плотность газа по водороду равна 8,5. Вычислите:

- а) массу 1 л газа при нормальных условиях;
- б) объем газа массой 5,1 г при нормальных условиях.

110. Определите, во сколько раз молярный объем углекислого газа больше молярного объема сухого льда, если плотность сухого льда 1,56 г/см³, а плотность углекислого газа — 1,977 г/л при нормальных условиях.

МАССОВЫЕ ДОЛИ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЕДИНЕНИЯХ

111. Вычислите массовые доли водорода и кислорода в молекуле воды:

- а) в долях единицы;
- б) в массовых процентах (масс. %).

112. Сравните массовые доли кислорода в оксидах углерода CO и CO₂.

113. Вычислите массовую долю кислорода (в масс. %) в оксиде цинка, используя:

- а) атомные массы, округленные до целых значений
 $M(\text{Zn}) = 65$, $M(\text{O}) = 16$;
- б) атомные массы, округленные до десятых
 $M(\text{Zn}) = 65,4$ г/моль, $M(\text{O}) = 16,0$ г/моль.

114. Вычислите массовые доли кислорода в оксидах железа FeO , Fe_2O_3 и Fe_3O_4 (в масс. %, с точностью до десятых).

115. Вычислите массовую долю азота (в масс. %, с точностью до десятых) в нитрате аммония.

116. Вычислите содержание K_2O (в масс. %, с точностью до десятых) в гидроксиде калия KOH .

117. Вычислите содержание P_2O_5 (в масс. %, с точностью до десятых) в гидрофосфате калия K_2HPO_4 .

118. Вычислите содержание H_2O (в масс. %, с точностью до десятых) в железном купоросе $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

119. Вычислите массовую долю всех элементов, образующих минерал мирабилит (глауберова соль) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (в масс. %, с точностью до десятых).

120. Юный Химик решил выплавить медь. Он нашел в справочнике названия трех медьсодержащих минералов: медный колчедан CuFe_2S_2 , малахит $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ и медный блеск Cu_2S . Как вы думаете, какой минерал выберет Юный Химик?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА ПО ДАННЫМ О ЕГО КОЛИЧЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ

121. Определите формулу вещества, в состав которого входят элементы в следующем массовом отношении:

а) $m(\text{H}) : m(\text{O}) = 1 : 8$;

б) $m(\text{H}) : m(\text{O}) = 1 : 16$.

122. В сульфиде алюминия массой 0,75 г содержится 0,27 г алюминия. Определите формулу сульфида алюминия.

123. Определите формулу соединения, которое по данным химического анализа содержит 49,55% марганца и 50,45% кислорода.

124. Определите формулы двух хлоридов титана, если по данным количественного анализа первый содержит 31,0% Ti, а второй — 25,2% Ti.

125. Определите формулу соединения, которое по данным химического анализа содержит 20,0% Mg, 26,7% S и кислород.

126. Определите формулу минерала альбита ($x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$), в котором массовые доли Na_2O , Al_2O_3 и SiO_2 равны соответственно 11,8, 19,5 и 68,7%.

127. Определите формулу кристаллогидрата, в котором массовые доли меди, серы, кислорода и воды равны соответственно 25,5; 12,8; 25,6; 36,1%.

128. Относительная молекулярная масса оксида фосфора приблизительно равна 280. Согласно данным количественного анализа это соединение содержит 56,4% кислорода. Определите эмпирическую и истинную формулы оксида фосфора.

129. По результатам точного химического анализа некоторый кристаллический минерал содержит:

Al — 52,684%, Be — $1,1 \cdot 10^{-4}\%$, Fe — $7,4 \cdot 10^{-5}\%$, Ca — 0,009%, O — 46,786%, Si — 0,079%, Na — 0,0043%, Cr — 0,419%.

Что это за минерал? Определите его эмпирическую формулу.

130. По данным химического анализа в состав соли А входят 26,0% Na, 2,2% H, 35,0% P и 36,8% O. Известно также, что 1 моль фосфина PH_3 окисляется 2 моль йода в присутствии воды с образованием свободной кислоты, содержащей анион соли А, и йодоводородной кислоты.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА ПОДБОРОМ АТОМНОЙ МАССЫ

131. Определите формулу газообразного бинарного соединения элемента А с водородом, массовая доля водорода в котором составляет 5,88%.

132. Определите формулу водородного соединения AH_b , массовая доля водорода в котором составляет 12,5%.

133. Металл реагирует с кислородом, образуя три оксида различного состава в зависимости от условий эксперимента. Массовая доля кислорода в них составляет (в %): 22,27; 30,01; 27,59. Определите формулы оксидов.

134. Неметалл образует два оксида, один из которых содержит 50% кислорода. Отношение молекулярных масс оксидов равно 0,80. Определите формулы оксидов.

135. Определите формулы оксидов двух различных элементов А и В, используя следующие данные:

Элемент	А	В
Массовая доля элемента, %	42,8	86,6

136. Хлорид некоторого металла содержит 79,8% хлора. Назовите металл.

137. Фторид некоторого элемента содержит 86,4% фтора. Определите формулу фторида.

138. При химическом анализе натриевой соли, состоящей из трех элементов, были найдены массовые доли — 29,1% натрия и 30,4% кислорода. Определите, какая соль была взята для анализа.

139. При химическом анализе натриевой соли, состоящей из трех элементов, были найдены массовые доли — 32,4% натрия и 45,1% кислорода. Определите, какая соль была взята для анализа.

140. Соль щелочного металла массой 74,4 г нагрели в закрытом сосуде. Получили 27 мл бесцветного раствора с концентрацией 11,1 моль/л. Определите формулу этой соли, если известно, что она содержит металл, водород, 25,81% серы и 51,61% кислорода. (Изменением плотности воды при нагревании и растворении соли можно пренебречь.)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РАСТВОРОВ

141. Выполните следующие преобразования:

- а) 12 г = ? кг; д) 185 мл = ? л;
 б) 5,13 кг = ? г; е) 315 м³ = ? л;
 в) 22,4 л = ? мл; ж) 0,0899 г/л = ? г/мл;
 г) 22,4 л = ? м³; з) 1,1 г/см³ = ? кг/м³.

142. Масса раствора m связана с его плотностью ρ и объемом V соотношением:

$$m = \rho V$$

Выполните следующие вычисления:

- а) $m = 30$ г, $\rho = 1,19$ г/мл, $V = ?$;
 б) $m = 60$ г, $\rho = ?$, $V = 50,1$ мл;
 в) $m = ?$; $\rho = 1,42$ г, $V = 80,0$ мл;
 г) $m = 100$ г, $\rho = 110$ кг/м³, $V = ?$.

143. Используя справочные данные о плотности растворов некоторых неорганических кислот в воде при 20 °С,

Номер раствора	Плотность г/см ³	Массовая доля (в %) кислоты в водном растворе при 20 °С		
		HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄
I	1,000	0,360	0,3296	0,261
II	1,1	20,39	17,58	14,73
III	1,2	—	32,94	27,72
IV	1,84	—	—	96,00

а) массу HCl в растворах I и II; б) массу HNO_3 в растворах I, II и III; в) массу H_2SO_4 в растворах I, II, III и IV, которые содержится в 100 мл каждого раствора. Почему нельзя приготовить растворы HCl и HNO_3 с плотностью $\rho = 1,84$ г/мл?

144. Какие растворы называют разбавленными, а какие концентрированными? Приведите примеры, используя данные задачи 143. В каждом примере укажите массу растворенного вещества и массу растворителя.

145. Для медицинских целей чаще всего применяют разбавленные водные или водноспиртовые растворы. Поскольку плотность и воды, и спирта близка к 1 г/мл, измеряют объем, а не массу растворителя.

а) Как приготовить 50 мл 3%-го раствора борной кислоты?

б) Как приготовить 250 мл 0,9%-го раствора хлорида натрия (физиологический раствор)?

146. Сахар массой a растворили в воде, масса которой равна b . Составьте формулы:

а) для вычисления массовой доли сахара ω в полученном растворе, если известны значения a и b ; выполните вычисление при $a = 30$ г и $b = 270$ г;

б) для вычисления массы сахара a , если известны значения ω и b ; выполните вычисления при $\omega = 0,1$ и $b = 405$ г;

в) для вычисления массы воды b , если известны значения ω и a ; выполните вычисление при $\omega = 0,1$ и $a = 15$ г.

147. Мертвое море расположено в Западной Азии на территории Израиля и Иордании. Используя данные о содержании элементов (в граммах на 1 л морской воды) в Мертвом и Черном морях,

	Натрий	Калий	Кальций	Магний	Хлор	Бром	Гидрокарбонат
Мертвое море	39,160	7,960	17,130	45,350	227,500	5,360	0,24
Черное море	5,110	0,400	0,250	0,650	9,630	—	0,080

вычислите массовые доли (в %) элементов в морской воде. При расчете учтите, что вода в Мертвом море имеет большую плотность — 1,3—1,4 г/см³, а плотность воды в Черном море ~ 1 г/см³.

148. Соленость воды (суммарное содержание солей) выражают в промиллях ‰ — граммах вещества в 1 кг воды. Используя данные о содержании элементов, приведенные в задаче 147, вычислите, во сколько раз соленость Мертвого моря превышает соленость Черного моря.

149. Юный Химик приготовил 200 мл раствора с массовой долей соли 0,2 и плотностью 1,14 г/мл. Раствор ему сразу не понадобился. Через несколько дней Юный Химик обнаружил, что объем раствора уменьшился до 150 мл, изменилась также и плотность раствора — 1,19 г/мл. Вычислите массовую долю соли в этом растворе.

150. Раствор некоторого вещества А содержал 99% воды. После того, как раствор постоял некоторое время в лаборатории, массовая доля воды уменьшилась до 98%. Вычислите, во сколько раз при этом уменьшилась масса исходного раствора.

СМЕШИВАНИЕ РАСТВОРОВ

При решении задач этого раздела рекомендуется использовать правило смешивания («правило креста»).

151. Смешали два раствора массой m_1 с массовой долей растворенного вещества ω_1 и массой m_2 с массовой долей растворенного вещества ω_2 . Получили раствор с массовой долей растворенного вещества ω_3 . Как относятся между собой массы исходных растворов m_1/m_2 ?

152. Юного Химики попросили приготовить 200 г раствора с массовой долей серной кислоты 0,12. Оказалось, что в лаборатории есть два раствора: один — с массовой долей этой кислоты 0,2, а другой — с массовой долей 0,1. Как приготовить раствор, необходимый Юному Химику?

153. Смешаны 125 г 10%-ного раствора уксусной кислоты и 375 г 90%-ного раствора уксусной кислоты. Вычислите массовую долю кислоты в полученном растворе.

154. Посетитель ресторана попросил принести ему столовый уксус (9%-ный раствор уксусной кислоты). Что должен сделать шеф-повар, если в его распоряжении имеется уксусная эссенция (80%-ный раствор уксусной кислоты) массой 90 г?

155. Какую массу соли следует добавить к раствору массой $m = 150$ г с массовой долей этой же соли равной $\omega_1 = 15\%$, чтобы получить раствор, массовая доля соли в котором равна $\omega_2 = 45\%$?

156. Можно ли применять «правило креста», если концентрации выражены в моль/л (молярные концентрации)?

157. Во сколько раз нужно разбавить морскую воду пресной для того, чтобы уменьшить содержание солей:
а) в 2 раза; б) в 2,5 раза?

158. Вычислите массовые доли золота и меди в сплаве, плотность которого — $14,13 \text{ г/см}^3$. Плотность чистого золота равна $19,30 \text{ г/см}^3$, чистой меди — $8,96 \text{ г/см}^3$.

159. Вычислите, в каком массовом отношении нужно сплавить золото 756-й пробы с золотом 375-й пробы для того, чтобы получить золото 500-й пробы. («Проба золота» означает массу чистого золота, содержащегося в каждых 1000 г сплава золота с серебром и медью.)

160. В трех сосудах содержится по 100 г растворов кислоты: в первом — 70%, во втором — 60%, в третьем — 30%. Смешивая эти растворы, нужно получить 250 г раствора кислоты. Какую наименьшую и наибольшую концентрации может иметь полученный раствор?

МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА В РАСТВОРЕ

161. В 200 мл воды растворили 11,01 г гидроксида натрия. Плотность полученного раствора $1,06 \text{ г/мл}$. Вычислите молярную концентрацию гидроксида натрия в полученном растворе.

162. Вычислите молярную массу растворенного вещества, если известно, что при растворении 15,46 г этого вещества в 500 мл воды получили раствор, молярная концентрация растворенного вещества в котором равна $0,77 \text{ моль/л}$, плотность раствора $1,032 \text{ г/мл}$.

163. Вычислите массу фосфорной кислоты, содержащуюся в 500 мл раствора с молярной концентрацией фосфорной кислоты $0,1 \text{ моль/л}$.

164. В лаборатории приготовили 100 мл раствора с массовой долей растворенного вещества А, равной 10%. Вычислите молярную концентрацию растворенного вещества, если:

- а) А — HCl (плотность раствора $1,047 \text{ г/мл}$);
- б) А — H_2SO_4 (плотность раствора $1,066 \text{ г/мл}$);
- в) А — H_3PO_4 (плотность раствора $1,053 \text{ г/мл}$).

165. Вычислите массовую долю гидроксида калия в растворе с молярной концентрацией 10 моль/л , если плотность раствора $1,400 \text{ г/мл}$.

166. Вычислите, какой объем концентрированного раствора А (массовая доля А равна ω , плотность раствора равна ρ) нужно взять для того, чтобы приготовить разбавленный раствор А объемом V с молярной концентрацией А равной c . Получите формулу для вычисления и выполните вычисления для:

- а) $A - H_2SO_4$, $\omega = 96\%$, $\rho = 1,84$ г/мл, $V = 500$ мл, $c = 0,1$ моль/л;
б) $A - NaOH$, $\omega = 32,1\%$, $\rho = 1,35$ г/мл, $V = 300$ мл, $c = 0,1$ моль/л.

167. Определите молярную концентрацию раствора, который получили после разбавления водой 24,8 мл раствора хлороводородной кислоты с массовой долей хлороводорода равной 37% (плотность раствора 1,19 г/мл) до объема 1,5 л.

168. Смешали два раствора: объем первого — V_1 , молярная концентрация растворенного вещества $A - c_1$; объем второго — V_2 , молярная концентрация $A - c_2$. Вычислите молярную концентрацию A в образовавшемся растворе, если:

- а) $A - H_2SO_4$, $V_1 = 0,1$ л; $c_1 = 0,2$ моль/л; $V_2 = 0,2$ л, $c_2 = 0,4$ моль/л;
б) $A - NaOH$, $V_1 = 20$ мл; $c_1 = 0,1$ моль/л; $V_2 = 10$ мл, $c_2 = 0,1$ моль/л;
в) $A - NaCl$, $V_1 = 10$ мл; $c_1 = 0,1$ моль/л; $V_2 = 10$ мл, $c_2 = 0,3$ моль/л.

169. Вычислите молярную концентрацию раствора хлорида натрия, который получили при смешивании двух растворов: объем первого — 100 мл, плотность раствора ~ 1 г/мл, массовая доля хлорида натрия — 3%; объем второго — 200 мл, молярная концентрация хлорида натрия — 0,1 моль/л.

170. В физической химии иногда используют моляльность вещества в растворе (число молей растворенного вещества в 1 кг растворителя, а не раствора). Вычислите моляльность в растворе, который получили при растворении 5 г уксусной кислоты CH_3COOH в 1 л этилового спирта C_2H_5OH , плотность спирта — 0,798 г/см³. Можно ли, используя эти данные, вычислить молярную концентрацию полученного раствора?

РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВ

При выполнении заданий этого раздела используйте справочные данные (табл. 3 Приложения).

171. В 100 объемах воды при 0 °С и 101,3 кПа растворяется 4,8 л кислорода. Вычислите растворимость кислорода (в граммах) в 1 литре воды (г/л).

172. Растворимость сульфата меди (II) зависит от температуры следующим образом:

- 15 °С 19,3 г в 100 г воды;
25 °С 22,3 г в 100 г воды;
50 °С 33,6 г в 100 г воды;
80 °С 53,6 г в 100 г воды.

Каким процессом (экзо- или эндотермическим) является растворение сульфата меди (II)?

173. Растворимость нитрата калия при 20°C составляет 31,6 г в 100 г воды. Вычислите массовую долю этой соли в растворе.

174. Какая масса воды потребуется для растворения при 40°C сульфата алюминия массой 150 г, если его растворимость при этой температуре составляет 45,7 г в 100 г воды?

175. Какова растворимость при 60°C хлорида натрия, если при упаривании 343 г насыщенного при этой температуре раствора получили 93 г этой соли?

176. Получите формулу для вычисления массы соли, выкристаллизовавшейся из раствора массой m , насыщенного при температуре t_2 , при охлаждении его до температуры t_1 . Растворимость соли при температуре t_1 равна S_1 , а при температуре t_2 — S_2 .

177. Вычислите массу хлорида аммония, выкристаллизовавшегося из 500 г насыщенного при 100°C раствора, при охлаждении его до 20°C . Для решения задачи используйте необходимые справочные данные.

178. Вычислите массу хлорида натрия, который может выкристаллизоваться из 20 кг насыщенного при температуре t_1 раствора, если его охладить до температуры t_2 . Значения t_1 и t_2 приведены в следующей таблице:

$t_1, ^{\circ}\text{C}$	100	100	100	20	40
$t_2, ^{\circ}\text{C}$	0	10	60	0	0

Для решения задачи используйте необходимые справочные данные.

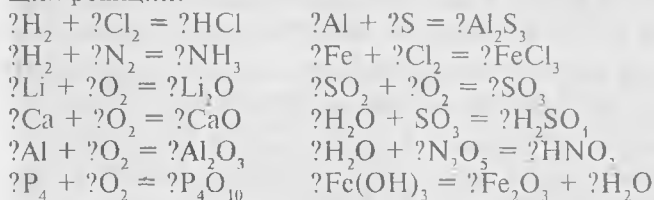
179. Вычислите массу кристаллогидрата сульфата магния $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, который выкристаллизовывается при охлаждении 1642 г насыщенного при 80°C раствора сульфата магния до 20°C . (Растворимость безводного сульфата магния равна 64,2 г в 100 г воды при 80°C и 44,5 г в 100 г воды при 20°C .)

180. При нагревании до $32,4^{\circ}\text{C}$ кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ разлагается, образуя при этом безводную соль и ее насыщенный раствор. Вычислите, какая доля исходного кристаллогидрата перейдет в безводную соль, если массовая доля сульфата натрия в насыщенном растворе при $32,4^{\circ}\text{C}$ составляет 25%.

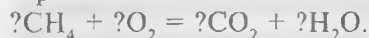
КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ В ХИМИИ

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

181. Подберите коэффициенты и составьте уравнения следующих реакций:



182. Подберите коэффициенты и составьте уравнение реакции горения метана:



- а) Сколько молекул CO_2 образуется, если 2 молекулы CH_4 реагируют с 4 молекулами O_2 ?
- б) Сколько молекул H_2O образуется, если 3 молекулы CH_4 реагируют с 6 молекулами O_2 ?
- в) Сколько молекул CO_2 образуется, если $12,04 \cdot 10^{23}$ молекул CH_4 реагирует с $24,08 \cdot 10^{23}$ молекул O_2 ?
- г) Какое количество вещества H_2O образуется, если 1,25 моль CH_4 реагирует с 2,5 моль O_2 ?

183. Подберите коэффициенты и составьте уравнение химической реакции:



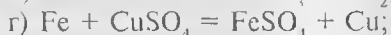
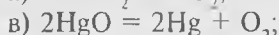
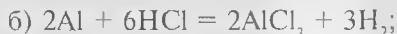
Укажите, какое из веществ находится в избытке, а какое — в недостатке, если в реакцию вступают:

- а) 5,0 моль Fe_2O_3 и 9,0 моль H_2 ;
- б) 2,65 моль Fe_2O_3 и 9,45 моль H_2 .

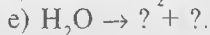
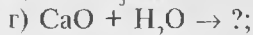
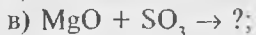
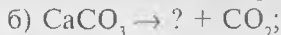
184. Укажите, к какому типу относятся химические реакции между:

- | | |
|---------------------|------------------------|
| а) Mg и O_2 ; | б) CaO и H_2O ; |
| в) FeO и H_2 ; | г) Zn и HCl ; |
| д) $NaOH$ и HCl ; | е) FeO и H_2SO_4 . |

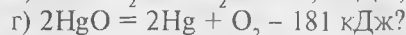
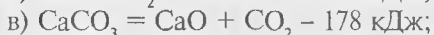
185. Укажите, к какому типу относятся следующие химические реакции:



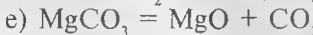
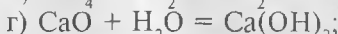
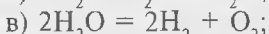
186. Допишите следующие уравнения химических реакций:



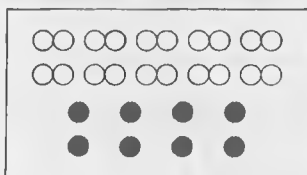
187. Какие из следующих реакций являются экзотермическими, а какие — эндотермическими:



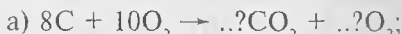
188. Укажите среди следующих реакций — экзо- и эндотермические, не используя справочные данные по тепловым эффектам:



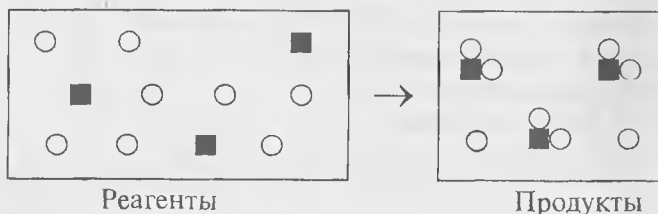
189. Юному Химику предложили составить: а) схему образования молекул CO_2 ; б) схему образования молекул CO . Он изобразил восемь атомов углерода $\bullet$ и десять молекул кислорода OO .



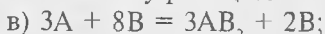
Однако изобразить продукты их взаимодействия он не смог. А как бы вы выполнили это задание?



190. Юный Химик составил схему химической реакции. Вещество А он изобразил в виде $\blacksquare$, вещество В — в виде $\bigcirc$, а продукт реакции — $\bigcirc\blacksquare\bigcirc$. Вот что он нарисовал:



Какое из уравнений описывает эту реакцию:



Занимательное задание

Познакомьтесь с символами веществ, которые использовали алхимики.



сурьма



мышьяк



железо



свинец



сера



ртуть



олово

Составьте уравнение реакции взаимодействия ртути с серой, используя: а) средневековые символы; б) современные символы. Какая из двух записей, на ваш взгляд, более рациональна?

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ: ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ, ЗАКОН ПОСТОЯННЫХ ОТНОШЕНИЙ

191. Юный Химик занимался изучением реакции горения водорода. Он экспериментально определял массы водорода и кислорода, смешивая газы и поджигая смесь, а затем определял массу воды, образовавшейся в реакции. Результаты своих измерений он вносил в таблицы. Однако, изучив закон сохранения массы, он стал делать в таблице пропуски. Заполните эти пропуски. Сформулируйте закон сохранения массы. Кто открыл этот закон?

Измерение	Масса водорода $m(\text{H}_2)$, г	Масса кислорода $m(\text{O}_2)$, г	Масса воды $m(\text{H}_2\text{O})$, г
Измерение 1	0,9	7,2	8,1
Измерение 2	1,5	12	?
Измерение 3	2,4	?	21,6
Измерение 4	?	40,8	45,9

192. Для каждого измерения (таблица в задаче 191) Юный Химик вычислил отношение массы водорода к массе кислорода (массовое отношение) и записал его в виде отношения целых чисел. Какой результат он получил? Сформулируйте закон постоянных отношений. Кто его автор?

193. Для каждого измерения (таблица в задаче 191) Юный Химик вычислил отношение количества вещества водорода к количеству вещества кислорода (мольное отношение). Какой результат он получил? Как связано мольное отношение с отношением соот-

ветствующих стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции горения водорода?

194. Используя результаты, полученные Юным Химиком (таблица в задаче 191), покажите, что для каждого измерения: а) отношение количества вещества кислорода к количеству вещества воды равно 1 : 2; б) отношение количества вещества водорода к количеству вещества воды равно 1 : 1. Как связаны соответствующие молярные отношения со стехиометрическими?

195. Используя результаты, полученные Юным Химиком (таблица в задаче 191), покажите, что отношение количеств всех веществ, участвующих в реакции, равно отношению соответствующих стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции: $n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 2 : 1 : 2$.

196. Экспериментально установлено, что при взаимодействии 2,7 г алюминия и 4,8 г серы образуется 7,5 г сульфида алюминия. Определите:

а) массовое отношение веществ, участвующих в реакции:

$$\frac{m(\text{Al})}{m(\text{S})} = ?; \frac{m(\text{Al})}{m(\text{Al}_2\text{S}_3)} = ?; \frac{m(\text{S})}{m(\text{Al}_2\text{S}_3)} = ?;$$

б) молярное отношение веществ, участвующих в реакции:

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{S})} = ?; \frac{n(\text{Al})}{n(\text{Al}_2\text{S}_3)} = ?; \frac{n(\text{S})}{n(\text{Al}_2\text{S}_3)} = ?;$$

в) отношение количеств всех веществ, участвующих в реакции: $n(\text{Al}) : n(\text{S}) : n(\text{Al}_2\text{S}_3) = ?$

197. Уравнение химической реакции можно записать в общем виде: $aA + bB = cC$, где А и В — символы реагентов, С — символ продукта, а, b и c — стехиометрические коэффициенты. Пусть массы веществ, измеряемые экспериментально, равны соответственно $m(\text{A})$, $m(\text{B})$ и $m(\text{C})$, а их молярные массы — $M(\text{A})$, $M(\text{B})$ и $M(\text{C})$. Запишите математические выражения закона сохранения массы и закона постоянных отношений, используя а) экспериментально измеряемые массы m ; б) молярные массы M .

198. Покажите, что массы веществ А и В, участвующих в реакции, $m(\text{A})$ и $m(\text{B})$, относятся между собой, как их молярные массы, умноженные на соответствующие стехиометрические коэффициенты $aM(\text{A})$ и $bM(\text{B})$.

199. Вещества А и В реагируют между собой в стехиометрическом отношении $a : b$. Известно, что в реакцию вступают $n(\text{A})$ моль

вещества А и $n(B)$ моль вещества В. Покажите, что выполняется стехиометрическое соотношение: $\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$.

200. Стехиометрические расчеты по уравнениям реакций основаны на стехиометрическом соотношении: $\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$.

Покажите, что стехиометрическое соотношение можно представить в виде:

$$а) \frac{m(A)}{aM(A)} = \frac{m(B)}{bM(B)},$$

где $m(A)$ и $m(B)$ — массы веществ А и В, участвующих в данной реакции, а $M(A)$ и $M(B)$ — их молярные массы.

$$б) \frac{V(A)}{aV_m} = \frac{m(B)}{bM(B)},$$

где $V(A)$ — объем газообразного вещества А, а V_m — молярный объем (22,4 л/моль при н. у.).

$$в) \frac{V(A)}{a} = \frac{V(B)}{b},$$

где $V(A)$ и $V(B)$ — объемы газов А и В, участвующих в реакции.

Литературная задача

Представьте себе учебник по химии, написанный не прозой, а в стихотворной форме, например:

Химический состав свой изменять
Должны все формы жизни в вечном споре.
Они живут, чтоб умереть им вскоре,
И умирают, чтоб ожить опять.
Так вещество бессмертное умсет
Бурь преходящих побеждать порыв.
Не погибая в них, растет и зрест,
По временам лишь форму изменив.
Жизнь производит веществам отбор,
Все вредное спешит изгнать, как сор,
А чистое, переварив, усвоить.

О каком законе природы идет речь в этом стихотворении Эразма Дарвина?

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

201. Вычислите массу оксида лития Li_2O , образовавшегося при полном сгорании 0,14 г лития.

202. Железо сгорает в атмосфере хлора с образованием хлорида железа (III). Вычислите объем хлора (приведенный к нормальным условиям), который необходим для полного сгорания 1,12 г железа.

203. Чистый алюминий легко окисляется кислородом воздуха. Вычислите массу оксида, образовавшегося при полном окислении 0,05 моль алюминия.

204. Кислород в лаборатории получают разложением кислородосодержащих веществ. Вычислите объем кислорода (приведенный к н. у.), который образуется при полном разложении 0,005 моль оксида ртути (II).

205. Вычислите массу хлорида натрия, который получили при взаимодействии 3,45 г натрия с избытком хлора.

206. Вычислите объем кислорода (приведенный к нормальным условиям), который необходим для полного превращения в ржавчину железа массой 2,8 г.

207. Вычислите объем водорода (приведенный к нормальным условиям), который необходим для полного восстановления молибдена из оксида молибдена (VI) массой 1,44 г.

208. Вычислите количество вещества хлората калия $KClO_3$, при разложении которого получили кислород объемом 6,72 л (приведенный к н. у.). Какую массу хлорида калия получили при этом?

209. При растворении алюминия в разбавленной серной кислоте выделился водород объемом 5,6 л (приведенный к нормальным условиям). Вычислите массу алюминия и серной кислоты, вступивших в реакцию, а также массу сульфата алюминия, образовавшегося в результате реакции.

210. При горении в избытке кислорода 5,4 г некоторого металла образовалось 10,2 г его оксида состава Me_2O_3 . Вычислите атомную массу металла. Какой это металл?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В НЕДОСТАТКЕ

211. Достаточно ли 1 л водорода (объем измерен при н. у.) для полного восстановления оксида меди (II) массой 10 г?

212. Смешали два раствора: первый содержит 1,2 г гидроксида лития, а второй — 1,83 г хлороводородной кислоты. Какое из веществ прореагирует полностью?

213. Цинк вытесняет медь из хлорида меди (II). Достаточно ли взять 13 г цинка для того, чтобы получить 13 г меди?

214. Достаточно ли водорода, выделяющегося при полном взаимодействии цинка массой 9,75 г с избытком соляной кислоты для того, чтобы восстановить оксид меди (II) массой 4,8 г?

215. Достаточно ли водорода, который выделяется при полном взаимодействии 4 моль алюминия с соляной кислотой, для восстановления 8 моль оксида железа (III) при нагревании?

216. Достаточно ли водорода, который выделяется при разложении пероксида водорода массой 5,1 г, для полного окисления магния массой 3,6 г?

217. Расплавленный натрий массой 2,3 г внесли в колбу, содержащую 2,24 л хлора (при н. у.). Весь ли натрий стóрит в хлоре? Вычислите массу хлорида натрия, образовавшегося в этой реакции.

218. Вычислите массу хлорида железа (III), образовавшегося при взаимодействии 1,12 г железа и 1 л хлора (при н. у.).

219. Какая соль (кислая или средняя) образуется, если реагируют:

- а) гидроксид калия КОН массой 1,12 г и серная кислота массой 1,96 г;
- б) гидроксид калия КОН массой 2,24 г и серная кислота массой 1,96 г?

220. Какая соль образовалась, если прореагировали равные массы сероводорода и аммиака?

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ТЕРМОХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ

221. Укажите, какие виды энергии выделяются или поглощаются в следующих химических процессах:

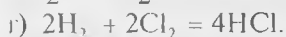
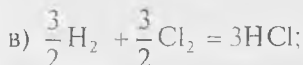
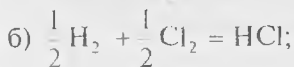
- а) $P_4 + 3O_2 = P_4O_6$;
- б) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$;
- в) $CuSO_4 + Zn = Cu + ZnSO_4$ (в гальваническом элементе);
- г) $C_5H_{12} + 8O_2 = 5CO_2 + 6H_2O$;
- д) $N_2 + O_2 = 2NO$;
- е) $6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ (фотосинтез);
- ж) $2H_2O = 2H_2 + O_2$.

222. Исходя из термохимических уравнений прямых реакций
 $2H_2 + O_2 = 2H_2O + 572 \text{ кДж}$,
 $N_2 + O_2 = 2NO - 180,8 \text{ кДж}$,
составьте термохимические уравнения обратных реакций.

223. Исходя из термохимического уравнения реакции



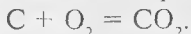
составьте термохимические уравнения реакций:



224. Исходя из термохимических уравнений реакций



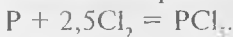
составьте термохимическое уравнение реакции



225. Исходя из термохимических уравнений реакций



составьте термохимическое уравнение реакции



226. Исходя из термохимического уравнения реакции



вычислите количество теплоты, которое выделится при полном сгорании в струе кислорода чистого алюминия массой 18 г.

227. Вычислите, какой объем метана (приведенный к нормальным условиям) нужно сжечь для того, чтобы получить 8374 кДж теплоты? Известно, что тепловой эффект реакции 892 кДж.

228. Съедая плитку шоколада массой 100 г, человек получает 529 ккал (1 ккал = 4,184 кДж). Вычислите, какую массу чистого угля нужно сжечь на воздухе, чтобы выделилось такое же количество теплоты. Известно, что тепловой эффект реакции 410 кДж.

229. В каком случае выделится больше теплоты: при сгорании 1 кг смеси метана с кислородом или 1 кг смеси этана с кислородом? Смеси содержат вещества в стехиометрических отношениях. Теплота сгорания 1 моль метана 890 кДж, а 1 моль этана 1560 кДж.

230. В каком случае выделится больше теплоты: при сгорании 1 м³ смеси метана с кислородом или 1 м³ смеси этана с кислородом? Смеси содержат вещества в стехиометрических отношениях. Теплота сгорания 1 моль метана 890 кДж/моль, а 1 моль этана 1560 кДж (объемы приведены к н. у.).

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

При выполнении заданий этого раздела используйте соответствующий материал школьного курса физики.

231. Во сколько раз изменится объем определенного количества газа при повышении давления в два раза (температура при этом остается постоянной)?

232. Во сколько раз изменится объем определенного количества газа при нагревании от 0°C до 25°C при постоянном давлении?

233. Образец газа при 0°C занимает объем 22,4 л. Какой объем он будет занимать: а) при 25°C ; б) при 50°C ; в) при 100°C (давление газа остается постоянным)?

234. Образец газа при 0°C и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па занимает объем 22,4 л. Какой объем он будет занимать: а) при 25°C и $1,52 \cdot 10^5$ Па; б) при $2,53 \cdot 10^5$ Па; в) при 100°C и $1,03 \cdot 10^6$ Па?

235. Водяной пар при 100°C и давлении $1,013 \cdot 10^5$ Па занимает объем 200 см³. Приведите его объем к нормальным условиям.

236. Объем резиновой камеры автомобильной шины равен 0,025 м³, давление в ней $5,0665 \cdot 10^5$ Па. Вычислите массу воздуха, находящегося в камере при 20°C .

237. Вычислите молярную массу газа, если его образец массой 0,750 г при 20°C и $0,989 \cdot 10^5$ Па занимает объем 4,62 л. Назовите газ.

238. Вычислите плотность газообразного XeF_6 : а) при нормальных условиях; б) при 25°C и $0,962 \cdot 10^5$ Па.

239. Какое давление создают $5,0 \cdot 10^{13}$ молекул идеального газа в объеме 1,000 мл при 0°C ?

240. Определите состав газовой смеси, состоящей из азота и водорода, если при температуре 127°C и давлении 10 атм ее плотность составляет 1,28 г/л.

ЗАКОН ОБЪЕМНЫХ ОТНОШЕНИЙ

241. Юный Химик решил повторить свои опыты по изучению реакции горения водорода в кислороде (задача 191). Но на этот раз он измерял объемы водорода и кислорода, вступивших в реакцию, а также объем водяного пара, образовавшегося после реакции. Все измерения объемов он проводил при одинаковых условиях. Результаты измерений он внес в следующую таблицу:

Измерение	Объем водорода $V(\text{H}_2)$, л	Объем кислорода $V(\text{O}_2)$, л	Объем водяного пара, $V(\text{H}_2\text{O})$, л
Измерение 1	0,5	0,25	0,5
Измерение 2	0,7	0,35	0,7
Измерение 3	2,24	1,12	2,24

Для каждого измерения Юный Химик вычислил, как относятся между собой объемы, участвующих в реакции веществ. Какой результат он получил?

$$V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2\text{O, пар}) = ?$$

242. Покажите, что объемы газообразных веществ А и В, участвующих в реакции, относятся между собой как соответствующие стехиометрические коэффициенты:

$$\frac{V(\text{A})}{V(\text{B})} = \frac{a}{b}$$

(объемы измерены при одинаковых условиях).

243. Составьте уравнение сгорания органического вещества X, если X — пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} , бензол C_6H_6 . Как относятся между собой объемы веществ, участвующих в реакции:

$$V(\text{X}) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

244. Покажите, что стехиометрическое соотношение для газообразных веществ А и В, участвующих в реакции, имеет вид

$$\frac{V(\text{A})}{a} = \frac{V(\text{B})}{b}$$

245. При полном сгорании 15 л сероводорода получили сернистый газ и воду. Какой объем кислорода затратили? Объемы измерены при одинаковых условиях.

246. Смесь газов, содержащую 2,4 кг водорода и 9,2 м³ азота пропустили над нагретым катализатором. Вычислите, какой объем аммиака (при н. у.) может получиться при этом?

247. Вычислите, какие объемы этана C_2H_6 и кислорода вступают в реакцию и какой объем углекислого газа при этом образуется, если:

а) $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 200$ мл; $V(\text{O}_2) = ?$; $V(\text{CO}_2) = ?$

б) $V(\text{O}_2) = 4,5$ л; $V(\text{C}_2\text{H}_6) = ?$; $V(\text{CO}_2) = ?$

в) $V(\text{CO}_2) = 800$ м³; $V(\text{C}_2\text{H}_6) = ?$; $V(\text{O}_2) = ?$

248. Определите молекулярную формулу газа, если известно, что для полного сгорания 200 мл газа требуется 400 мл кислорода. Известно также, что в результате реакции образовалось 200 мл азота

и 400 мл углекислого газа. Объемы газов измерены при одинаковых условиях.

249. Сожгли 200 мл неизвестного газа в 500 мл кислорода. После окончания реакции и приведения газов к нормальным условиям их объем составил 400 мл. Определите, какой газ сожгли, если известно, что в его состав входят только углерод и водород. Исходные вещества прореагировали полностью.

250. В каком объемном отношении следует смешать метан и водород, чтобы при полном сгорании любого объема этой смеси затрачивался такой же объем кислорода, взятого при тех же условиях?

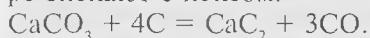
ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, ЕСЛИ ОДИН ИЗ РЕАГЕНТОВ СОДЕРЖИТ ПРИМЕСИ

251. Сульфид кальция применяют для изготовления светящихся смесей, в кожевенной промышленности. Его можно получить из сульфата высокотемпературным восстановлением углем:



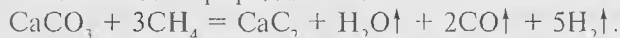
Вычислите массу угля, необходимого для полного восстановления 0,5 кг сульфата. Уголь содержит 40% примесей.

252. Карбид кальция в больших масштабах используют для получения ацетилена C_2H_2 . Сырьем для производства карбида кальция служит известняк (CaCO_3), который при высокой температуре спекают с коксом:



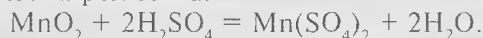
Вычислите содержание примесей в известняке, если при полном восстановлении 100 кг известняка получили 60 кг карбида.

253. Изобретатель-химик предложил вместо кокса (задача 252) использовать природный газ:



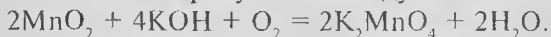
Вычислите, какой объем природного газа (приведенный к нормальным условиям) необходим для получения 64 кг карбида кальция. В природном газе объемная доля метана CH_4 составляет 95%, остальное — негорючие смеси.

254. Сырьем для получения сульфата марганца (IV) служит оксид марганца (IV), который встречается в природе в виде минерала-пиролюзита:



Вычислите массу сульфата марганца (IV), который можно получить из 150 кг пиролюзита, содержащего 87% оксида марганца (IV).

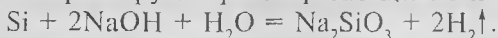
255. Для производства перманганата калия KMnO_4 необходим манганат калия K_2MnO_4 . Промышленный способ его получения основан на взаимодействии пиролюзита MnO_2 с избытком едкого кали KOH в присутствии воздуха:



Перманганат калия можно получить электролитическим окислением манганата калия.

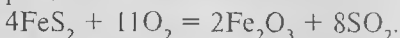
Вычислите массу перманганата калия, который можно получить из 200 кг пиролюзита, содержащего 87% оксида марганца (IV).

256. В промышленности для получения небольших количеств водорода иногда применяют реакцию между водным раствором едкого натра и сплавом железа с кремнием-ферросилицием. Кремний реагирует с растворами щелочей:



Вычислите объем водорода (приведенный к нормальным условиям), который можно получить из сплава массой 3,5 кг. Ферросилиций содержит 18% кремния.

257. Одной из стадий в технологическом процессе получения серной кислоты является получение сернистого газа обжигом пирита:



Вычислите объем сернистого газа (при 100 °С и 95 кПа), который можно получить из 1 т пирита, содержащего 15% примесей.

258. В избытке соляной кислоты растворили образец технического алюминия массой 6,3 г, в котором массовая доля нерастворимых примесей равна 2%. Достаточно ли полученного при этом водорода для того, чтобы полностью восстановить медь из оксида меди (II) массой 4,8 г?

259. Вычислите, какую массу технического цинка, содержащего 2,5% нерастворимых примесей, и какой объем раствора 20% серной кислоты (плотностью 1,14 г/мл) нужно взять для того, чтобы получить 10 кг 30% раствора сульфата цинка.

260. Навеску магнезита массой 10,01 г обработали избытком соляной кислоты. Выделившийся при этом газ пропустили через известковую воду. Масса известковой воды после поглощения ею газа увеличилась на 4,4 г. Вычислите массовую долю (в %) карбоната магния в магнезите.

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

261. Смешали раствор сульфата меди (II) и 20 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Какую массу осадка можно получить, если сульфат меди (II) находится в избыточном количестве?

262. Смешали раствор сульфата алюминия и 20 мл 21%-го раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,19 г/мл). Вычислите массу образовавшегося осадка, если сульфат алюминия находится в избыточном количестве.

263. Вычислите количество вещества гидроксида калия, для полной нейтрализации которого потребовалось 150 г раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 10%.

264. Вычислите объем раствора фосфорной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль/л, который полностью нейтрализуется при добавлении 400 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,15 моль/л.

265. Смешали раствор серной кислоты (объем 100 мл, концентрация 0,1 моль/л) и раствор гидроксида натрия:

- а) объем 100 мл, концентрация 0,1 моль/л;
- б) объем 100 мл, концентрация 0,2 моль/л;
- в) объем 200 мл, концентрация 0,1 моль/л;
- г) объем 300 мл, концентрация 0,1 моль/л.

В каком случае образуется кислая соль? Какой будет среда раствора в каждом случае?

266. К 100 мл раствора с массовой долей хлороводорода 20% (плотность раствора 1,1 г/мл) прибавили 150 г раствора карбоната натрия. После этого для полной нейтрализации раствора потребовалось 100 мл раствора с молярной концентрацией гидроксида натрия 0,3 моль/л. Вычислите массовую долю карбоната натрия в исходном растворе.

267. На весах уравновешены два химических стакана, в каждом из которых находится по 100 г раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 7,3%. В первый стакан добавили 10 г карбоната кальция. Какую массу гидрокарбоната кальция следует добавить во второй стакан, чтобы после окончания реакций равновесие не нарушилось?

268. Вычислите объем сероводорода (25 °С, 96 кПа), выделившегося при растворении 1,2 г магния в 50 мл раствора с массовой долей серной кислоты 55,5% (плотность раствора 1,455 г/мл).

269. Какой объем аммиака (25°C , $101,3\text{ кПа}$) можно получить, если для его синтеза использовать водород, выделяющийся при взаимодействии $8,1\text{ г}$ алюминия и 200 мл раствора с массовой долей гидроксида натрия 20% (плотность раствора $1,3\text{ г/мл}$)?

270. В раствор с массовой долей хлороводородной кислоты 15% поместили цинковый шарик массой 20 г . После того, как диаметр шарика уменьшился в 2 раза, массовая доля кислоты в растворе уменьшилась до 10% . Вычислите массу исходного раствора кислоты.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

271. По данным астрофизиков, химический состав трех планет — Венеры, Земли и Марса — существенно отличается.

Компоненты атмосферы	Объемные доли, %		
	Венера	Земля	Марс
Азот	2	78	3
Кислород	~0	21	~0
Углекислый газ	97	0,03	95
Другие газы	1	0,94	2

Из какого газа почти целиком состоят атмосферы Венеры и Марса? Какие газы преобладают в атмосфере Земли? В каком объеме отношении они содержатся? Определите состав воздуха в комнате, объем которой равен $5\text{ м} \times 3\text{ м} \times 2,8\text{ м} = 42\text{ м}^3$, в двух случаях: а) комната расположена на Венере; б) комната расположена на Земле. На какой планете вы хотели бы жить?

272. Объемная доля углекислого газа в воздухе, которым мы дышим, составляет $0,03\%$, а в воздухе, который мы выдыхаем, — $4,5\%$. Дыхательный объем легких около 500 м^3 . Вычислите разность объемов углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

273. Согласно данным точного химического анализа состав воздуха (в объемных долях):

N_2 — $0,7809$; O_2 — $0,2095$; Ar — $0,0093$; CO_2 — $0,0003$.

Вычислите массовые доли газов, входящих в состав воздуха.

274. Вычислите массовую долю гелия в газовой смеси, полученной смешением равных объемов (при одинаковых температуре и давлении) гелия и аргона.

275. Вычислите массу смеси оксидов углерода — CO и CO_2 , объем которой при нормальных условиях составляет 1 л, если известно, что объемная доля диоксида равна 65%.

276. Вычислите объемные доли оксидов углерода — CO и CO_2 — в смеси, 15 л которой при нормальных условиях имеет массу 27,18 г.

277. Вычислите плотность при нормальных условиях смеси с объемными долями: метана CH_4 — 30%, этана C_2H_6 — 50% и пропана C_3H_8 — 20%.

278. Объемные доли водорода и гелия в смеси составляют 75 и 25%. Вычислите среднюю молярную массу газовой смеси.

279. Вычислите объемные доли кислорода и озона в смеси, относительная плотность которой по водороду равна 18.

280. Вычислите объемные доли водорода и кислорода в смеси, относительная плотность которой по воздуху равна 0,586.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ УСЛОВИИ ПРОТЕКАНИЯ В НИХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

281. Взорвали 87 мл смеси водорода с кислородом (объем измерен при 110 °С и 101,3 кПа). После взрыва и приведения продуктов реакции к первоначальным условиям объем газа составил 60 мл. Определите количественный состав (в объем. %) исходной смеси.

282. Определите состав газовой смеси, которая образовалась при сгорании 2 л монооксида углерода в 2 л кислорода.

283. К 50 мл смеси оксидов азота N_2O и NO добавили 80 мл водорода. После окончания реакции суммарный объем газов составил 62,5 мл. Вычислите объемные доли оксидов азота в исходной смеси. Измерения объемов проводились при нормальных условиях.

284. Смесь метана CH_4 и этана C_2H_6 объемом 25 мл полностью сожгли в 95 мл кислорода; объем смеси углекислого газа и кислорода после реакции составил 60 мл (объемы всех газов приведены к одинаковым условиям). Определите состав (в объем. %) исходной смеси.

285. Через раствор щелочи пропустили 100 мл смеси газов, полученных при обработке водяными парами раскаленного чистого

угля. При этом объем газовой смеси сократился на 5 мл. Определите состав (в объем. %) смеси газов.

286. Определите состав (в объемных долях) газовой смеси водорода с кислородом, если после взрыва 15 моль этой смеси осталось 4,5 моль кислорода.

287. Смесь водорода с хлором в объемном отношении 3 : 2 поместили в закрытый стеклянный сосуд над водой и рядом сожгли ленту магния. Как изменится давление в сосуде, если известно, что при этом прореагировало 50% хлора? Растворимостью хлора и водорода в воде можно пренебречь.

288. Сосуд определенного объема заполнили воздухом массой 145 г, после чего в нем сожгли 6,2 г фосфора, а затем температуру привели к первоначальной. Как относится давление в сосуде после реакции к давлению до реакции? Объемом твердого продукта можно пренебречь.

289. При сжигании 134,4 л смеси метана, монооксида углерода и этана получили 179,2 л диоксида углерода. Объемы измерены при н. у. Определите объемную долю этана в газовой смеси.

290. Газовая смесь, состоящая из водорода, метана и монооксида углерода, имеет плотность 0,857 г/л (при н. у.). Для полного сжигания 1 л смеси требуется 4,52 л воздуха. Определите объемные доли компонентов в смеси.

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

291. Колонна синтеза аммиака дает 1500 т продукта в сутки. Вычислите массу раствора 63%-й азотной кислоты, которую получают из этого количества аммиака.

292. Вычислите, какой объем воздуха, содержащего 79% по объему азота, перерабатывается в процессе получения 1 т аммиачной селитры NH_4NO_3 ?

293. Вычислите, какая масса белого фосфора сгорела в избытке кислорода, если известно, что образовавшийся продукт растворили в избытке воды, а затем в раствор для полной нейтрализации кислоты добавили 40 мл раствора с молярной концентрацией гидроксида калия, равной 0,25 моль/л.

294. Вычислите массу пентахлорида фосфора PCl_5 , растворенного в воде, если на нейтрализацию полученных при этом кислот

израсходовали 200 мл 10%-го раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,109 г/мл).

295. Вычислите массу бертолетовой соли, которую нужно разложить для выделения кислорода, необходимого для получения 10,8 г оксида алюминия из чистого металла.

296. Навеску алюминия нагрели с оксидом неизвестного металла X_2O_3 , при этом получили 28 г металла X. Та же навеска алюминия полностью растворилась в соляной кислоте, вытеснив 16,8 л водорода при н. у. Назовите металл X.

297. Сернистый газ, получившийся при сжигании 12,2 л сероводорода при 25 °С и 101,3 кПа, пропустили через 500 мл 25%-го раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,28 г/моль). Какую соль — кислую или среднюю — получили при этом? Вычислите массу этой соли.

298. Вычислите массу пирита, содержащего 10% примесей, необходимого для получения 1 т олеума с массовой долей серного ангидрида (триоксид серы SO_3) равной 10%.

299. Оксид хрома (VI) массой 1,42 г растворили в воде. Через полученный раствор пропустили избыток диоксида серы, а затем добавили раствор аммиака в воде до прекращения образования осадка. Осадок отделили от раствора и прокалили. Вычислите массу остатка после прокаливания.

300. При действии серной кислоты на твердый гидросульфит натрия получили газ, который обесцветил 1 л раствора перманганата калия. Если к полученному раствору добавить избыток хлорида бария, выпадет 46,6 г осадка. Вычислите массу гидросульфита натрия, вступившего в реакцию и молярную концентрацию раствора перманганата калия.

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

301. При прокаливании 8,69 г смеси карбонатов кальция и стронция получено 5,39 г твердого остатка. Вычислите массовые доли компонентов в смеси.

302. При взаимодействии 14,8 г смеси карбоната и гидрокарбоната кальция с серной кислотой образовалось 14,5 г сульфата кальция. Вычислите массовые доли компонентов в смеси.

303. После нагревания смеси нитратов цинка и натрия массой 20,5 г образовавшиеся газы были пропущены через воду, причем 1,12 л газа (при н. у.) не поглотилось. Вычислите массовые доли компонентов смеси.

304. При действии избытка соляной кислоты на 7,12 г смеси карбонатов кальция и натрия выделилось 1,568 л газа. Вычислите массу осадка, который образовался после добавления к полученному раствору избытка сульфата натрия.

305. Смесь опилок алюминия и магния массой 4,3 г растворили в соляной кислоте, а выделившийся газ пропустили сначала через трубку, содержащую избыток оксида меди (II) и нагретую до 400 °С, а затем через трубку с пентаоксидом дифосфора P_2O_5 . В результате масса второй трубки увеличилась на 3,6 г. Вычислите массовые доли компонентов смеси.

306. Смесь карбоната и гидрокарбоната натрия массой 95 г нагрели до постоянной массы, которая оказалась равной 79,5 г. Вычислите массовые доли компонентов смеси.

307. В каком массовом отношении следует взять навески магния и алюминия, чтобы при внесении их в растворы разбавленной азотной кислоты выделились равные объемы азота?

308. Смешали раствор, содержащий смесь хлоридов калия и натрия массой 5,0 г, с раствором, содержащим 33,2 г нитрата серебра. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили медную пластинку массой 6,0 г, которую выдержали в растворе в течение времени, необходимого для полного протекания реакции. В результате масса пластинки возросла до 8,54 г. Вычислите массы компонентов смеси.

309. При окислении смеси, содержащей железо, медь и алюминий, израсходовано 5,32 л кислорода (при н. у.); при взаимодействии такой же навески этой же смеси с 5 моль/л раствором хлороводородной кислоты потребовалось 120 мл раствора, а при воздействии раствором гидроксида натрия выделилось 1,12 л водорода (при н. у.). Вычислите массы отдельных компонентов исходной смеси.

310. Масса 1 л (при н. у.) смеси монооксида азота с диоксидом азота равна 1,786 г. Вычислите молярную концентрацию растворенных веществ в растворе, полученном при растворении 8,96 л этой смеси в 250 мл 2 моль/л раствора гидроксида натрия (изменением объема раствора при реакции можно пренебречь).

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ С УЧЕТОМ ПРАКТИЧЕСКОГО ВЫХОДА ПРОДУКТА

311. Для производства 142,3 кг аммиачной селитры использовали аммиак объемом 50 м³ (при н. у.) и 160 л 65%-й азотной кислоты (плотность 1391 кг/м³). Определите выход продукта реакции (в %) от теоретически возможного.

312. Вычислите, какой объем 10%-го раствора хлороводородной кислоты (плотность 1047 кг/м³) можно получить из 58,5 кг хлорида натрия, если практический выход хлороводорода равен 68% от теоретического.

313. Для производства удобрения моноаммофоса $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ использовали 244,5 м³ аммиака (при 25 °С и $1,013 \cdot 10^5$ Па) и 1,7 т раствора 60%-й ортофосфорной кислоты. Вычислите массу полученного удобрения, если его выход составил 78% от теоретически возможного.

314. Вычислите, какой объем раствора 65%-й азотной кислоты (плотность 1391 кг/м³) можно получить из 1,5 т аммиака, если выход кислоты составляет 72% от теоретически возможного.

315. Из природного фосфорита массой 840 кг получили фосфорную кислоту массой 500 кг. Вычислите массовую долю фосфата кальция в природном фосфорите, если производственные потери составляют 18%.

316. При электролизе расплава хлорида кальция на аноде выделился хлор объемом 198 л (при н. у.), а на катоде — кальций массой 240 г. Предполагая, что практический выход кальция составляет 100%, вычислите практический выход хлора.

317. При электролизе водного раствора сульфата никеля (II) с инертными электродами получили чистый никель. При электролизе на аноде собрали кислород, объем которого равен 16,8 м³ (при н. у.). Вычислите массу никеля, образовавшегося на катоде, если практический выход кислорода 100%, а никеля — 77%.

318. Вычислите массу раствора 55%-й азотной кислоты, которая получается из 1 т аммиака, если выход продукта окисления аммиака в контактном аппарате составляет 98%, а выход кислоты в поглотительных колоннах — 94%.

319. Вычислите массу серного колчедана, содержащего 45% серы, необходимого для получения 405 т безводной серной кислоты при условии, что потери серы в производстве составляют 5%.

320. Массовая доля серы в нефти составляет 1,7%. Диоксид серы, образующийся при горении нефти, поглощают из воздуха карбонатом кальция. Вычислите массу карбоната кальция, необходимого для поглощения диоксида серы, образовавшегося при сгорании 1 т нефти, если эффективность процесса составляет 22%.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ

321. Составьте формулу фосфида кальция, если молярная масса эквивалентов кальция равна 20,0 г/моль, а фосфора — 10,32 г/моль.

322. Вычислите атомную массу щелочного металла, если известно, что 1,00 г этого металла полностью реагирует с 1,143 г кислорода, образуя оксид. Какой это металл? Составьте формулу его оксида.

323. Металл массой 1,75 г вытеснил из хлороводородной кислоты 0,7 л водорода (н. у.). Вычислите молярную массу эквивалентов металла. Какой это металл? Составьте формулу его хлорида.

324. Один из металлов группы IIIA Периодической системы элементов образует оксид, массовая доля металла в котором составляет 52,94%. Назовите металл. Составьте формулу его оксида.

325. Оксид металла массой 1,0 г реагирует с газообразным водородом, в результате чего образовалась вода и 0,799 г металла. Удельная теплоемкость металла равна 0,385 Дж/(г · К). Назовите металл. Составьте формулу его оксида.

326. Образец металла массой 1,00 г полностью прореагировал с 142 мл (н. у.) газообразного водорода. Удельная теплоемкость металла равна 0,113 Дж/(г · К). Назовите металл.

327. Определите молярную массу эквивалентов щелочно-земельного металла, если при растворении в серной кислоте его оксида массой 0,5 г образовался его сульфат массой 1,5 г. Назовите металл.

328. Определите формулу среднего карбоната, массовая доля кислорода в котором составляет 45,3%.

329. Неорганическое соединение содержит 19,8% серы, 49,1% кислорода, 31,3% элемента А, удельная теплоемкость которого в виде простого вещества равна 0,486 Дж/(г · К). Определите формулу соединения, если известно, что при добавлении к его раствору

раствора хлорида бария образуется белый осадок, нерастворимый в азотной кислоте.

330. Массовая доля кислорода в натриевой соли А составляет 42,1%, молярная масса эквивалентов аниона — 43,5 г/моль. Определите формулу соли А.

МОЛЯРНАЯ МАССА ЭКВИВАЛЕНТОВ. МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТОВ

331. Вычислите молярную массу эквивалентов H_3PO_4 в реакциях обмена, когда образуется: а) Na_3PO_4 ; б) Na_2HPO_4 ; в) NaH_2PO_4 .

332. Вычислите молярную массу эквивалентов $Al(OH)_3$ в реакциях обмена, когда образуется: а) $Al(OH)_2Cl$; б) $Al(OH)Cl_2$; в) $AlCl_3$.

333. Вычислите молярную массу эквивалентов:

а) металла в соединениях:

$Ca(OH)_2$, $Al_2(SO_4)_3$, $Mg_2P_2O_7$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;

б) кислотных остатков в соединениях:

HCl , HNO_3 , H_2SO_4 , $CuCl_2$, $NaNO_3$, K_2SO_4 , Na_3PO_4 .

334. Вычислите молярную массу эквивалентов некоторого металла в двух его оксидах: а) если при восстановлении водородом первого оксида массой 1,0 г образуется 0,126 г воды; б) при восстановлении водородом второго оксида массой 1,0 г образуется 0,226 г воды.

335. Вычислите молярную массу некоторого металла, если 5,6 г оксида этого металла образуют 13,6 г сульфата металла. Назовите металл, если степень его окисления в оксиде +2.

336. При пропускании сероводорода через раствор, содержащий 2,025 г хлорида металла XCl_2 , последний полностью превращается в 1,44 г сульфида XS . Вычислите молярную массу эквивалентов металла.

337. Покажите, что молярная концентрация эквивалентов кислоты или основания в Z раз больше их молярной концентрации, где Z — основность кислоты или кислотность основания (эквивалентное число).

338. В лаборатории приготовили 100 мл раствора с массовой долей фосфорной кислоты, равной 10% (плотность раствора 1,053 г/мл). Вычислите молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалентов (для реакции полного замещения) фосфорной кислоты.

339. Покажите, что если $c_{\text{экв}}(\text{A})$ и $c_{\text{экв}}(\text{B})$ — молярные концентрации эквивалентов соответственно кислоты и основания, а V_{A} и V_{B} — объемы их растворов в момент нейтрализации, то из закона эквивалентных отношений следует

$$c_{\text{экв}}(\text{A})V_{\text{A}} = c_{\text{экв}}(\text{B})V_{\text{B}}$$

340. Слили два раствора — раствор азотной кислоты, объем которого 300 мл и молярная концентрация эквивалентов HNO_3 0,48 моль/л, и раствор гидроксида бария, объем которого 350 мл и молярная концентрация эквивалентов $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,24 моль/л. Какую среду — кислую или щелочную — будет иметь полученный раствор?

СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

341. Выберите из каждой пары указанных процессов тот, который имеет большую скорость (предположите, что условия их протекания одинаковы):

- а) ржавление железа (А) или потускнение меди (В);
- б) горение воска (А) или горение бумаги (В);
- в) испарение бензина (А) или испарение воды (В).

342. В две колбы налили раствор соляной кислоты одинаковой концентрации. В первую колбу опустили железную пластинку массой 1 г, а во вторую — 1 г железных опилок. В какой колбе реакция закончится раньше?

343. Две реакции протекали в двух реакционных сосудах одинакового объема с такими скоростями, что за определенный промежуток времени в первой образовался углекислый газ массой 6,4 г, а во второй хлороводород массой 4,8 г. Какая из реакций происходила с большей скоростью?

344. В ходе реакции $\text{A} + \text{B} = \text{D}$ определяли концентрацию D через каждый час после начала реакции, в результате чего получили:

Время t , час	0	1	2	3
Концентрация D, моль/л	0,00	0,40	0,60	0,70

Вычислите среднюю скорость реакции по веществу D:

- а) между первым и вторым часом;
- б) между вторым и третьим часом.

345. Вычислите среднюю скорость реакции:
 $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$,

если концентрация угарного газа в начальный момент времени 0,15 моль/л, а через 10 секунд после начала реакции 0,1 моль/л.

346. Реакция проходит по уравнению:



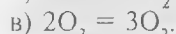
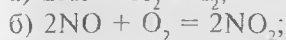
Концентрации реагентов А и В в начальный момент времени равны соответственно 0,6 моль/л и 1,2 моль/л. Через 30 секунд после начала реакции концентрация реагента А снизилась до 0,3 моль/л. Чему равна концентрация реагента В в этот момент времени? Вычислите среднюю скорость реакции.

347. В сосуд объемом 0,5 л поместили 0,05 моль водорода и 0,05 моль азота. Через некоторое время в сосуде образовалось 0,02 моль аммиака. Вычислите концентрации водорода и азота в этот момент времени.

348. В реакции $A + 2B = D$ вещество А расходуется в два раза быстрее, чем вещество В. В этом случае скорость реакции по ве-

еществу А будет в два раза меньше, чем по веществу В, т. е. $v_A = \frac{1}{2} v_B$ или $2v_A = v_B$.

Запишите соотношения между скоростями расходования каждого реагента и скоростями образования каждого продукта для:



349. Средняя скорость расходования озона в реакции $2O_3 = 3O_2$ за некоторый промежуток времени равна $9,0 \cdot 10^{-3}$ атм/с. Вычислите скорость этой реакции по кислороду.

350. В лаборатории экспериментально определили объем углекислого газа, который выделился, когда к мраморной крошке прилили разбавленную соляную кислоту.

Время t, с	0	15	30	45	60	75	90	105
Объем v_{CO_2} , см ³	0	27	47	61	69	75	80	80

Постройте график зависимости объема углекислого газа v_{CO_2} от времени t реакции и вычислите среднюю скорость реакции в интервале времени от 20 с до 40 с.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ

351. Вычислите начальную скорость реакции $A + B = C$, если концентрации А и В в начальный момент времени одинаковы и равны 0,1 моль/л, а константа скорости 1,2 л/(моль · с).

352. В сосуд объемом 0,5 л поместили 0,5 моль реагента А и 1,5 моль реагента В. Вычислите начальную скорость реакции $A + B = C$, если константа скорости $1,8 \cdot 10^{-1} \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$.

353. В сосуде при комнатной температуре находятся два газа А и В. Зависимость скорости реакции взаимодействия между ними от концентрации представляется в виде: $v = k c_A c_B$.

Во сколько раз изменится начальная скорость реакции, если:

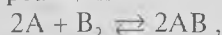
- а) увеличить концентрацию газа А в 2 раза;
- б) увеличить концентрацию газа В в 3 раза;
- в) увеличить объем реакционного сосуда в 2 раза;
- г) увеличить давление в реакционном сосуде в 3 раза?

354. В сосуде при комнатной температуре находятся два газа А и В. Зависимость скорости реакции взаимодействия между ними от концентрации представляется в виде: $v = k c_A^2 c_B$.

Во сколько раз изменится начальная скорость реакции, если:

- а) увеличить концентрацию газа А в 2 раза;
- б) увеличить концентрацию газа В в 3 раза;
- в) увеличить объем реакционного сосуда в 2 раза;
- г) увеличить давление в реакционном сосуде в 3 раза?

355. Во сколько раз изменятся скорости прямой и обратной реакций



если:

- а) концентрации А и В увеличили в 2 раза;
- б) концентрацию АВ уменьшили в 3 раза;
- в) объем реакционного сосуда уменьшили в 3 раза;
- г) давление увеличили в 2 раза?

356. Во сколько раз изменятся скорости прямых и обратных реакций при увеличении давления в 3 раза:

- а) $2NO_2, \text{ газ} \rightleftharpoons N_2O_4, \text{ газ}$;
- б) $CO_2, \text{ газ} + C, \text{ тв.} \rightleftharpoons 2CO, \text{ газ}$;
- в) $2HI, \text{ газ} \rightleftharpoons H_2, \text{ газ} + I_2, \text{ газ}$;
- г) $CO, \text{ газ} + Cl_2, \text{ газ} \rightleftharpoons COCl_2, \text{ газ}$?

357. Как нужно изменить концентрацию кислорода в системе $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$

- а) при постоянной концентрации NO для того, чтобы начальная скорость прямой реакции увеличилась в 8 раз;
- б) при увеличении концентрации NO в 3 раза для того, чтобы начальная скорость прямой реакции не изменилась;

н) при уменьшении концентрации NO в 3 раза для того, чтобы начальная скорость прямой реакции не изменилась?

358. Для реакции $A + B \rightarrow D$ экспериментально установлено, что скорость реакции пропорциональна концентрации реагента A и квадрату концентрации реагента B. Запишите кинетическое уравнение этой реакции, определите ее полный порядок и укажите размерность константы скорости.

359. Газофазная реакция между реагентами A и B имеет нулевой порядок по реагенту A и второй по реагенту B. Скорость этой реакции равна $8,7 \cdot 10^{-4}$ моль/(л · с) при $c_A = 1,0$ моль/л и $c_B = 1,2$ моль/л. Вычислите начальную скорость этой реакции

а) при $c_A = 2,0$ моль/л и $c_B = 2,4$ моль/л;

б) при увеличении объема реакционного сосуда в 3 раза.

360. В лаборатории экспериментально определили скорость реакции $NH_4^+ + NO_2^- = N_2 + 2H_2O$

при различных начальных концентрациях ионов NH_4^+ и NO_2^- :

Номер эксперимента	Начальная концентрация, моль/л		Наблюдаемая начальная скорость, (моль/л · с) · 10^{-7}
	NH_4^+	NO_2^-	
1	0,0100	0,200	5,4
2	0,0200	0,200	10,8
3	0,0400	0,200	21,6
4	0,0600	0,200	32,3
5	0,200	0,0202	10,8
6	0,200	0,0404	21,6
7	0,200	0,0606	32,4
8	0,200	0,0808	43,3

Во сколько раз увеличится скорость реакции, если:

а) концентрацию NO_2^- увеличить в 2 раза при постоянной концентрации NH_4^+ ;

б) концентрацию NO_2^- увеличить в 4 раза при постоянной концентрации NH_4^+ ;

в) концентрацию NH_4^+ увеличить в 4 раза при постоянной концентрации NO_2^- ;

г) концентрацию NH_4^+ увеличить в 6 раз при постоянной концентрации NO_2^- ?

Используя данные таблицы, вычислите константу скорости реакции, а так же начальную скорость реакции при $c_{NH_4^+} = c_{NO_2^-} = 0,100$ моль/л.

Литературная задача

Писателю Владимиру Набокову принадлежат такие строчки.

... отрадно
заране знать, какую смесь получишь
когда в стекле над пламенем лазурным
медлительно сливаются две соли,
туманную окрашивая колбу.

О какой химической реакции мог писать Набоков? (Обратите внимание: медлительно сливаются...) Как вы думаете, был ли Набоков хорошим химиком?

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

361. Температурный коэффициент скорости прямой реакции $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + \text{NO}$ равен 3. Как изменится скорость прямой реакции при увеличении температуры: а) на 10° ; б) на 20° ; в) на 30° ; г) на 40° ?

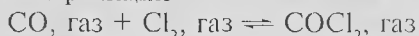
362. Температурный коэффициент скорости обратной реакции $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ равен 2. Как изменится скорость обратной реакции, если концентрацию NO_2 уменьшить в 2 раза, а температуру понизить на 30° .

363. Вычислите температурный коэффициент скорости реакции, если:

а) при увеличении температуры на 20° скорость увеличилась в 4 раза;

б) при увеличении температуры на 20° скорость увеличилась в 6,25 раз.

364. Температурные коэффициенты скоростей прямой и обратной реакций



примерно одинаковы и равны 2. Объем реакционной системы увеличили в 3 раза и одновременно понизили температуру на 20° . Как изменятся начальные скорости прямой и обратной реакций?

365. При повышении температуры на 10°C скорость химической реакции возрастает в 2 раза. При 20°C она равна $0,04$ моль/(л·с). Вычислите скорость при: а) 40° ; б) 10° и в) 0°C .

366. Вычислите энергию активации реакции, скорость которой при повышении температуры от 27 до 37°C возрастает точно в 2 раза.

367. Вычислите энергию активации реакции, для которой повышение температуры от 20 до 30 °С приводит точно к трехкратному возрастанию скорости.

368. Константа скорости реакции разложения N_2O_5 при 45 °С равна $6,2 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$. Вычислите константу скорости этой реакции при 100 °С, если энергия активации равна 103 кДж/моль.

369. Интенсивность свечения светлячка зависит от температуры насекомого, поскольку в его организме происходит реакция, скорость которой зависит от температуры. Установлено, что при 21 °С светлячок светится 16,3 с, а при 27,8 °С — 13,0 с. Оцените энергию активации реакции, которая определяет интенсивность свечения светлячка.

370. Возможны ли реакции с энергией активации, равной нулю? Обсудите, какую энергию активации имеют реакции:

- а) $2\text{H}_2, \text{газ} + \text{O}_2, \text{газ} = 2\text{H}_2\text{O}, \text{газ}$;
- б) $\text{Ba}^{2+}, \text{раствор} + \text{SO}_4^{2-}, \text{раствор} = \text{BaSO}_4 \text{ осадок}$;
- в) $\text{H}^+, \text{раствор} + \text{OH}^-, \text{раствор} = \text{H}_2\text{O}, \text{раствор}$.

СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

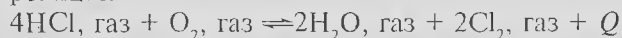
371. Какие из следующих реакций являются обратимыми, а какие нет? В уравнениях обратимых реакций поставьте символ « $\rightleftharpoons$ », в уравнениях необратимых реакций — « $=$ ».

- а) $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \dots 2\text{NH}_3$;
- б) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \dots 2\text{SO}_3$;
- в) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \dots 2\text{H}_2\text{O}$;
- г) $\text{C} + \text{O}_2 \dots \text{CO}_2$;
- д) $2\text{NI}_3 \dots \text{N}_2 + 3\text{I}_2$;
- е) $2\text{KMnO}_4 \dots \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$.

372. В каком направлении смещается равновесие реакций:

- а) при повышении давления, $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$;
- б) при понижении давления, $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$;
- в) при повышении температуры, $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} - Q$;
- г) при понижении температуры, $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2 - Q$.

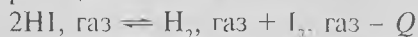
373. Укажите направление смещения равновесия химической реакции



- а) при повышении температуры; б) при понижении давления в реакционном сосуде; в) при увеличении концентрации кислоро-

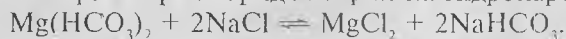
да; г) при увеличении объема реакционной смеси; д) при введении катализатора.

374. Укажите направление смещения равновесия химической реакции



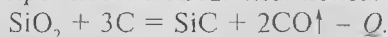
а) при повышении температуры; б) при увеличении концентрации HI; в) при увеличении объема; г) при повышении давления.

375. Питьевую соду NaHCO_3 можно получить действием водного раствора хлорида натрия на гидрокарбонат магния:



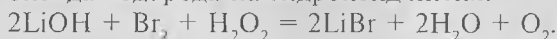
Как сместить равновесие в сторону образования гидрокарбоната натрия? Используйте данные о растворимости солей.

376. Карборунд SiC широко используется в технике как абразивный материал. Его получают в электропечах восстановлением кремнезема избытком кокса:



Как сместить равновесие в сторону образования карбида кремния?

377. Бромид лития высокой частоты находит применение в медицине и фотографии. Его можно получить действием брома и пероксида водорода на гидроксид лития:



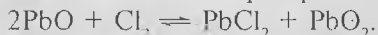
Какие вещества для этой реакции можно брать в избытке, а какие в недостатке, и почему?

378. Борид магния получают путем взаимодействия бората натрия с металлическим магнием при температуре 1000°C в атмосфере аргона:



Почему при проведении реакции отгоняют пары натрия?

379. Хлорид свинца (II) получают из оксида свинца (II) действием свободного хлора при температуре $130\text{--}250^\circ\text{C}$:



В какую сторону смещается равновесие при повышении температуры этой реакции? Как сдвинуть равновесие в сторону образования продуктов?

380. В каком направлении сместится равновесие в системе, в которую входят водород, водяной пар, металлическое железо, оксид железа Fe_3O_4 , если в систему (при постоянном ее объеме) ввести:

а) водород; б) азот; в) прокаленный оксид кальция; г) кристаллическую соду $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$?

КИНЕТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ

381. Для гипотетической реакции $A + B = C$ в трех экспериментах, проведенных при одинаковой температуре, получены следующие данные о скоростях.

Номер эксперимента	1	2	3
Начальная концентрация А, моль/л	0,10	0,10	0,20
Начальная концентрация В, моль/л	0,10	0,20	0,10
Начальная скорость, моль(А)/(л · с)	4,0	4,0	16,0

Составьте кинетическое уравнение для данной реакции.

382. Для гипотетической реакции $2A + 3B = 3C + 2D$ в результате трех экспериментов, проведенных при одинаковой температуре, получены следующие данные о скоростях.

Номер эксперимента	1	2	3
Начальная концентрация А, моль/л	0,10	0,20	0,20
Начальная концентрация В, моль/л	0,10	0,10	0,20
Начальная скорость, моль(А)/(л · с)	0,10	0,40	0,40

Составьте кинетическое уравнение для данной реакции.

383. Гипотетическая реакция $2A \rightarrow B$ имеет второй порядок по реагенту А. Вычислите константу скорости, используя следующие данные:

- а) $v = 0,10$ моль/(л · с); $c_A = 0,10$ моль/л;
 б) $v = 16,0 \cdot 10^{-3}$ моль/(л · с); $c_A = 0,20$ моль/л.

384. Для гипотетической реакции $A + B \rightarrow C$ в результате трех экспериментов, проведенных при одинаковой температуре, получили следующие данные о скоростях.

Номер эксперимента	1	2	3
Начальная концентрация А, моль/л	0,05	0,05	0,10
Начальная концентрация В, моль/л	0,50	0,20	0,10
Начальная скорость, моль/(л · с)	$8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$32 \cdot 10^{-3}$

Составьте кинетическое уравнение реакции. Вычислите константу ее скорости. Вычислите скорость при $c(A) = 0,25$ моль/л и $c(B) = 0,10$ моль/л.

385. Для гипотетической реакции $2A + B \rightarrow 2C$ в результате трех экспериментов, проведенных при одинаковой температуре, получены следующие данные о скоростях.

Номер эксперимента	1	2	3
Начальная концентрация А, моль/л	0,10	0,30	0,30
Начальная концентрация В, моль/л	0,20	0,40	0,80
Начальная скорость, моль(А)/(л · с)	300	3600	14400

Составьте кинетическое уравнение и вычислите константу скорости данной реакции.

386. Для гипотетической реакции $A + 2B = C$ получили следующие кинетические данные.

Эксперимент	c_A^0 , моль/л	c_B^0 , моль/л	v^0 , моль/(л · с)
1	0,20	0,10	$7,0 \cdot 10^{-5}$
2	0,40	0,10	$7,0 \cdot 10^{-5}$
3	0,20	0,20	$2,8 \cdot 10^{-4}$

Составьте кинетическое уравнение данной реакции. Найдите порядок этой реакции по реагенту А, по реагенту В и полный порядок.

387. Для гипотетической реакции $2A + B = C$ получили следующие кинетические данные.

Эксперимент	c_A^0 , моль/л	c_B^0 , моль/л	v_C^0 , моль/(л · с)
1	0,20	0,10	$7,0 \cdot 10^{-4}$
2	0,40	0,20	$1,4 \cdot 10^{-3}$
3	0,40	0,40	$2,8 \cdot 10^{-3}$
4	0,60	0,60	$4,2 \cdot 10^{-3}$

Составьте кинетическое уравнение и вычислите константу скорости данной реакции.

Выберите из механизмов, предложенных далее, тот, который соответствует приведенным кинетическим данным, и объясните свой выбор (М и N — промежуточные продукты, интермедиаты).

Механизм 1: $A + B \rightarrow M$ (медленно);

$A + M \rightarrow C$ (быстро).

Механизм 2: $A + A \rightleftharpoons M$ (быстро, равновесие);

$B + M \rightleftharpoons C$ (медленно).

Механизм 3: $B \rightarrow M$ (медленно);

$M + A \rightarrow N$ (быстро);

$N + A \rightarrow C$ (быстро).

388. Для реакции между монооксидом азота и бромом, которая происходит при 273°C в газовой фазе:

$2\text{NO, газ} + \text{Br}_2, \text{ газ} = 2\text{NOBr, газ},$

получили следующие кинетические данные:

Эксперимент	c_{NO}^0 , моль/л	$c_{\text{Br}_2}^0$, моль/л	v_{NOBr}^0 , моль/(л · с)
1	0,10	0,10	12
2	0,10	0,20	24
3	0,20	0,10	48
4	0,30	0,10	108

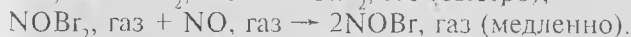
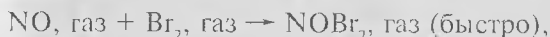
Составьте кинетическое уравнение этой реакции и вычислите константу скорости.

Выберите из предложенных далее механизмов реакций тот, который соответствует кинетическому уравнению, и обоснуйте свой выбор.

Механизм А:



Механизм В:



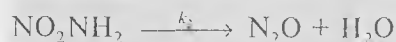
389. Нитрамид NO_2NH_2 в водном растворе медленно разлагается:



Кинетическое уравнение реакции имеет вид:
$$\frac{d[\text{N}_2\text{O}]}{dt} = k \frac{[\text{NO}_2\text{NH}_2]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

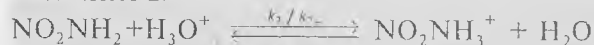
Каким будет кажущийся порядок реакции в буферном растворе? Какой из приведенных ниже механизмов согласуется с кинетическим уравнением? Обоснуйте ваш ответ.

Механизм 1:



(стадия, определяющая скорость реакции).

Механизм 2:

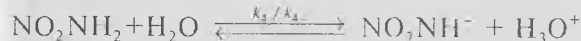


(быстрое равновесие).

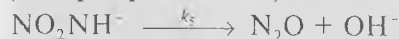


(стадия, определяющая скорость реакции).

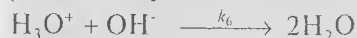
Механизм 3:



(быстрое равновесие).



(стадия, определяющая скорость реакции).



(очень быстрая реакция).

390. Навеску сложного эфира А массой 4,40 г растворили в воде. Полученный 0,5 моль/л раствор объемом 100 мл подвергли гидро-

лизу. Скорость реакции описывается уравнением $v = k c_{\text{эфир}}^n$, где n — порядок реакции. Ход реакции контролировали методом кислотно-основного титрования образовавшейся кислоты раствором щелочи с концентрацией 1 моль/л. Получили следующие данные.

Время t , мин	Объем щелочи, мл	Скорость реакции v , моль/(л · с)
1	9,2	$1,38 \cdot 10^{-3}$
2	16,3	$1,14 \cdot 10^{-3}$
3	22,5	$0,93 \cdot 10^{-3}$
4	34,5	?

Определите порядок реакции гидролиза эфира. Вычислите константу скорости данной реакции при $t = 5$ мин. Установите состав эфира.

СТРОЕНИЕ АТОМА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую систему химических элементов (см. Приложение).

391. Найдите в Периодической системе элементы с номерами 17, 35 и 53. Выпишите их названия. В каком периоде и в какой группе расположен каждый из них? Как называется соответствующая группа?

392. Найдите в Периодической системе элементы с номерами 29, 47 и 79. Выпишите их названия. В какой группе они расположены? Почему их называют благородными металлами?

393. Найдите в Периодической системе элементы с номерами: а) 19 и 29; б) 38 и 48; в) 25 и 35; г) 42 и 52. Выпишите их названия. В каком периоде и в какой группе расположен каждый из них?

394. Найдите в Периодической системе элементы с номерами: а) 6 и 14; б) 7 и 15; в) 16 и 34; г) 53 и 85. Выпишите их названия. В каком периоде и в какой группе расположен каждый из них?

395. Найдите в Периодической системе элементы с номерами 12, 15, 30 и 55. Выпишите их названия. В каком периоде и в какой группе расположен каждый из них?

396. Выпишите названия и символы элементов третьего периода Периодической системы.

397. По какому признаку элементы объединяются в: а) группы; б) периоды? Сколько элементов содержится в каждом из первых трех периодов?

398. Выпишите названия и символы элементов, образующих группы: а) щелочных; б) щелочно-земельных металлов. Охарактеризуйте их положение в Периодической системе.

399. Назовите элемент, если он расположен:
а) во втором периоде, в группе VIA (в главной подгруппе);

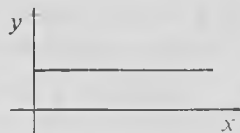
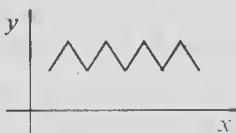
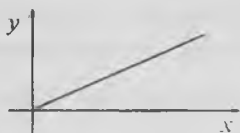
- б) в третьем периоде, в группе IIIA (в главной подгруппе);
 в) в третьем периоде, в группе VIIA (в главной подгруппе);
 г) в четвертом периоде, в группе IIIB (в побочной подгруппе).

400. Сравните Периодическую систему химических элементов, опубликованную в «Основах химии» Д. И. Менделеева в 1879 году (стр. 65) с современной Периодической системой.

- 1) Какая группа элементов (побочная группа) отсутствует в Периодической системе 1879 года?
- 2) Какие элементы предсказал Д. И. Менделеев (в системе 1879 года обозначены знаком вопроса «?»)?
- 3) Что означает «ряд» в Периодической системе 1879 года?
- 4) Какие элементы образуют 9-й «ряд» в современной Периодической системе?
- 5) Правильно ли расположен уран в Периодической системе 1879 года?
- 6) Как бы вы записали химические формулы водородного и кислородного соединения углерода, если бы вы учились в школе в 1879 г.?

Математическая задача

Какой из следующих графиков представляет периодическую функцию?



СТРОЕНИЕ АТОМА

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую систему химических элементов.

401. Назовите химические элементы, у которых заряд Z атомного ядра равен: +9, +14, +18, +22, +32, +92.

402. Укажите атомные номера и протонные числа для химических элементов: литий, магний, алюминий, сера, фосфор.

403. Назовите химический элемент, атомное ядро которого содержит Z протонов и N нейтронов:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| а) $Z = 8, N = 8$; | б) $Z = 19, N = 20$; |
| в) $Z = 92, N = 146$; | г) $Z = 13, N = 14$. |

404. Укажите протонные числа для следующих нуклидов: углерод — 12, кальций — 40, кремний — 28, железо — 56.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВЪ,
ОСНОВАННАЯ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

Группы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ряды.								
	R^2O	RO	R^2O^3	RH^4 RO^2	RH^1 R^2O^5	RH^2 RO^3	RH R^2O^7	(R^2H) . Водород- ные соединен. (RO^4) Высшее кислор. соедин.
1.	1 H	—	—	—	—	—	—	—
2.	Li 7	Be 9 4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	—
3.	23 Na	24 Mg	27,3 Al	28 Si	31 P	32 S	35,5 Cl	Fe 56, Co 59,
4.	K 39	Ca 40	? 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Ni 59, Cu 63
5.	(63 Cu)	65 Zn	68 Ca	72 ?	75 As	78 Se	80 Br	Ru 104, Rh 104,
6.	Rb 85	Sr 87	Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	? 100	Pt 106, Ag 108
7.	(108 Ag)	112 Cd	133 In	118 Sn	122 Sb	125 Te	127 J	—
8.	Cs 133	Ba 137	La? 138	Ce 139	Di? 142?	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	Os 193, Ir 195,
10.	—	—	Er 175	? 180	Ta 182	W 184	? 190	Pt 197, Au 197
11.	(197 Au)	200 Hg	204 Tl	207 Pb	208 Bi	—	—	—
12.	—	—	—	Th 234	? 237	U 240	—	—

405. Составьте буквенное обозначение нуклида, атомное ядро которого содержит Z протонов и N нейтронов:

- а) $Z = 17, N = 18$;
- б) $Z = 17, N = 20$;
- в) $Z = 19, N = 20$;
- г) $Z = 19, N = 21$;
- д) $Z = 82, N = 124$;
- е) $Z = 84, N = 126$;
- ж) $Z = 38, N = 52$;
- з) $Z = 56, N = 84$.

406. Для каждого из следующих нуклидов укажите нуклонное и протонное числа, а также количество протонов, нейтронов и электронов, содержащихся в атоме:

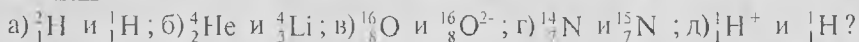


407. Укажите символы нуклидов, которые являются изотопами некоторого химического элемента Э.

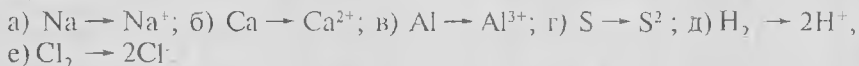


Назовите элемент.

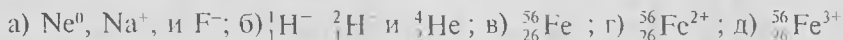
408. Какие из приведенных пар частиц являются изотопами:



409. Составьте электронные уравнения для следующих превращений:



410. Определите число электронов, содержащихся в следующих частицах:



РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДЕ

При выполнении заданий этого раздела используйте диаграмму распределения химических элементов (рис. 3 в Приложении)

411. Какие химические элементы наиболее распространены:

- а) в земной коре;
- б) в воде морей и океанов;
- в) во всем земном шаре;
- г) во Вселенной?

412. Каково содержание в земной коре (в %):

- а) первых восьми элементов;
- б) всех элементов, исключая кислород;
- в) всех элементов, исключая кислород и кремний;
- г) всех элементов, исключая кислород, кремний и алюминий?

413. Элемент с четным атомным номером (делится на 2 без остатка) называют четным элементом, а элемент с нечетным атомным номером (не делится на 2 без остатка) называют нечетным элементом. Четные элементы, как правило, более распространены в периоде. Какие элементы среди первых восьми наиболее распространенными являются четными, а какие нечетными? Сравните их общее содержание (в %) в земной коре.

414. Из двух элементов, расположенных в двух соседних клетках Периодической системы, как правило, более распространен элемент с четным атомным номером. Какой из двух элементов наиболее распространен в природе:

- а) С или N; б) О или F; в) К или Ca; г) Si или P?

415. Наиболее распространенными являются элементы, атомные ядра которых содержат четное число протонов и четное число нейтронов. Укажите число протонов и число нейтронов в атомных ядрах наиболее распространенных элементов: кислорода-16; кремния-28; кальция-40; железа-56.

416. Нуклонное число может делиться на 4 без остатка или давать в остатке 1, 2 и 3. В зависимости от этого возможны четыре типа нуклида, которые обозначают $4p$, $4p + 1$, $4p + 2$ и $4p + 3$, где p — целое число, принимающее значение 1, 2, 3, 4, ... Укажите, к какому типу относятся нуклиды: кислород-16, кремний-28, хлор-37, азот-14, алюминий-27.

417. Среди нуклидов одного химического элемента наиболее распространен тип $4p$. Какой из двух нуклидов наиболее распространен в природе.

- а) кислород-16 или кислород-18;
- б) кальций-40 или кальций-42;
- в) магний-24 или магний-25.

418. Картина распределения элементов во всем земном шаре иная, чем в земной коре. Первое место по распространенности занимает железо (37%), второе — кислород (30%), третье — кремний (15%), затем идут магний, алюминий, никель и кальций. Проанализируйте строение атомных ядер этих элементов, укажите число

прогонов, число нейтронов, тип наиболее распространенного нуклида.

419. В состав атмосферы Солнца и подобных ему звезд входят:

Элемент	Масс. доля, %	Элемент	Масс. доля, %
Водород	81,76	Кремний	0,006
Гелий	18,17	Сера	0,003
Кислород	0,03	Углерод	0,003
Магний	0,02	Железо	0,001
Азот	0,01	Другие элементы	0,001

Каково содержание (в %) в атмосфере Солнца:

- а) водорода и гелия;
- б) химических элементов, исключая водород и гелий;
- в) четных элементов, исключая водород и гелий;
- г) нечетных элементов, исключая водород и гелий?

420. В организме человека массой 60 кг содержатся элементы:

Элемент	Масса, г	Доля атомов %
Кислород	36800	25,9
Углерод	11688	11,0
Водород	5326	59,4
Азот	2962	2,39

Постройте секторную диаграмму соотношения четырех элементов в организме, аналогичную представленной на рис. 3 (см. Приложение): а) по массовому содержанию; б) по числу атомов. Сравните диаграммы. Какой элемент (или элементы) является самым важным для человека?

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ АТОМОВ

421. Для каждого из химических элементов с атомными номерами: 6, 7, 8, 9, 12, 14 укажите номер периода, в котором он расположен, и число электронных оболочек его атома.

422. Для каждого из химических элементов с атомными номерами: 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17 укажите номер группы, в которой он расположен, и число электронов на внешней электронной оболочке.

423. Распределите электроны по электронным оболочкам атомов: Li, Na, K, Rb и Cs.

424. Распределите электроны по электронным оболочкам атомов: Mg, Si, S, Ar.

425. Назовите химический элемент, если его атом имеет: а) две электронные оболочки, причем на внешней — семь валентных электронов; б) три электронных оболочки, причем на внешней — пять валентных электронов.

426. Назовите химический элемент, если:

а) атом элемента имеет на два электрона больше, чем ион лития Li^+ ;

б) однозарядный ион элемента A^+ имеет такое же электронное строение, что и атом аргона;

в) двухзарядный ион элемента B^{2+} имеет такое же электронное строение, что и атом неона.

427. Распределите электроны по электронным оболочкам атомов: Sc, Ti, V, Cr, Mn.

428. В какой последовательности заполняются электронные оболочки атомов элементов четвертого периода? Распределите электроны по электронным оболочкам атомов: Ca, Fe, As.

429. В какой из главных подгрупп расположен элемент, если на внешней электронной оболочке его атома имеется: а) 3; б) 5; в) 8 электронов?

430. Юный химик прочитал о том, что атомы, приобретая или теряя электроны в химических реакциях, превращаются в ионы. Он составил формулы ионов, однако не учел электронное строение соответствующих атомов:

Na^+ , F^+ , Ca^- , Al^{3+} , He^- , Mg^{2+} .

Какие из перечисленных ионов не могут образовываться в химических реакциях при обычных условиях?

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

При выполнении заданий этого раздела используйте справочные данные (табл. 4 Приложения).

431. Укажите соответствие. При образовании какой связи атомы стремятся приобрести электронную конфигурацию благородного газа за счет

а) обобществления одной или нескольких электронных пар;

б) потери или приобретения электронов;

в) образования положительно заряженных ионов, удерживаемых вместе обобществленными валентными электронами.

а) ионной;

б) металлической;

в) ковалентной.

432. Укажите соответствие. Между какими атомами — металлов или неметаллов — образуются

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| а) ионная связь; | а) металл — неметалл; |
| б) ковалентная полярная связь; | б) металл — металл; |
| в) ковалентная неполярная связь; | в) неметалл — неметалл типа A_2 ; |
| г) металлическая связь | г) неметалл — неметалл типа АВ. |

433. Какая из связей является ионной.

- а) $H - Cl$; б) $S - Cl$; в) $Cs - F$; г) $Li - Li$?

434. Какая из связей является ковалентной неполярной:

- а) $N - O$; б) $N - Cl$; в) $N - F$; г) $N - N$?

435. Для какой связи разность электроотрицательностей атомов наибольшая:

- а) Cl и K ; б) Cl и Ba ; в) Cl и Fe ; г) Cl и Ni ?

436. Между какими атомами образуется ковалентная связь:

- а) Mg и F ; б) Na и H ; в) Li и N ; г) P и N ?

437. Для какой связи полярность наибольшая.

- а) $H - S$; б) $H - Se$; в) $H - O$; г) $H - F$?

438. Какие из следующих молекул неполярны:

- а) CH_4 ; б) CH_3Cl ; в) CH_2Cl_2 ; г) $CHCl_3$; д) CCl_4 ?

439. Какие из следующих молекул имеют кратные связи:

- а) O_2 ; б) CO ; в) F_2 ; г) N_2H_4 ; д) CO_2 ; е) N_2H_4 ?

440. Укажите типы химических связей в молекулах:

KCl , HBr , O_2 , Zn , CaF_2 , N_2 , NH_3 , SO_2 , Fe_2O_3 , Fe , NO_2 , CsF , CO , Cl_2 , H_2S , H_2O .

ВЕЩЕСТВА С НЕМОЛЕКУЛЯРНЫМ СТРОЕНИЕМ

441. Какие вещества и материалы обладают молекулярным, а какие — немоллекулярным строением:

кислород, азот, вода, углекислый газ, метан, пропан, сахароза, ацетон, поваренная соль, кварц, сажа, алмаз, графит, известняк, цемент, металлы, сплавы?

442. Юный Химик насыпал на асбестовую сетку кристаллическое вещество серо-черного цвета и стал его нагревать. Красивый фиолетовый дым стал заполнять комнату, вызывая кашель. Через некоторое время кристаллы исчезли. Какое строение — молекулярное или немоллекулярное — имеет вещество, с которым экспериментировал Юный Химик? Назовите вещество, предложите объяснение опыта.

443. Юный Химик попросил у продавца мороженого кусочек льда. Каково же было его удивление, когда «лед» исчез с его ладони, не оставив и капли воды. Какое строение — молекулярное или немолекулярное — имеет «сухой лед»?

444. Юный Химик выточил шар из большого кристалла поваренной соли, а затем потихоньку начал растворять его в воде — из шара образовался куб. При растворении в теплой воде леденцов или больших кусков сахара они принимают причудливые, совсем не кристаллические формы. Объясните, почему?

445. Жители старинных зданий заметили, что оконные стекла, которые простояли в рамах много десятков лет, становятся толще внизу. Объясните, почему?

446. Сравните свойства алмаза и графита. Алмаз — драгоценный камень, он прозрачный, блестит и искрится, тогда как графит серый, неяркий на вид. Алмаз твердый и применяется для шлифования, а графит мягкий, легко расслаивается и пачкает практически каждую поверхность. Почему они обладают различными свойствами?

447. Приведены температуры плавления и теплоты плавления некоторых твердых веществ. Какую кристаллическую решетку они имеют?

Вещество	Температура плавления, °С	Теплота плавления, кДж/моль
Аргон	-189	1,17
Кремний	1683	46,5
Магний	923	8,96
Хлорид натрия	1081	28,5

448. Какие характеристики относятся к ионным кристаллам, а какие — к металлам:

- а) высокая температура плавления;
- б) низкая температура плавления;
- в) высокая температура кипения;
- г) низкая температура кипения;
- д) твердые, ковкие и тягучие;
- е) твердые, хрупкие;
- ж) хорошие проводники;
- з) изоляторы?

449. Какие характеристики относятся к молекулярным кристаллам, а какие — к атомным:

- а) невысокая температура плавления;
- б) очень высокая температура плавления;
- в) невысокая температура кипения;
- г) очень высокая температура кипения;
- д) мягкие;
- е) очень твердые;
- ж) изоляторы;
- з) проводники?

450. Кристаллы металлической меди имеют кубическую кристаллическую решетку, в которой находятся четыре атома меди. С помощью дифракции рентгеновских лучей установили, что длина ребра этой элементарной решетки равна $3,61 \cdot 10^{-8}$ см. Плотность меди равна $8,920 \text{ г/см}^3$, относительная атомная масса меди 63,5. Используя приведенные данные, рассчитайте значение постоянной Авогадро.

Занимательное задание

Учитель попросил описать свойства газов, жидкостей и твердых тел. Вот что написал Юный Химик.

Газы ведут себя так, как ученики нашего класса на перемене. Жидкости ведут себя так, как ученики нашего класса на уроке. Твердые тела ведут себя так, как ученики нашего класса в кабинете директора школы.

Как же ведут себя товарищи Юного Химика: а) на перемене; б) на уроке; в) в кабинете директора школы?

ПРЕДСКАЗАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую систему химических элементов, а также рис. 2 (см. Приложение).

451. Предскажите свойства кобальта, используя информацию о свойствах железа и никеля.

	Fe	Ni
Плотность, ρ , г/см ³	7,874	8,90
Температура плавления $t_{пл}$, °C	1539	1455
Температура кипения, $t_{кип}$, °C	2872	2900

452. Предскажите, у какого из элементов — бериллий, бор, магний, алюминий — более выражены: а) металлические свойства, б) неметаллические свойства.

453. Предскажите, какой из элементов — калий, кальций, рутений, стронций — имеет: а) наибольший атомный радиус; б) наименьший атомный радиус.

454. Предскажите, какие из ионов — Na^+ , Cl^- , K^+ , Br^- — имеют: а) наибольший ионный радиус; б) наименьший ионный радиус.

455. Расположите элементы — литий, бериллий и натрий — в порядке уменьшения первой энергии ионизации.

456. Расположите элементы — азот, кислород и фосфор — в порядке уменьшения электроотрицательности.

457. Расположите элементы — магний, сера и калий — в порядке уменьшения: а) первой энергии ионизации; б) атомного радиуса; в) электроотрицательности.

458. Назовите в каждой паре частицу, имеющую больший радиус:

а) Na и Mg^{2+} ; б) Cl^- и Ag ; в) Na^+ и O^{2-} ; г) N и O .

459. Хром образует соединения K_2CrO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Предскажите формулы: а) двух соединений, образованных элементами Na , Cr и O ; б) двух соединений, образованных элементами Na , W и O .

460. Исходя из положения стронция в Периодической системе, предскажите: а) химическую формулу его наиболее распространенного оксида; б) химическую формулу его наиболее распространенного хлорида; в) химическую формулу его наиболее распространенного гидрида; г) растворимость его гидрида в воде, а также среду полученного раствора; д) вид иона, образуемого стронцием в водном растворе.

Занимательная задача

Составьте «аналог» Периодической системы для восьми букв русского алфавита

Жз Ае В Б ав Г Ж б г д Е Дз.

В каком порядке их можно расположить? По какому признаку их можно объединить в одну группу?

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

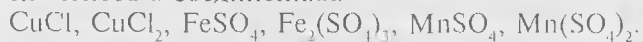
461. Водород в соединениях с неметаллами (кроме бора и кремния) проявляет степень окисления +1. Укажите степени окисления элементов в соединениях: HCl , H_2S , NH_3 и CH_4 .

462. Водород в соединениях с металлами, бором и кремнием проявляет степень окисления -1. Укажите степени окисления элементов в соединениях: NaNH_2 , KBH_4 , CaH_2 , B_2H_6 , SiH_4 .

463. Кислород, как правило, в соединениях с металлами и неметаллами проявляет степень окисления -2. В соединениях с фтором степень окисления кислорода +2, в пероксидах -1, в супероксидах $-1/2$, в озонидах $-1/3$. Укажите степени окисления элементов в соединениях:

- а) K_2O , CaO , Al_2O_3 ;
- б) CO_2 , N_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 ;
- в) OF_2 ;
- г) H_2O_2 , Na_2O , BaO_2 ;
- д) KO_2 , KO_3 .

464. Металлы в соединениях проявляют положительную степень окисления. Степень окисления металла, образующего катион, совпадает с его зарядом. Укажите степени окисления металлических элементов в соединениях:



465. Составьте формулы соединений с водородом, образованных следующими элементами (в скобках указана степень окисления):

- а) йод (-1), селен (-2), фосфор (-3), углерод (-4);
- б) цезий (+1), барий (+2), германий (+4).

466. Составьте формулы оксидов следующих элементов (в скобках указаны степени окисления):

литий (+1), магний (+2), бор (+3), углерод (+4), фосфор (+5), сера (+6), хлор (+7)

467. Фтор всегда проявляет степень окисления -1. Определите степени окисления ксенона в соединениях: XeF_2 , XeF_4 и XeF_6 .

468. Один и тот же элемент в соединениях может проявлять различные степени окисления. Укажите степени окисления элементов в соединениях:

- а) Cu_2O , CuO ;
- б) FeCl_2 , FeCl_3 ;
- в) N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 ;

469. В нитридах азот проявляет степень окисления -3, в карбидах углерод проявляет степень окисления -4.

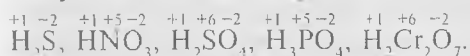
Составьте формулы:

- а) нитрида кальция и карбида кальция;
- б) нитрида алюминия и карбида алюминия.

470. Бертоллиды — это соединения переменного состава, в которых на один атом металла приходится разное, часто не целое, число атомов неметалла. Состав бертоллидов зависит от условий их получения. Так, анализ оксида титана TiO_x показал, что массовая доля кислорода в нем составляет 28,6%. Определите формулу оксида. Какую степень окисления проявляет титан?

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЖНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

471. Алгебраическая сумма степеней окисления всех элементов в химическом соединении равна нулю. Проверьте, выполняется ли это условие для молекул:



472. Определите степени окисления кислотообразующих элементов в кислотах:

- а) HNO_2 , HNO_3 ;
 б) H_2SO_3 , H_2SO_4 ;
 в) HClO , HClO_2 , HClO_3 , HClO_4 ;
 г) H_2CO_3 , H_2SiO_3 , H_4SiO_4 ;
 д) HPO_3 , H_3PO_4 , H_3PO_3 , H_3PO_2 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

473. Укажите степени окисления элементов, образующих соли:

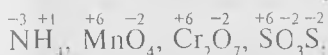
- а) KNO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$;
 б) K_2SO_4 , PbSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;
 в) KClO_3 , KMnO_4 , NaNO_2 ;
 г) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, $\text{KH}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

474. Определите степени окисления углерода в соединениях: CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , H_2CO , CO , CO_2 .

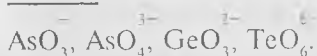
475. Определите степени окисления азота в соединениях: NH_3 , NH_4Cl , N_2H_4 , N_2H_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$.

476. Определите степени окисления серы в соединениях: NaHS , Na_2S , NaHSO_3 , NaHSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

477. Алгебраическая сумма степеней окисления всех элементов, входящих в состав иона, равна его заряду. Определите заряд ионов:



478. Укажите степени окисления элементов, образующих ионы:



479. Определите формулу: а) феррата (III) цинка ZnFe_xO_y ; б) феррата (III) лития $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_y\text{O}_z$.

480. В 1987 году учеными было открыто новое вещество, обладающее свойствами сверхпроводимости при 95К. В состав этого высокотемпературного проводника входят иттрий (+3) — массовая доля 13,95%, барий (+2) — 41,23%, кислород (-2) — 16,82%, и медь (+2 и +3) — 28,60%. Определите формулу вещества.

ПРЕДСКАЗАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую систему Д. И. Менделеева

481. Укажите высшую степень окисления элементов с атомными номерами 20, 13, 16 и 24, составьте химические формулы их оксидов и предскажите их кислотно-основные свойства.

482. Составьте химические формулы гидроксидов элементов с атомными номерами 20, 13, 16 и 24 в высших степенях окисления, укажите, какие из них являются кислотами, а какие основаниями.

483. Составьте формулы одноосновных кислот хлора в степенях окисления +1, +3, +5 и +7.

484. Составьте формулы: а) одно- и б) трехосновных кислородосодержащих кислот фосфора в степени окисления +5.

485. Составьте формулы одноосновных кислородосодержащих кислот азота в степенях окисления: а) +5; б) +3.

486. Составьте формулы двухосновных кислородосодержащих кислот серы в степенях окисления: а) +4; б) +6.

487. Как изменяются кислотно-основные свойства в рядах соединений:

а) K_2O , CaO , Ga_2O_3 , GeO_2 , As_2O_3 , SeO_2 ;

б) BeO , MgO , CaO , SrO , BaO , RaO ;

в) NaOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, H_2SiO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 , HClO_4 ?

488. Укажите, у какого из гидроксидов более выражены основные (кислотные) свойства:

а) $\text{Sn}(\text{OH})_2$ или $\text{Pb}(\text{OH})_2$;

б) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или $\text{Ba}(\text{OH})_2$;

в) $\text{Al}(\text{OH})_3$ или $\text{La}(\text{OH})_3$;

г) HClO или HClO_4 ;

- д) HClO , HBrO , HIO ;
е) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ или $\text{Al}(\text{OH})_3$.

489. Установите признак классификации веществ и определите, какое вещество нарушает закономерность:

- а) H_2 , He , N_2 , Ni ;
б) CaO , K_2O , CO_2 , MgO ;
в) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{La}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, NaOH ;

490. Д. И. Менделеев поместил уран в группе VI Периодической системы, так как было известно, что уран легко проявляет свою высшую степень окисления +6. Высший оксид урана только «наполовину» похож на такой же оксид хрома, он реагирует со щелочами, образуя соли двух типов. В то же время он способен реагировать с кислотами. Продукты таких реакций — соли, производные соответствующего двуокислотного гидроксида. Составьте уравнения реакций оксида урана (VI) с водным раствором аммиака, азотной кислотой. Назовите продукты реакций.

Для урана характерна также степень окисления +4. Охарактеризуйте химическую природу соединения U_3O_8 — основного компонента урановой руды.

ПРЕДСКАЗАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

При выполнении заданий этого раздела используйте Периодическую систему химических элементов:

491. Укажите высшую положительную и низшую отрицательную степени окисления: а) магния; б) ванадия; г) азота.

492. Постройте шкалу степеней окисления: а) магния; б) ванадия; г) азота.

493. Многие элементы, кроме высшей положительной и низшей отрицательной, могут проявлять так называемые «промежуточные» степени окисления. Определите степени окисления азота в следующих соединениях и нанесите их на шкалу степеней окисления: NH_4Cl , N_2H_4 , NH_2OH , N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , HNO_2 , HNO_3 .

494. В какой степени окисления: а) магний; б) ванадий; в) азот — проявляют только окислительные свойства; только восстановительные свойства; и окислительные и восстановительные свойства?

495. Укажите высшую и низшую степени окисления фосфора и составьте соответствующие формулы его соединений с водородом, литием, магнием, алюминием и кислородом.

496. Укажите высшую и низшую степень окисления серы и составьте соответствующие формулы ее соединений с водородом, натрием, кальцием, алюминием и кислородом.

497. Укажите низшую степень окисления элементов с номерами: 11, 16, 33 и 35. Приведите примеры соответствующих соединений.

498. Укажите высшую степень окисления элементов с номерами: 16, 17 и 23.

499. Укажите атомные номера элементов, образующих простые вещества с наиболее выраженными восстановительными свойствами: а) 19, 37 и 55; б) 30, 48 и 80; в) 17, 35 и 53.

500. Сравните попарно химическую активность простых веществ, образуемых элементами с атомными номерами: а) 18 и 54; б) 17 и 35; в) 12 и 20; г) 30 и 80.

СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

501. Изобразите структурные формулы соединений, в которых атом водорода образует только одну связь, атом углерода — четыре связи, атом азота — три связи, атом кислорода — две связи, атом хлора — одну связь: CH_4 , CCl_4 , NH_3 , NCl_3 , H_2O , HCl .

502. Изобразите электронно-точечные и структурные формулы молекул, укажите число связывающих и неподеленных пар электронов, а также кратность связи для F_2 , O_2 и N_2 .

503. Укажите число валентных электронов, а также число связывающих и неподеленных пар электронов в молекулах CH_4 , NH_3 и H_2O . Почему эти молекулы называют изоэлектронными?

504. Изобразите структурные формулы изоэлектронных соединений: CH_4 , NH_3 , H_2O , NH_4^+ и BF_3^- .

505. Изобразите электронно-точечные и структурные формулы молекул: CO_2 , CS_2 , COS .

506. Изобразите электронно-точечные и структурные формулы частиц: CH_3 , CN и NO . В чем особенность их электронного строения?

507. Изобразите структурные формулы молекул NH_3 и BF_3 . Для какой из них не выполняется правило октета? Выполняется ли правило октета для атомов в соединении состава $\text{H}_3\text{N} - \text{BF}_3$?

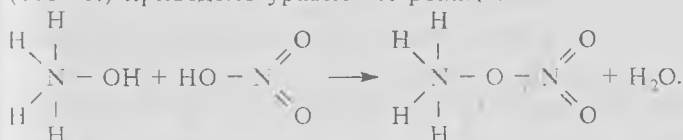
508. Атомы элементов третьего и следующих периодов часто не подчиняются правилу октета. Изобразите электронно-точечные и структурные формулы:

а) молекул PH_3 , PF_3 , H_2S и SF_2 ;

б) молекулы H_2SO_4 (предположите, что сера образует с двумя атомами кислорода двойные связи).

509. Объясните, почему существуют устойчивые соединения H_2O и H_3O^+ , NH_3 и NH_4^+ , соединение PH_4^+ неустойчиво, а CH_5^+ не существует.

510. В книге А. Смита «Введение в неорганическую химию» (1931 г.) приведено уравнение реакции



Какие аспекты строения и химического поведения аммиака и азотной кислоты это уравнение передает верно? Каким взглядам современной химической науки противоречат приведенные структурные формулы?

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ АТОМА

Выберите правильные утверждения:

511. Резерфорд, Гейгер и Марсен проводили эксперименты, в которых бомбардировали золотую фольгу пучком альфа-частиц. Они обнаружили, что:

- а) большая часть частиц резко изменяет направление своего движения;
- б) небольшая часть частиц незначительно изменяет направление своего движения;
- в) большая часть частиц незначительно изменяет направление своего движения;
- г) некоторые частицы резко изменяют направление своего движения, практически возвращаясь назад.

512. На основании результатов проведенных экспериментов Резерфорд пришел к выводу:

- а) положительные и отрицательные заряды в атоме распределены равномерно;

- б) положительные и отрицательные заряды в атоме распределены неравномерно;
- в) положительно заряженная часть атома имеет большие размеры и в ней сосредоточена практически вся масса атома;
- г) положительно заряженная часть атома чрезвычайно мала, в ней сосредоточена практически вся масса атома.

513. Теория атома Бора:

- а) успешно объяснила происхождение линий в спектре атомарного водорода;
- б) требует, чтобы энергия электрона в атоме принимала только определенные дискретные значения;
- в) требует, чтобы радиус боровской орбиты принимал только определенные дискретные значения;
- г) требует, чтобы энергия электрона в атоме была пропорциональна его скорости.

514. Какой вид имеет спектр испускания атомарного водорода:

- а) Случайным образом расположенные линии на всех частотах.
- б) Серии линий, расположенные на равных расстояниях друг от друга.
- в) Серии линий, расстояния между которыми в пределах серии уменьшаются по мере уменьшения длины волны.
- г) Серии линий, расстояния между которыми в пределах серии уменьшаются по мере увеличения длины волны?

515. Как возникает спектр испускания атомарного водорода:

- а) Электроны переходят на орбиты с высокими энергиями и испускают свет, когда возвращаются на орбиты с более низкими энергиями.
- б) Атомарный водород испускает свет, когда электроны переходят на орбиты с высокими энергиями.
- в) Атомарный водород поглощает свет, когда электроны переходят на орбиты с высокими энергиями.
- г) Электроны переходят на орбиты с более низкими энергиями и испускают свет, когда возвращаются на орбиты с более высокими энергиями?

516. Какой эксперимент подтвердил гипотезу де Бройля о волновых свойствах электрона:

- а) фотоэлектрический эффект;
- б) рассеяние альфа-частиц при прохождении через золотую фольгу;
- в) дифракция рентгеновских лучей;
- г) дифракция электронов?

517. Какое из представлений теории атома Бора противоречит представлениям квантовой механики:

- а) дискретные энергетические уровни атома;
- б) квантовые числа;
- в) круговые орбиты;
- г) дискретные значения момента количества движения?

518. На основе какого из представлений Эйнштейн объяснил фотоэлектрический эффект:

- а) корпускулярная природа электромагнитного излучения;
- б) волновая природа электромагнитного излучения;
- в) волновые свойства материи;
- г) принцип неопределенностей?

519. Какое из следующих утверждений верно:

- а) Космический корабль находится на заданной траектории.
- б) Электрон в атоме движется по траектории, имеющей форму «восьмерки».
- в) Электрон в атоме занимает 1s-орбиталь.
- г) Электрон в атоме имеет круговую орбиту?

520. Установите соответствие. Квантовое число определяет...

- | | |
|----------|--|
| а) n | а) пространственную ориентацию спинового момента; |
| б) l | б) пространственную ориентацию орбитали; |
| в) m_l | в) форму орбитали; |
| г) m_s | г) энергию электрона в отсутствие магнитного поля. |

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНФИГУРАЦИИ АТОМОВ

При выполнении заданий этого раздела не рекомендуется использовать Периодическую систему химических элементов

521. Расположите энергетические подуровни в порядке их заполнения:

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| а) $2p, 3p, 2s, 3s$; | б) $3p, 3d, 4s, 4p$; |
| в) $4d, 5s, 5p, 6s$; | г) $4f, 5s, 5p, 4d, 6s$. |

522. В каких периодах, группах и подгруппах расположены элементы, имеющие в основном состоянии электронные конфигурации:

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| а) $[\text{He}] 2s^2 2p^3$; | б) $[\text{Ar}] 3d^2 4s^2$; |
| в) $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^2$; | г) $[\text{Kr}] 4d^{10}$; |
| д) $[\text{Xe}] 4f^2 6s^2$. | |

523. Назовите место элемента в Периодической системе, если его атом в основном состоянии имеет фрагмент электронной конфигурации:

- $$\begin{array}{ll} \text{a)} \dots 2p^6; & \text{б)} \dots 3d^5 4s^1; \\ \text{в)} \dots 4p^1; & \text{г)} \dots 4d^{10} 5s^1; \\ \text{д)} \dots 4f^6 6s^2 & \end{array}$$

524. Электронные конфигурации атомов в возбужденных состояниях имеют вид:

- a) $[\text{Ne}]3s^13p^33d^2$;
б) $[\text{Ar}]3d^{10}4s^14p^2$;
в) $[\text{Kr}]3d^{10}5s^15p^3$.

Запишите электронные конфигурации соответствующих атомов в основном состоянии.

525. Укажите, какие из следующих электронных конфигураций относятся к основному, а какие — к возбужденному состоянию атома:

- а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$; б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^2$;
в) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3d^{10} 4s^2 4p^8 5s^2 5p^2$ г) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^8 5s^2 5p^2$

526. Атомы элементов одной из подгрупп в основном состоянии имеют строение внешнего энергетического уровня $\dots ns^2 np^4$. Дайте общую характеристику группы.

527. Опишите закономерности изменения основных атомных характеристик для ряда элементов с атомными номерами от 6 до 13.

528. Укажите атомные номера элементов, которые являются полными электронными аналогами элементов с атомными номерами 37, 32, 41, 53 и 86.

529. Запишите электронные конфигурации атомов химических элементов с атомными номерами: 7, 21, 24, 25, 29, 35, 47, 57 и 63.

530. Укажите, относится ли электронная конфигурация к нейтральному атому, его положительному иону, его отрицательному иону:

- $$\begin{array}{ll} \text{a) } N = 3 & 1s^2 2p^1; \\ \text{б) } N = 1 & 1s^2; \\ \text{в) } N = 16 & 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1; \\ \text{г) } N = 6 & 1s^2 2s^1 2p^3; \\ \text{д) } N = 7 & 1s^2 2s^1 2p^1. \end{array}$$

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ДИАГРАММЫ

531. Расположите приведенные значения энергии (в Дж) на энергетической диаграмме: -5 , -3 , -1 , 0 , $+2$, $+4$. Чему равно расстояние между энергетическими уровнями?

532. Постройте энергетическую диаграмму, если энергия принимает значения (в Дж): -1 , -2 , -4 , -7 , -11 , -16 . Поставьте в соответствие каждому уровню значение квантового числа n . Как изменяются расстояния между уровнями при увеличении n ?

533. Энергия электрона в атоме водорода (в Дж) принимает значения: $-2,18 \cdot 10^{-18}$, $-5,45 \cdot 10^{-19}$, $-2,42 \cdot 10^{-19}$; $-1,36 \cdot 10^{-19}$, $-8,69 \cdot 10^{-20}$, $-6,74 \cdot 10^{-20}$, ... Постройте энергетическую диаграмму поставьте в соответствие каждому уровню значение квантового числа n . Как изменяются расстояния между уровнями при увеличении n ?

534. Расположите энергетические подуровни многоэлектронного атома в порядке возрастания их энергии. Постройте энергетическую диаграмму: а) для элементов первого периода; б) для элементов второго периода Периодической системы.

535. Распределите три электрона на:
а) $1s$ - и $2s$ -; б) $2s$ - и $2p$ - подуровнях.

536. Распределите на $2p$ - подуровне 1, 2, 3, 4, 5 и 6 электронов.

537. Постройте энергетические диаграммы для атомов: С, N, O, Ne. Запишите их электронные конфигурации.

538. Постройте энергетические диаграммы для ионов:
 H^+ , H^- , He_2^+ , Li^+ , Be^{2+} .

539. Объясните, почему:

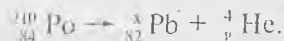
- а) вторая энергия ионизации Mg больше его первой энергии ионизации;
- б) вторая энергия ионизации Na значительно больше второй энергии ионизации Mg;
- в) первая энергия ионизации Cs меньше первой энергии ионизации Li.

540. Расшифруйте буквенные обозначения элементов, для которых в таблице приведены значения первой (I_1), второй (I_2) и третьей (I_3) энергии ионизации, если известно, что среди элементов имеются натрий, барий, алюминий, хлор и аргон.

Элемент	Энергия ионизации, кДж/моль		
	I_1	I_2	I_3
А	700	1200	1650
Б	1200	2200	3700
В	1600	2800	4100
Г	500	4600	7000
Д	550	1000	5200

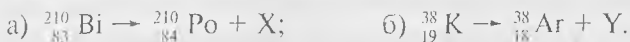
ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

541. Превращение полония в свинец сопровождается альфа-излучением:



Чему равны нуклонное число ${}_{82}^x\text{Pb}$ и протонное число ${}_2^4\text{He}$?

542. Какие частицы испускаются при следующих превращениях:



543. Атомные ядра легких элементов могут сливаться, образуя ядра более тяжелых элементов, например:



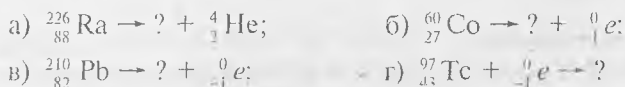
Назовите частицы, участвующие в этом превращении.

544. Элементы с атомными номерами 93 и больше не встречаются в природе. Их получают искусственно при помощи ядерных реакций, например:



Назовите элементы X и Y.

545. Заполните пропуски в следующих схемах ядерных превращений:



546. Составьте схемы следующих ядерных реакций:

- а) при бомбардировке бериллия-9 α -частицами образуется элемент с атомным номером 6;
- б) при бомбардировке алюминия α -частицами образуется кремний-30 и атомы еще одного элемента;
- в) бор-10 захватывает нейтрон, превращаясь в другой устойчивый нуклид бора;
- г) при бомбардировке лития-7 протонами образуются α -частицы.

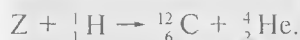
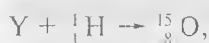
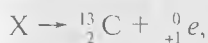
547. Период полураспада некоторого радиоактивного элемента равен 1 час. Какое время потребуется для превращения: а) 1 г данного вещества в 0,5 г; б) 30 г в 15 г; в) 10 т в 5 т; г) 4 мг в 2 мг?

548. История профессора Э. Сегре.

«У нас были веские основания думать, что молибден после бомбардировки его ядрами дейтерия должен превратиться в элемент с номером 43, который теперь называют технецием. Молибден имеет в своем ядре 42 протона. Ядро дейтерия состоит из одного протона

и одного нейтрона. В ядре атома технеция, очевидно, должно быть 43 протона. Логично было ожидать, что ядро дейтерия оставит 1 протон в ядре молибдена, превратив его в технеций». Составьте схему ядерной реакции, о которой идет речь в тексте.

549. Большинство наблюдаемых звезд, включая Солнце, представляют собой устойчивые газообразные шары. Они мало изменяются в течение многих миллионов лет. Их существование поддерживается главным образом углерод — азот — кислородным циклом выделения энергии, или просто углеродным циклом. Этот цикл соответствует медленному превращению водорода в гелий в результате серии ядерных реакций:



Расшифруйте X, Y и Z. Составьте суммарную схему превращения водорода в гелий. Почему углеродный цикл часто называют термоядерной реакцией?

550. В 1996 г. группа ученых из ФРГ, России, Словакии и Финляндии сообщила о синтезе элемента № 112 (Unb) при бомбардировке ядрами цинка-70 мишени, изготовленной из свинца-208. Они получили один атом Unb с атомной массой 277 а.е.м. Просуществовав 280 микросекунд, он претерпел α -распад. Составьте схемы ядерных превращений, о которых идет речь в задаче. Запишите электронную конфигурацию атома Unb.

Занимательное задание

Возьмите небольшие предметы двух цветов, например, черные шашки (протоны) и белые шашки (нейтроны). Сложите из них модели, атомных ядер протия, дейтерия, трития, гелия-4, лития-7, углерода-12.

Общее количество шашек — 32 (черных — 16, белых — 16). Какое самое тяжелое ядро можно сложить из них? Какому элементу оно соответствует?

Можно ли считать сконструированную вами модель атомного ядра удачной? Каким свойствам реальных атомных ядер она противоречит?

ДЕФЕКТ МАССЫ, ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ ЯДРА

При решении задач этого раздела используйте справочные данные (табл. 6 Приложения).

551. Вычислите суммарную массу частиц (в а. е. м.), из которых состоит атом: а) железа — $^{56}_{26}\text{Fe}$; б) дейтерия, ^2_1H ; в) кислорода-16, $^{16}_8\text{O}$; г) менделевия — $^{255}_{101}\text{Md}$.

552. Используя экспериментально наблюдаемые атомные массы нуклидов (в а. е. м.):

$^{56}_{26}\text{Fe}$ — 55,9349; ^2_1H — 2,014; $^{16}_8\text{O}$ — 15,99491; $^{255}_{101}\text{Md}$ — 255,0906, а также результаты, полученные в задаче 551, вычислите дефект массы для атома: а) железа-56, $^{56}_{26}\text{Fe}$; б) дейтерия, ^2_1H ; в) кислорода-16, $^{16}_8\text{O}$; г) менделевия-255, $^{255}_{101}\text{Md}$. Куда исчезла «недостающая» масса вещества?

553. Вычислите энергию (в джоулях), в которую может превратиться масса, равная 1 а. е. м. (Не округляйте значения фундаментальных физических постоянных).

554. Вычислите энергию связи ядра (в джоулях) для атома: а) железа-56, $^{56}_{26}\text{Fe}$; б) дейтерия, ^2_1H ; в) кислорода-16, $^{16}_8\text{O}$; г) менделевия-255, $^{255}_{101}\text{Md}$.

555. Энергии связи, выраженные в джоулях, малы, пользоваться ими неудобно, поэтому их принято выражать в мегаэлектронвольтах ($1\text{МэВ} = 10^6\text{эВ}$). Используя соотношение $1\text{эВ} = 1,60219 \cdot 10^{-19}\text{Дж}$, покажите, что масса, равная 1 а. е. м. эквивалентна 931,5 МэВ.

556. Вычислите энергию связи (в МэВ), а также энергию связи (в МэВ), приходящуюся на один нуклон в ядре (удельная энергия связи) для атома: а) железа-56, $^{56}_{26}\text{Fe}$; б) дейтерия, ^2_1H ; в) кислорода-16, $^{16}_8\text{O}$; г) менделевия-255, $^{255}_{101}\text{Md}$.

557. Чем больше энергия связи, приходящаяся на один нуклон, тем больше устойчивость ядра. Известно, что наибольшей устойчивостью обладают нуклиды, нуклонное число которых около 60. Подтвердите этот факт расчетом энергии связи на один нуклон для $^{56}_{26}\text{Fe}$ ($m = 55,9349$ а. е. м.); $^{59}_{27}\text{Co}$ ($m = 58,9332$ а. е. м.); $^{59}_{28}\text{Ni}$ ($m = 58,934$ а. е. м.); $^{64}_{29}\text{Cu}$ ($m = 63,930$ а. е. м.).

558. Для того чтобы разложить 1 моль воды на водород и кислород, нужно затратить 286 кДж. Переведите это количество энергии в эВ в расчете на одну молекулу воды (задача 555). Сравните полученный вами результат с ядерными энергиями (задача 556). Почему для химических реакций законы сохранения массы и энергии рассматриваются независимо?

559. При делении одного атома урана-235 выделяется энергия около 200 МэВ. Какая энергия (в Дж) выделяется при делении: а) урана-235 массой 1 г; б) урана-235 массой 1 кг?

560. При бета-распаде углерода-14 образуется азот-14. Уменьшение массы в этой реакции равно 0,00168 а. е. м. Теплота сгорания 1 моль метана равна 495 кДж. Какое количество вещества метана следует сжечь для того, чтобы получить такое же количество энергии, какое выделяется при ядерном распаде 1 моль атомов углерода-14.

Литературная задача

О каком законе природы идет речь в поэме Тита Лукреция Кара:

Ибо не может ничто из материи прочь
отделиться,
Бывши в нее включено, напротив, не
могут ворваться
Новые силы в нее, при посредстве
которых возможно
Переначить природу вещей и порядок
движенья

КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

ОКСИДЫ: НОМЕНКЛАТУРА, СОСТАВ И СТРОЕНИЕ

561. Укажите формулы веществ, которые относятся к оксидам: NaF , Na_2O , CaC_2 , CaO , CH_4 , H_2O , Cr_2O_3 , O_3 , OF_2 .

562. Укажите формулы веществ, которые относятся к а) оксидам; б) пероксидам:

H_2O , Cr_2O_3 , K_2O_2 , Na_2O , CO , NO , BaO_2 , BaO , KO_3 , OF_2 , Na_2O_2 .

563. Составьте формулы оксидов элементов (в скобках указана их валентность):

Cs(I) , Ca(II) , B(III) , Si(IV) , As(V) , W(VI) , Mn(VII) , Os(VIII)

564. Приведите тривиальные (бытовые) названия следующих оксидов: H_2O , CO_2 , CO , CaO , Al_2O_3 , SO_2 , SO_3 .

565. Как составляют названия оксидов по правилам химической номенклатуры? Назовите оксиды:

а) Cu_2O , CuO , FeO , Fe_2O_3 , CrO , Cr_2O_3 , CrO_3 , указав валентность образующего оксид элемента;

б) CO , CO_2 , SO_2 , SO_3 , MnO_2 , указав число атомов кислорода в оксиде.

566. Изобразите структурные формулы: оксида водорода, пероксида водорода, диоксида углерода, триоксида серы.

567. В каком из оксидов: Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 массовая доля кислорода наименьшая?

568. Определите молекулярную формулу вещества, если по данным количественного анализа оно содержит по массе 57 % О и 43 % С. Относительная плотность вещества по водороду равна 14.

569. Известны два оксида серы: в первом массовая доля серы составляет 0,50, а молекулярная масса второго в 1,25 раз больше молекулярной массы первого. Составьте их формулы.

570. Азот образует пять различных соединений с кислородом, в которых на 1 г азота приходится соответственно 0,572; 1,14; 1,73; 2,28 и 2,85 г кислорода. Покажите, что массы азота в этих окси-

дах относятся друг к другу как 1 : 2 : 3 : 4 : 5. Составьте формулы оксидов и приведите их названия. Как согласуется закон постоянства состава с наличием у одного и того же элемента оксидов различного состава?

ОКСИДЫ: ПОЛУЧЕНИЕ

571. На воздухе оставили кусочек угля, серы и красного фосфора. Что произойдет с ними через несколько месяцев? Что произойдет, если: а) в пробирку с кислородом внести раскаленный уголек; б) в пробирку с кислородом внести расплавленную серу; в) поджечь красный фосфор на воздухе? Напишите уравнения соответствующих реакций.

572. Смесь кислорода и метана поместили в закрытую колбу. Что произойдет с ними через несколько лет? Что произойдет, если внести в колбу зажженную спичку? Напишите уравнение соответствующей реакции.

573. Некоторые металлы горят в кислороде. Напишите уравнения сгорания: а) магния на воздухе; б) железа на воздухе (в избытке и недостатке кислорода).

574. Угарный газ очень ядовит, смертельная доза CO в воздухе составляет 0,2 %. Он образуется при сжигании угля при недостатке кислорода. А какой газ образуется при сжигании угля при избытке кислорода? Напишите уравнения соответствующих реакций.

575. Белый фосфор сожгли: а) при недостатке кислорода; б) при избытке кислорода. Будут ли отличаться продукты реакции? Напишите уравнения соответствующих реакций.

576. Составьте уравнения следующих реакций:

- а) карбонат магния $MgCO_3$ при нагревании разлагается на два оксида;
- б) карбонат кальция $CaCO_3$ при нагревании разлагается на два оксида;
- в) основной карбонат меди $(CuOH)_2CO_3$ при нагревании разлагается на три оксида.

577. Оксид бария можно получить:

- а) при разложении пероксида бария BaO_2 , при этом образуется кислород;
- б) при разложении нитрата бария $Ba(NO_3)_2$, при этом образуется диоксид азота NO_2 и кислород.

Составьте уравнения соответствующих реакций.

578. Продуктами сгорания органических веществ является углекислый газ и вода. Составьте уравнения реакций, которые происходят при горении на воздухе: спирта C_2H_5OH , глюкозы $C_6H_{12}O_6$, бензина C_mH_n .

579. При полном сгорании 6,4 г простого вещества А образовалось 12,8 г состава AO_2 . Назовите А.

580. При прокаливании 8,0 г оксида состава AO , получили оксид состава A_2O , при этом выделилось 560 мл кислорода (при н. у.). Назовите А.

ОКСИДЫ: ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

581. Известно, что оксиды SO_2 и CO могут реагировать с кислородом, а оксиды SO_3 и CO_2 — нет. Объясните, почему. Составьте уравнения соответствующих реакций.

582. Известны оксиды, легко разлагающиеся при небольшом нагревании: оксид серебра (I), оксид ртути (II), при этом образуются металлы и выделяется кислород. Составьте уравнения соответствующих реакций.

583. При растворении оксида кальция в воде выделяется большое количество теплоты. Также много теплоты выделяется при растворении в воде триоксида серы. Как отразить эти факты в уравнениях соответствующих реакций?

584. Составьте уравнения реакций взаимодействия оксидов с водой:

Na_2O , BaO , P_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 .

585. Нелетучий оксид кремния SiO_2 при сильном нагревании может реагировать с солью — карбонатом натрия Na_2CO_3 , образуя новую соль и новый оксид. Составьте уравнение соответствующей реакции.

586. Некоторые металлы получают, восстанавливая их оксиды водородом: CuO , GeO_2 , WO_3 . Напишите уравнения соответствующих реакций.

587. Кремний можно получить, восстанавливая его оксид коксом, а бор — восстанавливая его оксид магнием. Составьте уравнения соответствующих реакций.

588. Определите, атомы какого элемента окисляются, а какого — восстанавливаются в следующих реакциях:

- а) $4\text{Li} + \text{O}_2 = 2\text{Li}_2\text{O}$;
 б) $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$;
 в) $2\text{HgO} = 2\text{Hg} + \text{O}_2$;
 г) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$.

Составьте электронные уравнения полуреакций окисления и восстановления.

589. Укажите оксиды:

CO , Fe_2O_3 , CO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , NO , FeO , SO_2 , H_2O , NO_2 , Ag_2O , CaO , SO_3 , HgO , CrO_3

- а) газообразные при обычных условиях;
 б) твердые при обычных условиях;
 в) жидкие при обычных условиях;
 г) не имеющие запаха;
 д) имеющие резкий запах;
 е) не имеющие окраски;
 ж) имеющие окраску;
 з) устойчивые к нагреванию до высоких температур;
 и) неустойчивые при нагревании;
 к) образующие при нагревании другие оксиды;
 л) бурно реагирующие с водой;
 м) незначительно реагирующие с водой;
 н) не реагирующие с водой.

590. Алюмотермия широко используется для получения таких металлов, как хром и железо. Восстановление оксидов алюминием протекает с большим выделением теплоты. Составьте термохимические уравнения соответствующих реакций, если восстановление 1 моль оксида хрома (III) сопровождается выделением 536 кДж, а 1 моль оксида железа (III) — выделением 854 кДж. Во сколько раз масса одного оксида должна отличаться от массы другого для того, чтобы их восстановление сопровождалось выделением одинакового количества теплоты?

ОСНОВАНИЯ

591. Составьте формулы оснований, соответствующие следующим оксидам металлов: Na_2O , K_2O , MgO , CaO , CuO , FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 . Приведите их название и укажите, какие из них растворимы, малорастворимы или практически нерастворимы в воде:

592. Какие из приведенных веществ вступают в реакцию с водой: Na , BaO , Fe , Fe_2O_3 , H_2SO_4 , NaOH , Ca , Zn , S , SO_3 , CO_2 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

593. В чем различие между терминами «основание» и «щелочь»? Какой из терминов охватывает большее число соединений? Как получают щелочи? Приведите соответствующие примеры.

594. Как получают нерастворимые в воде основания? Составьте уравнения следующих реакций:



595. Нерастворимые основания при нагревании легко теряют воду. Какие соединения образуются при разложении: $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$? Составьте уравнения соответствующих реакций.

596. Юный Химик к раствору сульфата меди (II) голубого цвета прилил бесцветный раствор гидроксида натрия. Выпал голубой осадок. Юный Химик его отфильтровал, а затем пробирку с осадком нагрел на пламени горелки. Осадок стал черным. Составьте уравнения реакций, которые наблюдал Юный Химик. Укажите, к какому типу они относятся.

597. Если кипятить магний с водой, подкрашенной лакмусом в красный цвет, то окраска раствора вскоре из красной становится синей. Объясните, почему. Составьте уравнение соответствующей реакции.

598. Какие гидроксиды можно получить, исходя из меди, магния, кислорода и воды? Составьте уравнения соответствующих реакций.

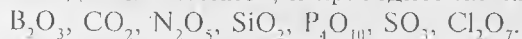
599. Составьте формулы соединений, массовые доли элементов в которых составляют:



600. При взаимодействии 9,2 г неизвестного металла А с водой выделился водород и образовалось 16 г гидроксида. Назовите металл.

КИСЛОТЫ

601. Составьте формулы кислот, соответствующие следующим оксидам неметаллов, и приведите их названия:



602. Составьте формулы кислот, соответствующие следующим кислотным остаткам (в скобках указана их валентность):

$\text{MnO}_1(\text{I})$, $\text{MnO}_4(\text{II})$, $\text{SO}_3(\text{II})$, $\text{SO}_4(\text{II})$, $\text{AsO}_3(\text{I})$, $\text{AsO}_4(\text{III})$, $\text{ClO}_4(\text{I})$, $\text{ClO}_3(\text{I})$, $\text{ClO}_2(\text{I})$, $\text{ClO}(\text{I})$.

603. Укажите валентность и степень окисления кислотообразующего элемента, а также укажите номер группы Периодической системы, в которой он расположен:

H_2CO_3 , H_2SiO_3 , HNO_3 , H_3PO_4 , H_3AsO_4 , H_2SO_4 , HClO_4 .

604. Юный Химик приготовил в двух колбах раствор кислоты и раствор щелочи, однако забыл подписать колбы. Помогите ему определить, где находится кислота, а где щелочь. Для этого заполните следующую таблицу и сделайте правильный вывод.

Индикатор	Окраска индикатора		
	в воде	в растворе кислоты	в растворе щелочи
Лакмус	?	?	?
Метилоранж	?	?	?
Фенолфталеин	?	?	?

605. Как можно получить бескислородные кислоты: HCl , H_2S ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

606. Как можно получить кислородсодержащие кислоты. H_2SO_4 , H_3PO_4 , HMnO_4 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

607. Составьте уравнения взаимодействия хлороводородной кислоты с: а) металлическим цинком; б) оксидом цинка; в) гидроксидом цинка.

608. Какие из металлов вытесняют водород из разбавленных кислот:

Ca , Al , Fe , Cu , Ag .

Составьте уравнения соответствующих реакций: а) с хлороводородной; б) с серной кислотой.

609. Укажите кислоты:

HBr , H_2SO_4 , HNO_3 , H_2S , H_3PO_4 , HMnO_4 , HI .

а) бескислородные; б) кислородсодержащие; в) одноосновные; г) двухосновные; д) трехосновные.

610. Для того чтобы характеризовать кислотность растворов недостаточно чисто качественных характеристик: «более кислый», «менее кислый». Количественной характеристикой кислотности раствора является показатель pH (читается пэ-аш).

Величина рН изменяется от 0 до 14. Растворы с $\text{pH} < 7$ считают кислыми, с $\text{pH} = 7$ — нейтральными, с $\text{pH} > 7$ — щелочными. Чем меньше рН, тем больше кислотность раствора.

В двух пробирках без надписей находятся растворы веществ. В пробирке № 1 рН раствора равен 12,4, а в пробирке № 2 — 2,3. В пробирках могли находиться: чистая вода, гидроксид натрия, хлорид натрия, серная кислота. Какой раствор находится в пробирке № 1, а какой — в пробирке № 2?

СОЛИ

611. В промышленности, технике, медицине и быту часто используют тривиальные названия солей и минералов:

NaHCO_3 — питьевая сода,

Na_2CO_3 — кальцинированная (стиральная) сода,

CaCO_3 — мел, мрамор, известняк,

MgCO_3 — доломит,

K_2CO_3 — поташ,

HgCl_2 — сулема,

HgCl — каломель,

KNO_3 — калийная селитра,

NaNO_3 — натриевая селитра,

NH_4NO_3 — аммиачная селитра,

AgNO_3 — ляпис,

NaCl — поваренная соль.

Приведите химические названия солей и укажите, где они применяются.

612. Составьте формулы следующих солей: хлорид калия, йодид натрия, сульфид магния, нитрат свинца, сульфат бария.

613. Какие соли образуются при сливании растворов, содержащих:

а) 1 моль NaOH и 1 моль HNO_3 ;

б) 1 моль NaOH и 1 моль H_2SO_4 ;

в) 2 моль NaOH и 1 моль H_2SO_4 .

614. Укажите средние и кислые соли:

FeSO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , Ag_2CrO_4 , Na_3PO_4 , CaHPO_4 .

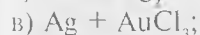
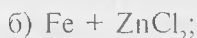
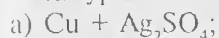
Приведите названия кислых солей.

615. Составьте уравнения всех возможных реакций нейтрализации, которые могут протекать с участием следующих веществ: H_3PO_4 , KOH , Ca(OH)_2 , HCl , H_2SO_4 , NaOH .

616. Как можно получить хлорид магния, исходя из: а) магния; б) оксида магния; в) гидроксида магния? Составьте уравнения соответствующих реакций

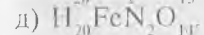
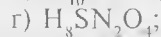
617. Как можно получить сульфат цинка, исходя из: а) цинка; б) оксида цинка; в) гидроксида цинка? Составьте уравнения соответствующих реакций.

618. В каких случаях произойдут химические реакции? Составьте их уравнения.



619. В два сосуда с голубым раствором сульфата меди (II) поместили: в первый — железную пластинку, а во второй — серебряную. В каком сосуде цвет раствора постепенно исчезнет? Напишите уравнение соответствующей реакции.

620. В результате химического анализа установлены эмпирические формулы:



Составьте химические формулы этих соединений, приведите их названия и укажите принадлежность к определенному классу соединений.

ОКСИДЫ: КИСЛОТНЫЕ, ОСНОВНЫЕ, АМФОТЕРНЫЕ

621. Какие оксиды называют основными? Составьте уравнения следующих реакций:



622. Какие оксиды называют кислотными? Составьте уравнения следующих реакций:



623. Укажите, какие из формул соответствуют кислотным, а какие основным оксидам?



624. Какие оксиды называются амфотерными? Составьте уравнения следующих реакций:

- а) $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = ? + ?$;
 б) $\text{ZnO} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = ?$ (в водном растворе);
 в) $\text{ZnO} + \text{NaOH} \stackrel{+}{=} ? + ?$ (при сплавлении).

625. Составьте уравнения химических реакций:

- а) между оксидом алюминия и раствором щелочи NaOH ;
 б) между оксидом алюминия и твердой щелочью NaOH при сплавлении.

626. Юный Химик получил оксид редкого металла лантана La_2O_3 . Предложите эксперимент, который бы позволил Юному Химику доказать свойства оксида (основные, кислотные, амфотерные).

627. Какие из предложенных оксидов могут реагировать между собой:

Na_2O , CaO , SiO_2 , SO_3 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

628. Между какими парами веществ возможны реакции нейтрализации: CO_2 , Ca(OH)_2 , MgO , HCl , Fe(OH)_3 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

629. Оксид железа Fe_3O_4 можно рассматривать как смешанный оксид железа (II) и железа (III) $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Составьте формулы смешанных оксидов:

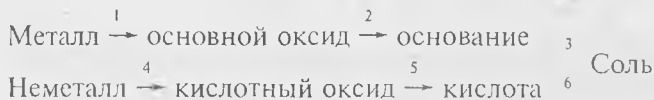
- а) оксида свинца (II) и оксида свинца (IV);
 б) оксида марганца (II) и оксида марганца (IV);
 в) оксида урана (IV) и два оксида урана (VI).

630. Согласно современным представлениям оксид Fe_3O_4 можно рассматривать не только как смешанный оксид $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, но и как соль $\text{Fe}(\text{FeO}_2)_2$. Какие соли отвечают смешанным оксидам: $\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2$, $\text{MnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$, $\text{UO}_2 \cdot 2\text{UO}_3$? Напишите их формулы.

СВЯЗЬ МЕЖДУ КЛАССАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

631. Укажите формулы кислот, оснований, солей и оксидов: Fe(OH)_3 , K_2SO_4 , CaBr_2 , CuO , SO_3 , H_2SO_4 , NaOH , CO_2 , HCl , FeCl_3 , HNO_3 , PbO , Mg(OH)_2 , Na_3PO_4 , HClO_4 .

632. Приведите примеры уравнений реакций, по которым можно осуществить следующие превращения: $\rightarrow$



633. Составьте цепочку возможных превращений веществ, аналогичную приведенной в задаче 632:

а) $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Ca , CaO , S , H_2SO_4 , SO_3 , CaSO_4 ;

б) $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$, P , BaO , P_2O_5 , Ba , H_3PO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

634. Укажите, какие вещества реагируют с серной кислотой: диоксид серы, оксид железа (II), хлороводородная кислота, магний, хлорид калия, диоксид углерода. Составьте уравнения соответствующих реакций.

635. Укажите, какие вещества реагируют с гидроксидом калия: диоксид серы, оксид железа (II), хлороводородная кислота, магний, хлорид калия, диоксид углерода. Составьте уравнения соответствующих реакций.

636. Как можно получить оксид железа (III), гидроксид бария и сульфат меди, исходя из: оксида бария, сульфата железа (III), воды, серной кислоты, оксида меди (II)? Составьте уравнения соответствующих реакций.

637. Приведите примеры образования кислот из: а) двух газообразных веществ; б) газообразного и жидкого вещества; в) твердого и жидкого вещества; г) двух жидких веществ.

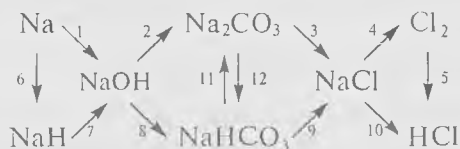
638. Приведите примеры образования солей из: а) двух твердых веществ; б) твердого и газообразного; в) двух газообразных веществ; г) двух твердых веществ, растворенных в воде.

639. Какие новые вещества можно получить из простых веществ: водорода, кислорода, углерода, хлора и кальция? Составьте уравнения возможных реакций.

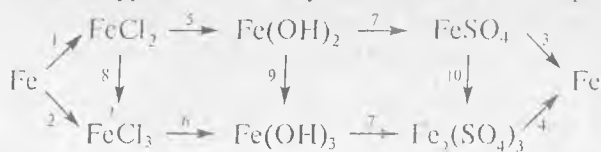
640. Как из трех простых веществ: калия, серы и кислорода получить три кислоты, три средние соли, три кислые соли? Составьте уравнения соответствующих реакций.

ЦЕПОЧКИ ПРЕВРАЩЕНИЙ

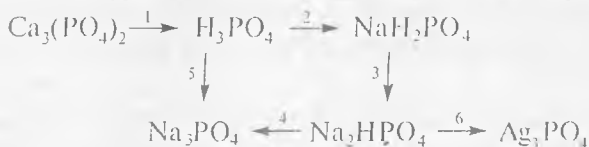
641. Составьте уравнения следующих химических превращений:



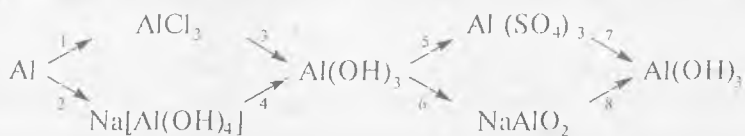
642. Составьте уравнения следующих химических превращений:



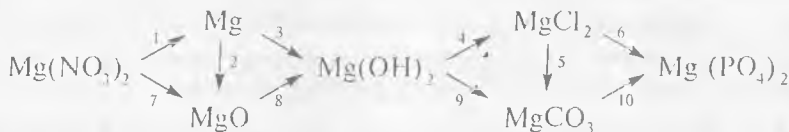
643. Составьте уравнения следующих химических превращений:



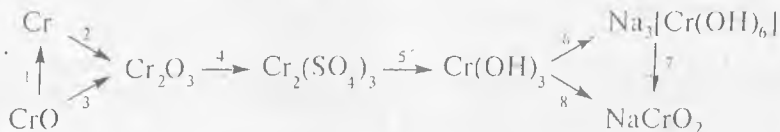
644. Составьте уравнения следующих химических превращений:



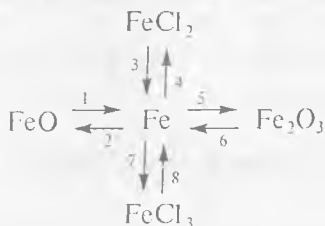
645. Составьте уравнения следующих химических превращений:



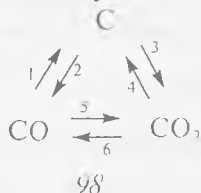
646. Составьте уравнения следующих химических превращений:



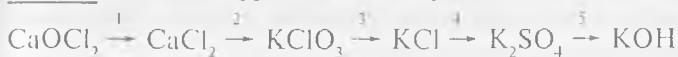
647. Составьте уравнения следующих химических превращений:



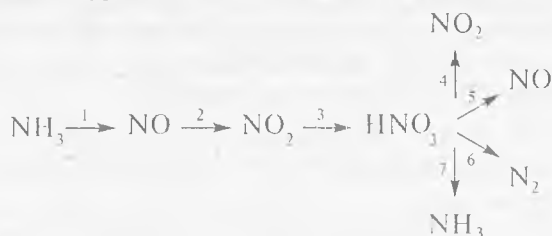
648. Составьте уравнения следующих химических превращений:



649. Составьте уравнения следующих химических превращений:



650. Составьте уравнения следующих химических превращений:



КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ

Для каждого задания этого раздела составьте уравнение соответствующей качественной реакции.

651. Как можно обнаружить сероводород?

652. Как можно обнаружить сернистый газ (диоксид серы)?

653. Как можно обнаружить аммиак?

654. Как можно обнаружить в растворе ион аммония NH_4^+ ?

655. Как можно обнаружить карбонаты?

656. Как можно обнаружить в растворе хлорид-ионы Cl^- ?

657. Как можно обнаружить в растворе сульфат-ионы SO_4^{2-} ?

658. Как можно обнаружить азотную кислоту?

659. Как можно обнаружить фосфорную кислоту?

660. Как можно обнаружить: а) ионы железа (III); б) ионы железа (II)?

РАСПОЗНАВАНИЕ ВЕЩЕСТВ

661. Юный Химик бросил кусочки магния, натрия и серебра в три пробирки, но забыл их подписать. Предложите, как можно распознать металлы, используя чистую холодную воду, соляную кислоту и лакмус. Напишите уравнения соответствующих реакций.

662. В лаборатории в трех герметически закрытых сосудах хранили оксиды кальция, магния и кремния, однако надписи на со-

судах со временем стерлись. Предложите, как можно распознать вещества, используя воду, соляную кислоту и лакмус. Напишите уравнения соответствующих реакций.

663. В двух пробирках без надписей хранятся серная и соляная кислота. Предложите, как можно распознать кислоты, используя реактивы: хлорид бария, нитрат серебра, азотная кислота. Напишите уравнения соответствующих реакций.

664. В пробирках без надписей хранятся растворы сульфата калия, хлорида бария, карбоната калия и соляной кислоты. Предложите, как можно распознать вещества, не используя других реактивов. Напишите уравнения соответствующих реакций.

665. В пробирках без надписей содержатся: оксид кальция, гидроксид натрия, оксид цинка, хлорид бария, оксид фосфора (V), оксид кремния (IV). Предложите, как определить содержание каждой пробирки, используя воду, соляную кислоту и лакмус. Напишите уравнения соответствующих реакций.

666. В двух пробирках без надписей находятся растворы сульфата алюминия и гидроксида натрия. Как распознать вещества, не используя никаких других реактивов? Напишите уравнения соответствующих реакций.

667. В шести пронумерованных пробирках находятся растворы солей: NaNO_3 , CuCl_2 , Na_2SO_4 , K_2CO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, CaCl_2 .

Известно, что при сливании растворов 1 и 3, 2 и 3, 1 и 6, 2 и 6, 4 и 6 выпадают осадки. Действие раствора нитрата серебра вызывает появление осадков в растворах 2, 4 и 6, а после предварительного упаривания и в растворе 3. При действии хлорида бария выпадают осадки в растворах 3 и 6. При добавлении металлической меди и соляной кислоты реагируют растворы 1, 5 и 6, причем растворы 1 и 5 приобретают ту же окраску, какую первоначально имел раствор 4. Укажите, в какой пробирке находится каждое из названных веществ. Напишите уравнения соответствующих реакций.

668. Юный Химик прочитал в алхимической рукописи: «Я нашел в горах непрозрачный зеленый камень и решил узнать, можно ли из него получить какой-нибудь металл. Я раздробил его, смешал с углем и стал нагревать. Сначала камень почернел, а затем в тех местах, где он соприкасался с раскаленным углем, блеснул металл красного цвета, я собрал кусочки металла и вновь нагрел их, металл потускнел». Юный Химик рассмеялся: «Непрозрачный зеленый камень известен всем, кто читал сказку о хозяйке Медной горы».

Составьте уравнения реакций, о которых идет речь в алхимической рукописи.

669. Юный Химик прочитал в алхимической рукописи:

- а) при сильном нагревании белая магnezия превращается в жженую магnezию, причем масса жженой магnezии почти в 2 раза меньше, чем масса взятой белой магnezии;
- б) при обработке белой магnezии серной кислотой происходит сильное вскипание и образуется эпсомская соль;
- в) жженная магnezия с серной кислотой дает ту же соль, но без вскипания;
- г) если на эпсомскую соль подействовать поташом, то выпадет осадок белой магnezии, из раствора же выпариванием можно выделить купоросный камень;
- д) при действии серной кислотой на поташ происходит вскипание и образуется купоросный камень;
- е) едкое кали с серной кислотой также дает купоросный камень, но без вскипания.

Юный Химик знал, какой металл назван в честь Магнесии, древнего города в Малой Азии, поэтому он легко составил шесть уравнений химических реакций. Какие уравнения он написал?

670. В пробирках без этикеток находятся безводные соли: хлорид натрия, сульфат лития, сульфат рубидия, хлорид бария, карбонат натрия, хлорид магния. Предложите простейшие химические способы определения каждой из солей в лаборатории без использования других реактивов, кроме воды. Составьте уравнения соответствующих реакций.

АБВГДейки

671. При взаимодействии кальция с простым веществом А образуется вещество Б, при взаимодействии которого с жидким веществом В образуется вещество Г. Это же вещество Г образуется при непосредственном взаимодействии кальция с веществом В, при этом также выделяется газообразное вещество Д, которое при взаимодействии с веществом А образует вещество В. Расшифруйте вещества и напишите уравнения соответствующих реакций.

672. При взаимодействии двух простых веществ: А — твердого, блестящего с красноватым оттенком и Б — газообразного, желто-зеленого цвета, с удушающим запахом образуется новое веще-

ство В, водный раствор которого имеет голубую окраску. При электролизе этого раствора вновь образуются вещества А и Б. Расшифруйте вещества и напишите уравнения соответствующих реакций.

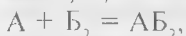
673. При электролизе расплава белого кристаллического вещества А образуются простые вещества Б и В. Вещество Б активно взаимодействует с водой, образуя вещество С, при этом выделяется газ Д, который на свету реагирует с веществом В, образуя вещество Е. Вещество С вступает в реакцию с веществом Е, при этом образуется вещество А и вода. Вещество А окрашивает пламя горелки в желтый цвет.

Расшифруйте вещества и напишите уравнения соответствующих реакций.

674. Твердое желтого цвета вещество А, взаимодействуя с газом Б без цвета и запаха, дает бесцветный с резким запахом газ В. Этот газ в присутствии катализатора реагирует с избытком газа Б, образуя твердое при обычных условиях вещество Д. При растворении вещества Д в воде образуется минеральная кислота С, способная обугливать органические вещества.

Расшифруйте вещества и напишите уравнения соответствующих реакций.

675. Три элемента Периодической системы обозначены буквами А, Б, В. Свойства этих элементов описываются превращениями:



Расшифруйте элементы и напишите уравнения соответствующих реакций.

676. На вещество А действовали серной кислотой, при этом выделился бесцветный газ Б с резким запахом. Газ Б пропустили через окрашенный водный раствор простого жидкого вещества В. Окраска раствора при этом исчезла. При добавлении к полученному раствору соли бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в кислотах. При пропускании же через полученный бесцветный раствор желто-зеленого газа Г вновь появляется окраска и образуется вещество В.

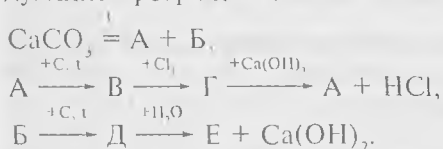
Вещество А окрашивает пламя горелки в желтый цвет.

Расшифруйте вещества и напишите уравнения соответствующих реакций.

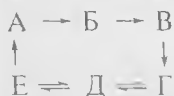
677. При сгорании простого вещества А желтого цвета получается газ Б с резким запахом. Этот же газ получается при обжиге пирига В. При действии кислоты на вещество Г, в состав которого входят элементы, содержащиеся в В (но в другом массовом отношении), выделяется газ Д с запахом тухлых яиц. При растворении газа Б в воде образовалось 100 г раствора кислоты Е. При пропускании избытка газа Д через раствор образовавшейся кислоты Е выпал осадок А массой 8 г.

Расшифруйте вещества и напишите уравнения соответствующих реакций. Определите массовую долю полученной кислоты в растворе.

678. Расшифруйте вещества, свойства которых описывают следующие превращения:

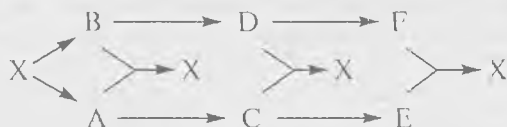


679. С помощью каких реакций можно осуществить превращения по схеме:



при условии, что А — простое вещество, а Б, В, Г, Д и Е — сложные вещества, содержащие элемент А?

680. Предложите два примера неорганических соединений, для которых можно осуществить превращения по следующей схеме:



ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ

681. Составьте уравнения электролитической диссоциации кислот:

- а) HCl , H_2S ;
б) HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 .

682. Составьте уравнения электролитической диссоциации оснований:

- а) KOH , RbOH ;
б) Ba(OH)_2 , Sr(OH)_2 .

683. Составьте уравнения электролитической диссоциации солей:

а) KBr , RbCl , CaCl_2 ;

б) NaNO_3 , Na_2SO_4 , Na_3PO_4 .

684. Какие ионы содержатся в водных растворах:

а) бромид магния; б) сульфата железа (II); в) сульфата железа (III);

г) гидроксида кальция.

685. Напишите формулы веществ, распающихся в водном растворе на ионы: а) K^+ и CrO_4^{2-} ; б) H^+ и I^- ; в) Fe^{2+} и NO_3^- ; г) Al^{3+} и SO_4^{2-} .

686. Представьте в виде уравнений последовательные ступени диссоциации в водном растворе кислот: а) H_2S ; б) H_2SO_4 ; в) H_3AsO_4 .

687. Представьте в виде уравнений последовательные ступени диссоциации в водном растворе оснований:

а) $\text{Fe}(\text{OH})_2$; б) $\text{Cu}(\text{OH})_2$; в) $\text{Al}(\text{OH})_3$.

688. Как диссоциируют кислые соли? Составьте уравнения электролитической диссоциации кислых солей: а) гидрокарбоната натрия; б) гидрокарбоната кальция; в) гидрофосфата натрия; г) дигидрофосфата натрия.

689. Как диссоциируют основные соли? Составьте уравнения электролитической диссоциации основных солей: а) хлорида гидроксомеди; б) сульфата гидроксомеди; в) хлорида гидроксоалюминия; г) хлорида дигидроксоалюминия.

690. Из четырех элементов — железо, хлор, кислород и водород — составьте формулы двух оснований, трех основных солей и двух средних солей. Составьте уравнения диссоциации солей.

СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

691. Какие из перечисленных жидкостей проводят электрический ток: а) водный раствор хлорида натрия; б) водный раствор сахара; в) дистиллированная вода; г) водный раствор азотной кислоты; д) раствор кислорода в воде?

692. Объясните, почему:

а) безводный жидкий фтороводород не проводит электрический ток, а его водный раствор проводит;

б) безводная серная кислота не проводит электрический ток, а 20 % раствор серной кислоты проводит.

693. Объясните, почему:

- а) раствор хлороводорода в воде проводит электрический ток и действует на цинк;
- б) раствор хлороводорода в бензоле не проводит электрический ток и не действует на цинк.

694. К какому классу неорганических соединений принадлежит вещество А, если:

- а) его водный раствор хорошо проводит электрический ток и не изменяет окраску раствора лакмуса;
- б) его водный раствор хорошо проводит электрический ток и при добавлении лакмуса окрашивается в красный цвет;
- в) его водный раствор хорошо проводит электрический ток и при добавлении фенолфталеина окрашивается в малиновый цвет?

695. Раствор сульфата калия не имеет окраски. Каким ионом вызвана окраска раствора соли:

- а) сульфата меди (II) — синий цвет;
- б) перманганата калия — фиолетово-красный цвет.

696. Поваренная соль — хлорид натрия — употребляется в пищу, в то время как хлорид ртути (II) ядовит. С каким ионом связана токсичность этой соли?

697. Объясните, почему:

- а) йод окрашивает крахмал в синий цвет, а йодид калия нет;
- б) раствор брома в воде имеет красно-бурую окраску, а раствор бромида калия бесцветен.

698. Назовите процессы, которые описываются следующими уравнениями:

- а) $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$;
- б) $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$;
- в) $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$;
- г) $\text{Na}^+ + n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}(\text{H}_2\text{O})_n^+$.

699. Минеральная лечебно-столовая вода «Миргородская» содержит ионы: Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Растворением каких солей в дистиллированной воде можно получить раствор, содержащий эти ионы?

700. В каждой паре укажите частицу, которая может присутствовать в растворе в качестве растворенного вещества, объясните, почему:

- а) SO_3 или SO_3^{2-} ;
- б) Cl^- или Cl_2 ;
- в) Са или Ca^{2+} ;
- г) S или S^{2-} .

СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ. СТЕПЕНЬ ДИССОЦИИАЦИИ

701. Для наиболее распространенных электролитов определены степени диссоциации в одномолярных водных растворах при 18° С. Укажите среди них сильные, средние и слабые электролиты: HBr (89,9 %); HCl (87,6 %); HI (90,1 %); HNO_3 (82,0 %); H_3PO_4 (17,0 %); H_2S (0,07 %); H_2SO_4 (51,0 %); HCN (0,01 %); H_2CO_3 (0,17 %); CH_3COOH (0,4 %); Ca(OH)_2 (78,0 %); KOH (77,0 %); $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,4 %); NaOH (73,0 %).

702. Составьте уравнения электролитической диссоциации в водных растворах электролитов: HI , HCN , H_2CO_3 , Ca(OH)_2 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Для сильных электролитов в уравнениях используйте символ « $\longrightarrow$ », для слабых — « $\rightleftharpoons$ ».

703. Из миллиарда молекул электролита в водном растворе 40 миллионов распалось на ионы. Вычислите степень диссоциации электролита.

704. Из каждых 500000 молекул электролита 8000 распадается на ионы. Вычислите степень диссоциации такого электролита.

705. Степень диссоциации электролита АВ составляет 60 %. Вычислите число ионов A^+ , содержащихся в 100 мл раствора с молярной концентрацией АВ равной 0,25 моль/л.

706. Концентрация ионов A^- в 0,1 моль/л растворе слабой кислоты НА равна 0,0017 моль/л. Вычислите степень диссоциации кислоты.

707. Степень диссоциации некоторой слабой кислоты НА α равна 20 % при молярной концентрации $c(\text{НА})$ в растворе 0,5 моль/л. Вычислите концентрации ионов и молекул в растворе.

708. Каких частиц растворенного в воде вещества больше: а) молекул H_2S , или ионов H^+ , или ионов S^{2-} или ионов HS^- ; б) молекул H_2SO_4 , или ионов H^+ , или ионов SO_4^{2-} или ионов HSO_4^- ?

709. Каких частиц больше в 50 %-ном водном растворе уксусной кислоты CH_3COOH :

а) молекул CH_3COOH ; б) молекул H_2O ; в) ионов H^+ ; г) ионов CH_3COO^- ?

710. Как изменяется сила кислот в рядах:

а) H_3PO_4 , H_2SO_4 и HClO_4 ;

б) H_4TiO_4 , H_3VO_4 , H_2CrO_4 и HMnO_4 ?

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ИОНАМИ В РАСТВОРЕ

711. После растворения в воде трех солей раствор содержит 0,25 моль ионов Mg^{2+} , 1 моль ионов K^+ , 0,5 моль Cl^- и 0,5 моль ионов SO_4^{2-} . Какие соли были растворены?

712. В воде растворили 1 моль сульфата железа (III), 2 моль нитрата алюминия, 3 моль хлорида кальция и 4 моль гидроксида натрия. Какое из соединений при растворении в воде дает наибольшее число ионов?

713. Приготовили 10 %-ные водные растворы солей хлорида натрия, сульфата лития и нитрата бария. Масса каждого раствора 100 г. Вычислите число ионов в каждом растворе.

714. Степень электролитической диссоциации воды $1,8 \cdot 10^{-7} \%$. Вычислите число ионов, содержащихся в 1 мл воды.

715. В 0,5 л раствора содержится 560 мл хлороводорода (при н. у.) и 0,8775 г хлорида натрия. Какие ионы и в каких концентрациях присутствуют в растворе?

716. Какие ионы и в каком количестве имеются в растворе, содержащем 11,1 г хлорида кальция и 7,45 г хлорида калия?

717. В каком из двух растворов объемом 1 л содержится большее число ионов: 0,5 моль/л Na_3PO_4 или 1,0 моль/л $CuSO_4$?

718. Степень диссоциации слабой кислоты X равна α , начальная концентрация кислоты c_0 . Чему равна концентрация катионов водорода в 0,1 моль/л растворе сильных кислот: если X HА, H_2B и H_3C ?

719. Степень диссоциации слабой кислоты X равна α , начальная концентрация кислоты c_0 . Чему равна концентрация катионов водорода в растворе, если X = HА, H_2B и H_3C ?

720. Сдвинуть состояние химического равновесия в растворе можно, изменив концентрацию одного из веществ — участников процесса диссоциации. Как изменится степень диссоциации уксусной кислоты при добавлении в раствор: а) ацетата натрия; б) серной кислоты?

ИОННО-МОЛЕКУЛЯРНЫЕ УРАВНЕНИЯ РЕАКЦИЙ

При выполнении заданий этого раздела используйте таблицу растворимости (табл. 7) и ряд уменьшения силы кислот (табл. 8 Приложения).

721. Укажите, какие ионы не могут одновременно находиться в водном растворе в заметных количествах:

а) Na^+ и SO_4^{2-} ; б) Na^+ и HCO_3^- ; в) H^+ и CO_3^{2-} ; г) H^+ и S^{2-} .

722. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций в водных растворах между:

- а) гидроксидом лития и хлороводородной кислотой;
- б) карбонатом калия и серной кислотой;
- в) нитратом серебра и хлоридом бария;
- г) сульфатом натрия и нитратом бария;
- д) фосфорной кислотой и карбонатом натрия;
- е) нитратом свинца и сероводородной кислотой.

723. Попарно сливают растворы, содержащие:

а) AgNO_3 и K_3PO_4 ; б) CuCl_2 и KOH ; в) LiOH и HBr ; г) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ и K_2SO_4 . Укажите, в каких случаях идут реакции с образованием осадка. Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

724. Попарно сливают растворы, содержащие:

а) NaOH и HNO_3 ; б) HCl и $\text{Ba}(\text{OH})_2$; в) MgCl_2 и AgNO_3 ; г) KOH и H_3PO_4 . Укажите, в каких случаях идет реакция с образованием воды. Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

725. Попарно сливают растворы, содержащие:

а) Na_2CO_3 и HBr ; б) NaOH и H_2SO_4 ; в) FeS и HCl ; г) K_2CO_3 и HNO_3 . Укажите, в каких случаях идут реакции с образованием газа. Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

726. Составьте уравнения реакций в молекулярной форме, если известны ионно-молекулярные уравнения:

- а) $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3\downarrow$;
- б) $\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;
- в) $\text{ZnS}\downarrow + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$;
- г) $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$.

727. Заполните пропуски в ионно-молекулярных уравнениях:

- а) $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + ? = \text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow + ? = [\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$;
- в) $\text{Mn}^{2+} + ? = \text{MnS}\downarrow$;
- г) $\text{HCO}_3^- + ? = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

728. При сливании двух неизвестных растворов получен раствор, содержащий только ионы K^+ и Cl^- . Приведите примеры пяти пар исходных веществ, необходимых для получения такого раство-

ра. Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

729. Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнение реакции между: а) сульфатом свинца и раствором гидроксида калия, взятом в избытке; б) между дигидрофосфатом калия, взятом в избытке, и гидроксидом натрия.

730. Объясните, почему тепловые эффекты реакций между кислотами и основаниями, указанными в таблице, совпадают.

Кислота	Щелочь	Тепловой эффект, кДж/моль
HCl	NaOH	56
HCl	KOH	56
HNO ₃	LiOH	56

ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

При выполнении заданий этого раздела используйте данные таблицы 9 (см. Приложение).

731. Укажите цвет лакмуса в растворах:

а) хлорида калия; б) нитрата натрия; в) нитрата алюминия; г) карбоната натрия.

732. Составьте уравнения реакций гидролиза в ионно-молекулярной форме для солей: Na_2SO_3 , CuCl_2 , KCN , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

733. Составьте уравнения реакций гидролиза в ионно-молекулярной и молекулярной формах для солей: Na_2CO_3 , NaHCO_3 , AlCl_3 , AlOHCl_2 .

734. Укажите среду — кислая, нейтральная или щелочная — в водных растворах солей:

а) Na_3PO_4 , K_2SO_3 , K_2CO_3 ;
б) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.

735. Составьте уравнения полного гидролиза солей: Al_2S_3 и $\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$.

736. При сливании водных растворов карбоната натрия и хлорида железа (III) образовался осадок и выделился газ. Составьте уравнение соответствующей реакции в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

737. Как влияет температура на гидролиз солей? Что будет наблюдаться при кипячении водного раствора:

а) хлорида аммония; б) сульфида натрия?

738. Объясните, почему при разбавлении водного раствора хлорида сурьмы SbCl_3 выпадает белый осадок SbOCl . Составьте уравнения соответствующих реакций.

739. Составьте уравнения разложения гидратов: $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{SnCl}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

740. Два сосуда одинакового объема заполнили при нормальных условиях: один — аммиаком, другой — хлороводородом. После этого оба сосуда полностью заполнили водой. Из каждого сосуда взяли по 100 мл раствора и растворы смешали. Какой будет среда образовавшегося раствора — кислой или щелочной?

КОНСТАНТА ДИССОЦИАЦИИ

При выполнении заданий этого раздела используйте справочные данные (табл. 10 Приложенияч).

741. Составьте выражения для констант диссоциации серной кислоты по первой и второй ступени, выпишите из таблицы численные значения констант. К каким кислотам — сильным или слабым — относится серная кислота?

742. Как изменяется сила кислот в ряду: HF , CH_3COOH , HCN ? Составьте выражение для констант диссоциации, выпишите из таблицы их численные значения.

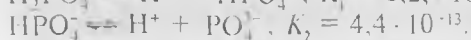
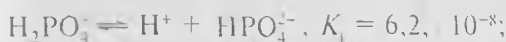
743. В скобках указаны значения констант диссоциации трех кислот: $\text{HA}(10^3)$, $\text{HB}(10^{-3})$, $\text{HC}(1,0)$. Расположите кислоты в порядке убывания их силы.

744. Составьте выражения для констант полной диссоциации кислот: HNO_2 , H_2CO_3 и H_3AsO_4 . Какую размерность имеет каждая константа?

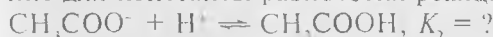
745. Вычислите константу диссоциации аммиака в воде, если равновесные концентрации равны: $[\text{NH}_4^+] = 1,3 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $[\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}] = 0,1$ моль/л.

746. Вычислите константу диссоциации хлорноватистой кислоты в водном растворе, если равновесные концентрации равны: $[\text{HClO}] = 0,02$ моль/л, $[\text{H}^+] = [\text{ClO}^-] = 4,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

747. Уравнения химических реакций можно: а) складывать; б) умножать на определенное число; в) менять местами левые и правые части, т.е. преобразовывать как алгебраические уравнения. Как меняются при этом константы равновесия? Рассмотрите на следующих примерах:

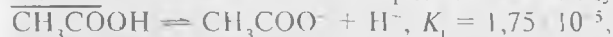


748. Запишите уравнение диссоциации уксусной кислоты и составьте выражение для константы диссоциации. Численное значение этой константы равно $K_1 = 1,75 \cdot 10^{-5}$. Составьте выражение для константы равновесия реакции:



и вычислите значение K_2 .

749. Известны константы равновесия следующих реакций:

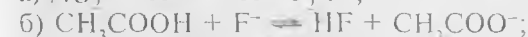


Вычислите константу равновесия реакции



В сторону какой реакции — прямой или обратной — сдвинуто это равновесие?

750. Используя данные таблицы 10, вычислите константы равновесия следующих реакций:



ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОГО БАЛАНСА

751. Укажите, к какому типу относятся следующие химические реакции:

- а) $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$;
 б) $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$;
 в) $2\text{KMnO}_4 = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$;
 г) $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + 2\text{NaCl}$?

Какие из них являются окислительно-восстановительными реакциями?

752. Укажите, какие элементы изменяют степени окисления в следующих реакциях:

- а) $2\text{HgO} = 2\text{Hg} + \text{O}_2$; б) $2\text{NaI} + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + 2\text{NaCl}$;
 в) $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$; г) $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$.

753. Укажите, какие элементы окисляются, а какие — восстанавливаются в химических реакциях:

- а) $4\text{NH}_3 + \text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;
 б) $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 = 2\text{FeO}_3 + 4\text{SO}_2$;
 в) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$;
 г) $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$;
 д) $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$.

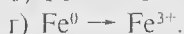
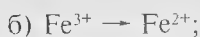
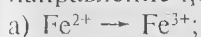
754. Укажите, какое число электронов переносится от одних элементов к другим в реакциях:

- а) $2\text{Na} + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}$; б) $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$;
 в) $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$; г) $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$.

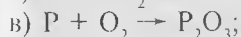
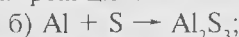
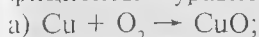
755. Составьте уравнения полуреакций окисления и восстановления, укажите окислитель и восстановитель для следующих окислительно-восстановительных реакций:

- а) $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$;
 б) $2\text{FeCl}_3 + \text{Hg} = 2\text{FeCl}_2 + \text{HgCl}_2$;
 в) $\text{CuCl}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + 2\text{HCl}$;
 г) $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$.

756. Какие из следующих схем соответствуют процессам окисления, а какие — восстановления? Для каждого процесса укажите направление перехода электронов.



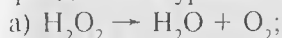
757. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



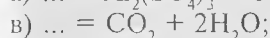
758. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



759. Используя метод электронного баланса, подберите коэффициенты в уравнениях следующих реакций:



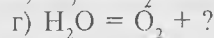
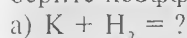
760. Юный Химик нашел разорванный конспект. Помогите ему восстановить записи, если сохранились только правые части уравнений реакций:



ОКИСЛИТЕЛИ И ВОССТАНОВИТЕЛИ

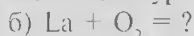
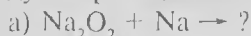
При выполнении заданий этого раздела подберите коэффициенты в уравнениях реакций методом электронного баланса.

761. Постройте шкалу степеней окисления водорода. В каких соединениях водород проявляет только окислительные; только восстановительные, и окислительные и восстановительные свойства: NaH , H_2 , H_2O , HCl ? Предскажите продукты реакций и подберите коэффициенты в уравнениях:



762. Постройте шкалу степеней окисления кислорода. В каких соединениях кислород проявляет только окислительные, только восстановительные, и окислительные и восстановительные свой-

ства: H_2O , H_2O_2 , O_2 , OF_2 , CaO , CO_2 , Na_2O_2 , BaO_2 ? Предскажите продукты реакций и подберите коэффициенты в уравнениях:



763. В бинарных соединениях железо проявляет только две степени окисления +2 и +3, причем более устойчивы соединения в степени окисления железа +3. Постройте шкалу степеней окисления железа. В каких соединениях железо проявляет только окислительные, только восстановительные, и окислительные и восстановительные свойства: FeCl_2 , FeCl_3 , Fe ? Предскажите продукт реакции и подберите коэффициенты:

$$\text{FeCl}_2 + \text{Fe} = ?$$

764. Укажите, какие из соединений являются окислителями, а какие восстановителями, объясните ваш выбор: PbO_2 , KI , Na_2S , Li_3N , Zn , OF_2 , Cl_2O , KClO_3 , KMnO_4 , F_2 .

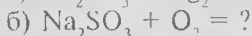
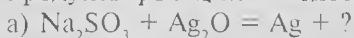
765. В каждой паре укажите частицу, которая является более сильным восстановителем, объясните ваш выбор:

а) Na или Ag ; б) Mg или Cu ; в) Zn или Pb ; г) Li или Cs ; д) Cl^- или I^- .

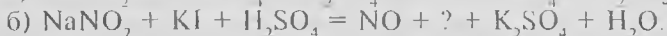
766. В каждой паре укажите частицу, которая является более сильным окислителем, объясните ваш выбор:

а) K^+ или Ag^+ ; б) Al^{3+} или Cu^{2+} ; в) Hg^{2+} или Ca^{2+} ; г) I_2 или Cl_2 ; д) O_2 или S .

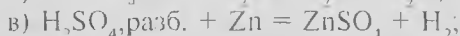
767. Сульфит натрия может выступать как в роли восстановителя, так и в роли окислителя. Объясните, почему. Предскажите продукты реакций и подберите коэффициенты:



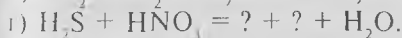
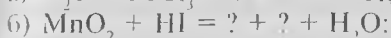
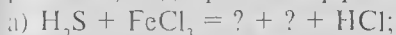
768. Нитрит натрия может выступать как в роли окислителя, так и в роли восстановителя. Объясните, почему. Предскажите продукты и подберите коэффициенты:



769. Укажите, по какому элементу проявляют окислительные свойства соединения в следующих реакциях:



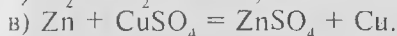
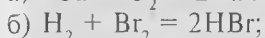
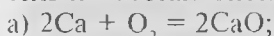
770. Предскажите продукты окислительно-восстановительных реакций, подберите коэффициенты в уравнениях:



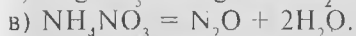
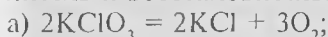
КЛАССИФИКАЦИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

При выполнении заданий этого раздела подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса.

771. Какие реакции относятся к межмолекулярным окислительно-восстановительным? Укажите тип реакций, назовите окислитель и восстановитель:



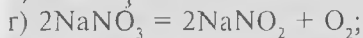
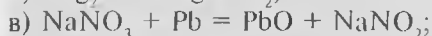
772. Какие реакции относятся к внутримолекулярным окислительно-восстановительным? Укажите тип реакций, назовите окислитель и восстановитель:



773. Какие реакции называются реакциями диспропорционирования? Укажите тип реакций, назовите окислитель и восстановитель:



774. Укажите, к какому типу относятся окислительно-восстановительные реакции:



775. Постройте шкалу степеней окисления серы и расположите на ней соли Na_2SO_3 , Na_2S и Na_2SO_4 . Какая из солей при нагре-

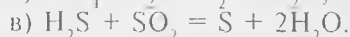
вании диспропорционирует? Составьте уравнение соответствующей реакции, подберите коэффициенты.

776. Постройте шкалу степеней окисления азота и расположите на ней оксиды N_2O_3 , NO и NO_2 . Какой из оксидов диспропорционирует при комнатной температуре? Составьте уравнение соответствующей реакции, подберите коэффициенты.

777. Оксиды азота N_2O_5 , NO_2 и N_2O разлагаются при нагревании с выделением кислорода. Составьте уравнения соответствующих реакций, укажите их тип.

778. Нитраты щелочных металлов разлагаются с образованием нитритов и кислорода; нитраты щелочно-земельных и тяжелых металлов, оксиды которых устойчивы термически, разлагаются с образованием оксида металла, диоксида азота и кислорода; нитраты малоактивных металлов, оксиды которых термически неустойчивы, разлагаются с образованием металла, диоксида азота и кислорода. Составьте уравнения реакций разложения нитратов $NaNO_3$, $Ni(NO_3)_2$ и $AgNO_3$, укажите их тип.

779. В реакциях синпропорционирования атомы одного и того же элемента в разных степенях окисления в исходных реагентах переходят в одинаковую степень окисления. Укажите тип реакций, назовите окислитель и восстановитель, подберите коэффициенты:

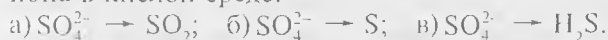


780. Оксид неметалла при растворении в воде образует, как правило, одну кислоту. Оксид какого неметалла при растворении образует две кислоты? Составьте уравнение соответствующей реакции, укажите ее тип.

СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОГО БАЛАНСА

При выполнении заданий этого раздела подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионного баланса.

781. Составьте уравнения полуреакций восстановления сульфат-иона в кислой среде:



782. Составьте уравнения полуреакций окисления сульфит-иона:

- а) $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ (кислая среда);
- б) $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ (нейтральная среда);
- в) $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ (щелочная среда).

783. Составьте уравнения полуреакций окисления и восстановления, а также суммарное уравнение окислительно-восстановительной реакции для следующих пар превращений:

- а) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ и $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ (кислая среда);
- б) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ и $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$ (кислая среда).

784. Составьте уравнения полуреакций окисления и восстановления, а также суммарное уравнение окислительно-восстановительной реакции для следующих пар превращений:

- а) $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ и $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ (кислая среда);
- б) $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ и $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ (кислая среда).

785. Подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций:

- а) $\text{Al} + \text{HCl} = \text{AlCl}_3 + \text{H}_2$;
- б) $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$.

786. Подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций:

- а) $\text{MnO}_2 + \text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

787. Подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций:

- а) $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} = \text{NaClO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} = \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

788. Подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций:

- а) $\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2$;
- б) $\text{P} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + \text{NaH}_2\text{PO}_2$.

789. Подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций:

- а) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} = \text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{S} + \text{KOH}$.

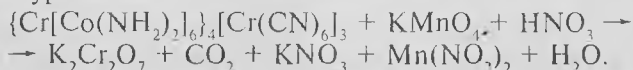
790. Двое учеников получили задание записать уравнение реакции между перманганатом калия и пероксидом водорода в кислой среде. Они записали:



$6\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + 9\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{MnSO}_4 + 10\text{H}_2\text{O} + 8\text{O}_2$.
Учитель оценил знания обоих учеников как неудовлетворительные.
Объясните, почему.

Занимательное задание

Приведенное ниже уравнение окислительно-восстановительной реакции является рекордным с точки зрения величины стехиометрических коэффициентов. Попробуйте подобрать коэффициенты в уравнении:



(Для того чтобы вы могли проверить решение, укажем сумму всех коэффициентов в уравнении, она равна 8600).

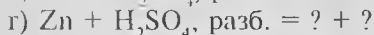
СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ КИСЛОТАМИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

При выполнении заданий этого раздела подберите коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса или методом электронно-ионного баланса.

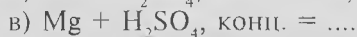
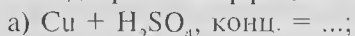
791. Какие кислоты называют «кислотами-окислителями»? Укажите, какие из кислот относятся к кислотам-окислителям, а какие — к неокислителям:

HNO_3 (концентрированная), HNO_3 (разбавленная), H_2SO_4 (концентрированная), H_2SO_4 (разбавленная), H_3PO_4 , H_2CO_3 , HClO , HClO_3 .

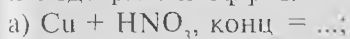
792. Как реагируют кислоты-неокислители с металлами? Какие металлы не вытесняют водород из кислот? Предскажите продукты реакций, составьте уравнения и подберите коэффициенты:



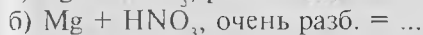
793. Как реагируют металлы с концентрированной серной кислотой? Предскажите продукты реакций, составьте уравнения и подберите коэффициенты:



794. Как реагируют металлы с концентрированной азотной кислотой? Предскажите продукты реакций, составьте уравнения и подберите коэффициенты:



795. Как реагируют металлы с разбавленной и очень разбавленной азотной кислотой? Предскажите продукты реакций, составьте уравнения и подберите коэффициенты.



796. Какое явление называют пассивированием металлов? Что происходит в момент контакта с холодной концентрированной азотной кислотой таких металлов, как алюминий, железо и хром? Предскажите продукты реакции, составьте уравнение и подберите коэффициенты:

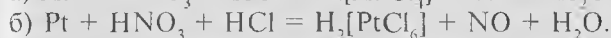
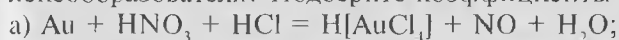


где $\text{X} = \text{Al}, \text{Fe}$ и Cr .

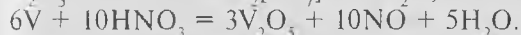
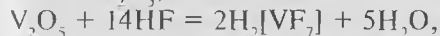
797. Как реагируют кислородсодержащие кислоты галогенов с металлами? Предскажите продукты реакции, составьте уравнение и подберите коэффициенты:



798. Как взаимодействуют малоактивные металлы со смесью концентрированных азотной и соляной кислот (царская водка)? Как из кислот выполняет функции окислителя, а какая — комплексообразователя? Подберите коэффициенты в уравнениях:



799. Ванадий растворяется в смеси азотной и плавиковой кислот. Плавиковая кислота растворяет поверхностную пленку ванадия — V_2O_5 , а азотная окисляет поверхность металла:



Составьте уравнение суммарного процесса:



и подберите коэффициенты.

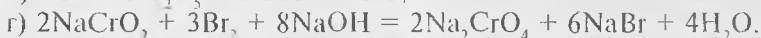
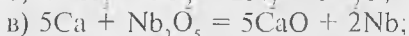
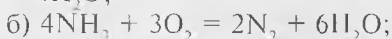
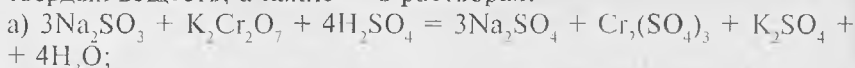
800. Согласно экспериментальным данным при взаимодействии 12,5 %-ной азотной кислоты с марганцем выделяет смесь газов, которая содержит 86% водорода, 13% — оксида азота NO и 1% оксида диазота N_2O . Газовая смесь, выделяющаяся при взаимодействии 25 %-ной азотной кислоты с марганцем, содержит 40 % во-

дорода, 39 % — оксида NO, 20 % оксида N_2O и следы NO_2 . Составьте уравнения соответствующих реакций и подберите стехиометрические коэффициенты.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА ПРОТЕКАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ

При выполнении заданий этого раздела подберите коэффициенты в уравнения окислительно-восстановительных реакций в газообразном состоянии и с участием твердых веществ методом электронного баланса, а реакций в растворах — методом электронно-ионного баланса.

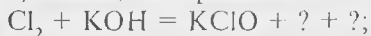
801. Укажите, какие из окислительно-восстановительных реакций протекают в газообразном состоянии, какие — с участием твердых веществ, а какие — в растворах?



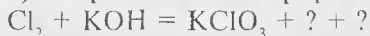
802. С водой реагируют щелочные, щелочно-земельные металлы, а также магний (с горячей водой) и алюминий (чистый, освобожденный от оксидной пленки), при этом выделяется водород и образуется соответствующий гидроксид. Некоторые металлы вступают в реакцию с водой (точнее с водяным паром) только при высоких температурах, при этом выделяется водород и образуется соответствующий оксид. Составьте уравнения реакций взаимодействия с водой калия, бария, железа и никеля, подберите стехиометрические коэффициенты.

803. На протекание окислительно-восстановительных реакций могут оказывать влияние концентрация и температура. Составьте уравнение реакции диспропорционирования хлора:

а) в холодном разбавленном растворе KOH



б) в горячем концентрированном растворе KOH



804. Во многих случаях протекание окислительно-восстановительной реакции зависит от среды раствора (кислая, щелочная, нейтральная). Влияние среды сказывается и в тех случаях, когда степень окисления элемента в продуктах реакции изменяться не

может, однако элемент может образовывать амфотерные соединения. Составьте уравнения полуреакции окисления:

- а) металлического цинка в кислой и щелочной среде;
- б) металлического алюминия в кислой и щелочной среде, а также в нейтральной среде.

805. Составьте уравнения полуреакций восстановления перманганат-иона MnO_4^- : а) в кислой; б) в нейтральной; в) в щелочной средах.

806. Составьте уравнения полуреакций окисления сульфат-иона SO_3^{2-} : а) в кислой; б) в нейтральной; в) в щелочной средах.

807. Назовите продукты восстановления перманганат-иона в кислой, нейтральной и щелочной средах. Составьте уравнения реакций и подберите стехиометрические коэффициенты:

- а) $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \dots$
- б) $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \dots$
- в) $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} = \dots$

808. Назовите продукт восстановления и продукт окисления пероксида водорода. Составьте уравнения реакций и подберите коэффициенты:

- а) $\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \dots$
- б) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \dots$

809. Предскажите продукты реакций, составьте уравнения и подберите коэффициенты:

- а) $\text{HBr} + \text{KMnO}_4 = \text{Br}_2 + ? + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$;
- б) $\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{KNO}_3 + ? + \text{KOH}$;
- в) $\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} = \text{Na}_3\text{AsO}_4 + ? + \text{H}_2\text{O}$;
- г) $\text{MnSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} = ? + \text{H}_2\text{SO}_4$;
- д) $\text{KI} + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + ? + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

810. Запишите левые части следующих уравнений:

- а) $? + ? = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$;
- б) $? + ? = \text{Pb} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$;
- в) $? + ? = 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2$;
- г) $? + ? = \text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{NaNO}_2$.

ЭЛЕКТРОЛИЗ

811. Составьте уравнения полуреакций окисления на аноде и восстановления на катоде, протекающих при электролизе водного раствора сульфата меди (II), если используют: а) медные электроды; б) графитовые электроды.

812. Составьте уравнения полуреакций окисления на аноде и восстановления на катоде, протекающих при электролизе: а) расплава йодида калия; б) водного раствора йодида калия (инертные электроды).

813. Составьте уравнения полуреакций: а) окисления воды на аноде; б) восстановления воды на катоде, которые могут протекать при электролизе водных растворов солей (инертные электроды).

814. Составьте уравнения электрохимических реакций, которые происходят при электролизе водных растворов (инертные электроды):

а) хлорида калия; б) сульфата натрия.

815. Предскажите продукты электролиза расплавов солей (инертные электроды): а) $MgCl_2$; б) $CaCl_2$; в) $PbBr_2$.

816. Предскажите продукты электролиза водных растворов следующих солей: а) $NaCl$; б) $CuCl_2$; в) $NaNO_3$; г) $CuSO_4$; д) H_2SO_4 ; е) $NaOH$.

817. Юный Химик положил кристаллик хлорида меди (II) на фильтровальную бумагу, смоченную раствором сульфата натрия. По обе стороны от кристаллика он поместил электроды и включил электрический ток. Что наблюдал Юный Химик?

818. Объясните, почему при электролизе водного раствора гидроксида натрия увеличивается концентрация раствора, но не изменяется количество вещества гидроксида натрия.

819. Предскажите, какие продукты будут находиться в растворе в результате электролиза водного раствора нитрата меди (II) с инертными электродами, если: а) соль полностью подвергли электролизу, после чего электроды сразу вынули из раствора; б) соль полностью подвергли электролизу, после чего в течение некоторого времени электроды находились в растворе.

820. Как изменятся молярные концентрации хлорида калия и сульфата магния при электролизе раствора, содержащего эквимольную смесь этих солей? Как изменится ваш ответ, если вместо хлорида калия использовать сульфат калия?

Лингвистическая задача

Греческая приставка *ката* — означает «прочь», как, например, в слове катапульта, а *ана* — означает «назад». Объясните, почему катод и анод в электролитической ячейке получили соответствующие названия.

ЗАКОНЫ ФАРАДЕЯ

821. Составьте уравнение электрохимической реакции, которая происходит в результате электролиза хлорида меди в растворе. Какое количество вещества меди осаждается на катоде и какое количество вещества хлора выделяется на аноде при пропускании 1 F (96500 Кл) электричества?

822. Составьте уравнение электрохимической реакции, которая происходит в результате электролиза хлорида серебра в концентрированном растворе соляной кислоты. Вычислите массу серебра и массу хлора, которые можно получить при пропускании: а) 1 F ; б) 2 F электричества.

823. Основным промышленным способом получения металлического алюминия является электролиз расплавленных солей, содержащих ионы Al^{3+} . Вычислите, какое количество электричества (в кулонах и фарадеях) следует пропустить через расплав для получения 1 кг металла.

824. Протекание электронов со скоростью 1 Кл в секунду ($\text{Кл} \cdot \text{с}^{-1}$) представляет собой ток силой в 1 Ампер (1 A). Сила тока при промышленном электролитическом получении алюминия обычно достигает $20000\text{--}50000\text{ A}$. Предположите, что электролизер действует при силе тока 40000 A ($40000\text{ Кл} \cdot \text{с}^{-1}$). Какое время понадобится при этом для получения 1 кг металлического алюминия?

825. Вычислите значение постоянной Авогадро, если известны заряд одного электрона $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}\text{ Кл}$ и заряд 1 моль электронов $1\text{ F} = 96485\text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$.

826. Вычислите количество электричества (в кулонах), которое требуется для восстановления $0,6\text{ моль}$ ионов железа (III) в ионы железа (II).

827. При электролизе расплава хлорида магния получили $2,4\text{ г}$ металлического магния. Электролиз проводили в течение 5 часов . Вычислите силу тока, прошедшего через электролитическую ячейку за это время.

828. Электролиз 400 г $8,5\%$ -ного раствора нитрата серебра проводили до тех пор, пока масса раствора не уменьшилась на 25 г . Вычислите массовые доли продуктов гидролиза в растворе после окончания электролиза и массы продуктов электролиза, выделившихся на инертных электродах.

829. Через 200 мл 10% -ного раствора серной кислоты (плотность $1,07\text{ г/мл}$) в течение некоторого времени пропускали элект-

рический ток силой 4А (электролизер во избежание разогревания и испарения растворителя охлаждали). При этом на катоде выделилось 16,8 л водорода (приведен к н.у.). Вычислите массовую долю серной кислоты в растворе после окончания электролиза. Вычислите также, сколько времени длился электролиз?

830. Раствор сульфата никеля подвергли электролизу током 20А в течение 70 минут. Вычислите массу выделившегося на катоде никеля, если выход никеля по току 60 %. Вычислите также толщину слоя никеля, который образовался за время электролиза, если катод имеет форму квадратной пластины со стороной 4 см и она покрывается никелем с обеих сторон, плотность никеля 8,9 г/см³.

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ

При выполнении заданий этого раздела в вычислениях по закону Фарадея рекомендуется использовать понятие молярной массы эквивалентов вещества.

831. Вычислите молярную массу эквивалентов меди, если известно, что при пропускании через водный раствор хлорида меди (II) постоянного электрического тока силой 15А на протяжении 10 минут на катоде выделилось 2,965 г чистой меди.

832. Вычислите массу металлического магния, которую получили, когда на протяжении 5 часов через расплавленный хлорид магния пропускали ток силой 1А.

833. Количество электричества, прошедшего через электролитическую ячейку, часто определяют по массе серебра, которое выделяется при электролизе из раствора, содержащего ионы Ag^+ . Вычислите количество электричества, пропущенного через электролизер, если масса катода увеличилась на : а) 0,108 г; б) 1,08 г; в) 10,8 г.

834. При электролизе сульфата меди на аноде выделилось 245 мл кислорода при 25 °С и 101,3 кПа. Вычислите массу меди, выделившуюся при этом на катоде.

835. Вычислите объемы водорода и кислорода, выделившихся на электродах при 25 °С и 101,3 кПа, при прохождении электрического тока силой в 5А в течение 1 час 30 мин через разбавленный раствор серной кислоты.

836. При электролизе раствора нитрата серебра в течение 30 мин при силе тока 5А на катоде выделилось 8,45 г серебра. Вычислите выход серебра по току (практический выход серебра).

837. Электрический ток последовательно проходит через ряд электролизеров, содержащих водные растворы солей: CuSO_4 , NiSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 . У анода последнего электролизера выделилось 1,12 л газообразного хлора (приведен к н.у.). Вычислите массу каждого металла, выделившегося на катоде в соответствующем электролизере.

838. Электрический ток последовательно проходит через два электролизера, содержащих по 500 мл 0,1 моль/л растворов нитрата серебра и сульфата цинка. Вычислите массу цинка, который выделится на катоде за время, необходимое для полного химического превращения нитрата серебра.

839. Через три кулонометра (один серебряный, два из неизвестных металлов) пропустили электрический ток. В результате этого масса катода серебряного кулонометра увеличилась на 0,769 г, а массы катодов других кулонометров — на 0,399 г и 0,231 г. Определите, из каких металлов изготовлены кулонометры.

840. Через электролизер, содержащий 100 г раствора нитрата меди с массовой долей 0,376, пропустили постоянный ток, который может вызвать разложение 10 г расплава гидроксида натрия. После окончания эксперимента электролизер продули струей аргона и оставили на ночь. На следующий день платиновые электроды достали из раствора, промыли, высушили и взвесили. Масса одного из них изменилась на 4 г. Объясните результаты эксперимента.

ОБЩИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

841. Укажите, где расположены металлы в Периодической системе.

842. Медные предметы были найдены в раскопках самых древних поселений на Среднем Востоке, имеющих возраст 9000—8000 лет. Как вы думаете, почему первыми металлами, с которыми познакомился человек и которые он научился обрабатывать, были медь, серебро и золото.

843. Объясните, почему в природе щелочные и щелочноземельные металлы не встречаются в свободном виде.

844. Объясните, почему масса платинового и серебряного тиглей при накаливании на воздухе не изменяется, а железного и медного увеличивается.

845. Объясните, почему изделия из железа покрывают хромом, оловом, никелем или красками.

846. Объясните, почему нити накала электрических лампочек изготавливать из меди, а электрические провода, подводящие к ним ток, — из вольфрама.

847. В таблице приведены физические характеристики двух простых веществ А и В.

Вещество	Плотность, г/см ³	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Цвет
А	1,8477	3750	4200	темно-серый
В	7,874	1539	2872	серебристо-серый

Назовите, какое из веществ является металлом, а какое — неметаллом.

848. Известно, что, чем больше валентных электронов приходится на один атом металла, тем выше температура его кипения. Расположите в порядке возрастания температур кипения: K, Ca, Sb и Cr.

849. Назовите металл:

- а) заменитель стали, названный в честь мифических существ;
- б) используемый в быту в качестве материала для кухонной посуды и в виде фольги для хранения пищевых продуктов;
- в) являющийся основой чугуна и стали;
- г) широко используемый в фотографии.

850. Распознайте металл:

- а) он широко используется в электротехнике, в химическом отношении малоактивен, широко известны его сплавы — латунь и бронза;
- б) его соли содержатся в морской воде и придают ей горьковатый вкус;
- в) его соли содержатся в морской воде и придают ей соленый вкус;
- г) он светится в темноте, без нагревания испускает тепло, со временем превращаясь в новые вещества; его свойства впервые изучили французские ученые Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри;
- д) он мягкий металл, с водой дает взрывоподобную реакцию, используется в фотоэлементах.

Занимательная задача

Составьте как можно больше названий химических элементов из букв, входящих в предложение:

«Дмитрий Иванович Менделеев — великий русский химик».

РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ

При выполнении заданий этого раздела используйте справочные данные (табл. 5 Приложения).

851. Аристотель считал золото самым благородным металлом, а остальные, известные в то время металлы, расположил в ряд по мере уменьшения благородности: серебро, медь, олово, железо. Как ряд Аристотеля соотносится с современным рядом активности металлов?

852. Профессор Харьковского университета Н. Н. Бекетов на основе экспериментальных данных по вытеснению одних метал-

лов из их соединений другими металлами, построил в 1865 г. так называемый ряд активности металлов:

K, Na, Ca, Al, Zn, Fe, Cd, Cu, Ag, Au, Pt.

Как ряд Бекетова соотносится с современным рядом активности металлов? Используя справочные данные (табл. 5), включите в ряд Бекетова: H₂, Hg, Mg, Mn, Ni, Sn, Pb.

853. Предскажите, какой из металлов вытеснит медь из водного раствора сульфата меди: Fe, Zn, Hg, Ag.

854. Предскажите, какой из металлов вытеснит водород из разбавленных растворов кислот: Zn, Cr, Cu, Hg.

855. Объясните, почему:

а) если в раствор нитрата серебра ввести каплю ртути, из нее вырастают блестящие металлические кристаллы;

б) медные изделия после погружения в раствор хлорида ртути (II) приобретают блестящую «серебряную» окраску.

Составьте уравнения соответствующих реакций.

856. Назовите металл, который не вытесняет водород из растворов кислот, но вытесняет ртуть из растворов солей.

857. Объясните, почему нельзя хранить раствор медного купороса: а) в оцинкованных; б) в луженых (покрытых слоем олова) ведрах.

858. Медную проволочку некоторое время выдерживали в растворе нитрата ртути (II), после чего масса проволочки увеличилась на 6,36 г. Вычислите массу меди, вступившей в реакцию.

859. Железную пластинку массой 12,44 г некоторое время выдерживали в растворе массой 454 г с массовой долей сульфата меди (II) равной 12 %, после чего масса пластинки составила 14,12 г. Вычислите массовую долю сульфата меди в растворе после реакции.

860. В раствор, содержащий хлорид металла ACl_2 массой 6,75 г, погружили железную пластинку массой 50 г. После полного выделения металла на пластинке ее масса увеличилась на 0,8 %. Расшифруйте металл А.

Вопрос для умников и умниц

Какой всадник назван в честь металла красновато-желтого цвета?

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

861. Какие металлы: Mo, W, Na, K, Cr, Ca, Ni, Mg получают в промышленности методом: а) восстановления оксидов; б) электролиза.

862. В качестве промышленных восстановителей чаще всего используют водород, уголь, алюминий, кальций, монооксид углерода. Как с их помощью получить медь, цинк, кобальт, никель, титан? Составьте уравнения соответствующих реакций.

863. С помощью каких реакций можно получить железо из железного колчедана (или пирита) FeS_2 ?

864. С помощью каких реакций можно получить цинк из цинковой обманки (или сфалерита) ZnS ?

865. Составьте уравнения получения:

- а) индия водородным восстановлением высшего оксида;
- б) свинца методом карботермии;
- в) железа методом алюмотермии;
- г) серебра методом цинктермии;
- д) лантана методом кальцийтермии.

866. Юный Химик обработал медный купорос раствором соды, осадок прокалил, а полученный после этого черный порошок нагрел с углем. Какой металл получил Юный Химик? Составьте уравнения соответствующих реакций.

867. Объясните, почему при нагревании оксида ртути (II) на холодных стенках сосуда появляются серебристые капли?

868. В последнее время широкое распространение получила порошковая металлургия. Титан в виде мелкого порошка можно получить восстановлением оксида титана (IV) гидридом кальция при нагревании в вакууме. При этом образуется гидроксид кальция.

Вычислите массу титана, которую можно получить из титановой руды TiO_2 массой 40 т, если массовая доля примесей составляет в ней 8 %.

869. Из хромистого железняка FeCr_2O_4 массой 500 кг выплавлен феррохром массой 120 кг с массовой долей хрома 65 % и железа 35 %.



Вычислите массовую долю примесей в руде.

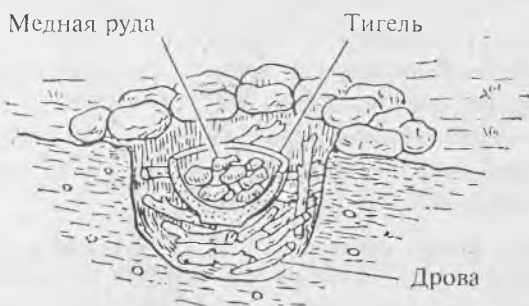
870. На реке Колумбия в США построили несколько плотин для выработки электрической энергии, необходимой для получе-

ния алюминия электролизом. Электростанция на каждой плотине вырабатывает ток силой около $2 \cdot 10^8$ А. Вычислите массу металлического алюминия, которую получают ежедневно, используя все электричество, вырабатываемое одной плотиной. Сколько плотин необходимо для ежедневного производства 3000 тонн алюминия?

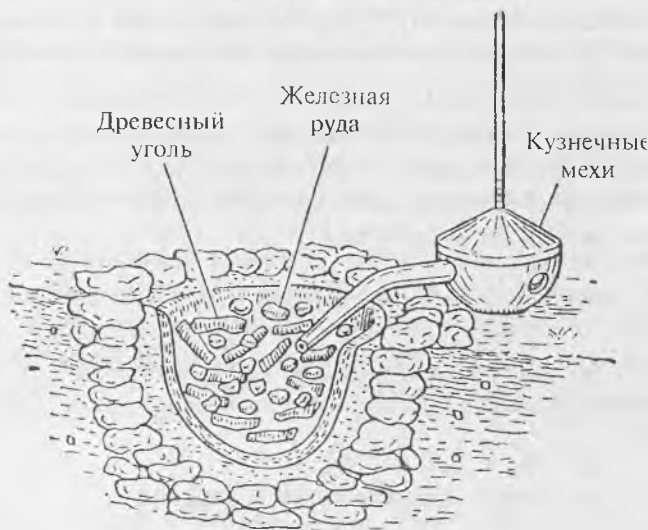
Занимательное задание

На рисунке, воспроизведенном из книги А. Азимова «Краткая история химии», изображены первые плавильные печи.

Составьте рассказ по рисунку о том, как в древние времена выплавляли медь и железо.



Печь для выплавки меди



Печь для выплавки железа

ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ

871. Все щелочные металлы горят в атмосфере кислорода. Однако только в случае лития образуется оксид Li_2O . При горении натрия образуется пероксид Na_2O_2 , при горении калия — KO_2 . Оксид натрия получают, нагревая пероксид натрия с металлическим натрием, а оксид калия получают, нагревая супероксид калия с металлическим калием. Составьте уравнения реакций, о которых идет речь в задаче, подберите коэффициенты методом электронного баланса.

872. Как различается поведение лития и калия по отношению к воде? Составьте уравнения соответствующих реакций.

873. Укажите различие в протекании реакций гидролиза NaNH и Na_2S ?

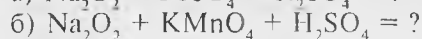
874. Щелочный металл А взаимодействует с хлором с образованием соли В, окрашивающей пламя в: а) ярко-красный; б) золотисто-желтый; в) фиолетовый цвет. Назовите соли В, охарактеризуйте их свойства.

875. Составьте ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия гидроксидов щелочных металлов MeOH с растворами, содержащими ионы: а) Cu^{2+} ; б) Fe^{3+} ; в) Ag^+ ; г) Al^{3+} .

876. Какие соли разлагаются при нагревании: Li_2CO_3 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaNO_3 , LiNO_3 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 . Составьте уравнения соответствующих реакций.

877. Объясните, почему гидроксиды натрия и калия при хранении на воздухе постепенно расплываются, но с течением времени как бы «высыхают», превращаясь в белый порошок. Составьте уравнения соответствующих реакций.

878. Какими свойствами — окислительными или восстановительными — обладают пероксиды щелочных металлов? Составьте уравнение окислительно-восстановительных реакций, подберите коэффициенты.



879. Кристаллическая сода при длительном хранении превращается в белый порошок. Во сколько раз при этом уменьшается ее масса? Как называется процесс, о котором идет речь в задаче?

890. Назовите щелочной металл, свойства соединений которого не подчиняются общим закономерностям:

- а) гидроксиды щелочных металлов не разлагаются при нагревании, за исключением...;
- б) карбонаты щелочных металлов не разлагаются при нагревании, за исключением...;
- в) нитраты щелочных металлов разлагаются при нагревании с образованием нитритов и кислорода, за исключением...;
- г) соли всех щелочных металлов растворимы в воде, за исключением...

Лингвистическая задача

Название какого химического элемента произошло от: а) латинского «литос» (камень); б) греческого «нитрон» (сода); арабского «алкали» (щелочь); г) латинского «рубидиус» (темно-красный); д) латинского «цезиус» (небесно-голубой); е) названия страны «Франция»?

ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

881. Приведите примеры *s*-металлов, *p*-металлов и *d*-металлов. В каких группах Периодической системы они располагаются? Какие металлы входят в группу щелочноземельных металлов? Каковы особенности их электронного строения?

882. В чем различие физических свойств щелочных и щелочноземельных металлов? Какие из них более реакционноспособны?

883. В чем различие в поведении кальция и бария по отношению к воде? Составьте уравнения соответствующих реакций.

884. В пламя горелки внести хлорид щелочноземельного металла А. В какой цвет окрасится пламя, если А: а) кальций; б) стронций; в) барий?

885. Как получают: а) оксиды; б) хлориды; в) сульфиды; г) гидроксиды щелочноземельных металлов? Составьте уравнения соответствующих реакций.

886. Какие из солей разлагаются при нагревании: CaCO_3 , $\text{Ca(NO}_3)_2$, BaSO_4 , BaCl_2 , SrCO_3 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

887. Какие из солей растворимы в воде: CaCl_2 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, CaBr_2 , CaSO_4 , BaCO_3 , CaF_2 ? Составьте уравнения их электролитической диссоциации.

888. Кальций получают электролизом расплавленного хлорида кальция, а барий и стронций — термическим восстановлением их оксидов с помощью алюминия. Составьте уравнения соответствующих реакций.

889. Какие из веществ в водных растворах реагируют попарно: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, CaCl_2 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , Na_2CrO_4 ? Составьте ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций.

890. Сравните реакционную способность радия с реакционной способностью других щелочноземельных металлов? Предскажите следующие свойства радия:

- а) реакция радия с водой;
- б) растворимость нитрата, сульфата и хлорида радия;
- в) кислотно-основной характер оксида радия;
- г) термическая устойчивость карбоната радия;
- д) способ получения радия.

Лингвистическая задача

Название какого химического элемента произошло от: а) названия минерала «берилл»; б) названия древнего города в Малой Азии «Магнесия»; в) латинского «калькс» (известь); г) названия поселка в Шотландии «Стронциан»; д) греческого «барис» (тяжелый); е) латинского «радиус» (луч)?

КАЛЬЦИЙ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

891. Как можно получить: оксид кальция; гидрид кальция; хлорид кальция; сульфид кальция; нитрид кальция, дикарбид (ацетиленид) кальция? Составьте уравнения соответствующих реакций.

892. Можно ли приготовить раствор в воде: а) оксида кальция; б) гидроксида кальция; в) дикарбида кальция; г) карбоната кальция; д) хлорида кальция; е) гидрокарбоната кальция? Объясните, почему.

893. Как реагируют с водой: а) гидрид кальция; б) дикарбид (ацетиленид) кальция; в) нитрид кальция? К какому типу относятся эти реакции? Составьте их уравнения.

894. Соединения кальция широко применяются в строительстве, промышленности, быту, медицине. В таблице слева даны тривиальные названия этих соединений, а справа — их химические формулы и названия. Приведите в соответствии эти два перечня терминов.

№	Тривиальные названия	№	Химическая номенклатура
1	Известь гашеная	1	$2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — сульфат кальция
2	Известь негашеная	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — дигидрат сульфата кальция
3	Известь хлорная	3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ — гидроксид кальция
4	Гипс	4	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$ — гипохлорит кальция
5	Жженный гипс или алебастр	5	CaO — оксид кальция
6	Известковый раствор	6	Насыщенный водный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$

895. Объясните, почему:

- а) негашеную известь следует хранить в закупоренной таре;
 - б) воспламенившийся металлический кальций нельзя тушить водой;
 - в) для очистки кислорода от углекислого газа и влаги его пропускают через трубку, содержащую негашеную известь;
 - г) для очистки азота от примесей хлороводорода и водяных паров его пропускают через трубку, содержащую негашеную известь.
- Составьте уравнения соответствующих реакций.

896. Объясните, почему:

- а) известковая вода мутнеет на воздухе;
 - б) при пропускании углекислого газа через известковую воду она мутнеет, а при дальнейшем пропускании в течение продолжительного времени становится прозрачной?
- Составьте уравнения соответствующих реакций.

897. Объясните, почему:

- а) строители называют негашеную известь «кипелкой», а гашеную — «пушонкой»;
- б) строители используют известковый раствор для скрепления кирпичей при кладке стен.

898. Сульфат кальция в природе встречается в виде минералов: ангидрит — безводный CaSO_4 , гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, алебастр — интенсивно-белая мелкозернистая разновидность гипса. Жженный гипс $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ получают прокаливанием природного гипса при 150°C . Он энергично присоединяет воду и при этом затвердевает, образуя гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При более длительном нагревании

гипс полностью обезвоживается с образованием ангидрита CaSO_4 и способность его присоединять воду теряется.

Составьте уравнения соответствующих реакций.

899. Раствор хлорида кальция применяется в медицине. Вычислите, какая масса кальция в виде ионов поступает в организм при приеме внутрь одной столовой ложки (15 мл) раствора, содержащегося в 100 мл 5 г $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

900. Юному Химику предложили распознать четыре образца твердых веществ: кристаллическая сода, мел, сульфат натрия и гипс, используя только воду и азотную кислоту. Как ему выполнить эту задачу?

Занимательное задание

Прочитайте отрывок из популярного романа:

«...Она вынула из уха одну из тех огромных жемчужин... и... опустила жемчужину в уксус. Наступило молчание, потрясенные гости, замерев, наблюдали, как несравненная жемчужина медленно растворяется в крепком уксусе».

Объясните, почему растворилась жемчужина.

МАГНИЙ

901. Юный Химик изучал свойства магния и кальция. Он оставил кусочки магния и кальция на лабораторном столе на несколько дней. Какие изменения произошли с ними?

Юный Химик поджег кусочек магния и нагрел на воздухе кусочек кальция. Как горят эти металлы?

Юный Химик поместил кусочек магния и кусочек кальция в две пробирки с холодной водой. Что он наблюдал?

Затем он поместил кусочек магния в пробирку с горячей водой. Что он наблюдал в этом случае?

Опишите наблюдения Юного Химика и составьте уравнения соответствующих реакций.

902. Почему горящий магний тушат мелкой железной стружкой, а не водой или песком? Приведите уравнения соответствующих реакций.

903. Магний является активным металлом. Он вступает в реакцию с кислотами, щелочи на него не действуют. Предскажите продукты реакций, составьте уравнения, подберите коэффициенты:

$\text{Mg} + \text{HCl} = ?$

$\text{Mg} + \text{HNO}_3, \text{ разб.} = ?$

904. Юный Химик сжег магниевую стружку. Соединение, образовавшееся при горении, он поместил в пробирку, добавил немного воды и несколько капель фенолфталеина. Изменилась ли окраска раствора? Составьте уравнения соответствующих реакций.

905. Гидроксид магния плохо растворяется в воде, поэтому его можно получить из растворов солей магния при добавлении щелочей. Гидроксид магния растворяется в кислотах, а также в растворе хлорида аммония. Составьте уравнения соответствующих реакций.

906. В промышленности магний получают термическим восстановлением оксида магния. В этом процессе обжигают магнезит MgCO_3 , затем обожженный доломит MgO нагревают с ферросилицием — сплавом железа и кремния. Кремний восстанавливает оксид магния. Составьте уравнения соответствующих реакций.

907. Магний можно получить из морской воды. В этом процессе ионы магния, содержащиеся в морской воде, осаждают в виде гидроксида магния с помощью гашеной извести Ca(OH)_2 . Затем с помощью соляной кислоты гидроксид магния превращают в хлорид магния. Расплавленный хлорид магния подвергают электролизу. Составьте уравнения соответствующих реакций.

908. Во сколько раз уменьшается масса доломита $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ при прокаливании до полного удаления углекислого газа?

909. Сравните следующие свойства натрия и магния:
а) атомные и ионные радиусы; б) энергии ионизации; в) температуры плавления; г) основной характер оксидов и гидроксидов.

910. Свойства лития и его соединений обнаруживают много общего со свойствами магния и его соединений. Такое сходство называют диагональным (литий и магний расположены на «диагонали» в Периодической системе). Приведите примеры, иллюстрирующие диагональное сходство лития и магния.

ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ И СПОСОБЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

911. Объясните, почему солевой состав океанической воды остается практически неизменным, в то время как реки ежегодно вносят в океан около 1,5 млн тонн гидрокарбоната кальция.

912. Объясните, как в природных условиях образуются гидрокарбонаты кальция и магния. (Предположите, что речная вода проходит через залежи известняка и доломита).

913. Предложите способ, с помощью которого в домашних условиях, не используя химических реактивов, можно обнаружить в водопроводной воде гидрокарбонат кальция.

914. Какие из перечисленных веществ применяют для устранения временной жесткости воды, вызванной присутствием в ней гидрокарбоната кальция: а) поваренная соль; б) гидроксид натрия; в) сода; г) соляная кислота? Приведите уравнения соответствующих реакций.

915. Какие из перечисленных веществ применяют для снижения жесткости воды, вызванной присутствием в ней сульфата кальция: а) карбонат калия; б) поваренная соль; в) фосфат натрия? Приведите уравнения соответствующих реакций.

916. Какие из перечисленных веществ применяются для снижения жесткости воды, вызванной присутствием в ней сульфата магния: а) поваренная соль; б) сода; в) фосфат натрия? Приведите уравнения соответствующих реакций.

917. Какие из перечисленных веществ применяются для снижения жесткости воды, вызванной присутствием в ней хлорида магния: а) гашеная известь; б) поваренная соль; в) сода? Приведите уравнения соответствующих реакций.

918. При кипячении 500 мл водопроводной воды образовалось 2,5 кг карбоната кальция. Вычислите концентрацию катионов кальция (моль/л). (Предположите, что кальций находится в воде в виде гидрокарбоната).

919. Вычислите массу карбоната натрия, необходимого для устранения общей жесткости воды, если известно, что в 100 мл воды содержится 6,124 мг ионов Ca^{2+} и 4,873 мг ионов Mg^{2+} .

920. Жесткая вода содержит гидрокарбонат кальция, массовая доля которого в растворе 0,015 %, и гидрокарбонат магния, массовая доля которого в растворе 0,005 %. Вычислите массу гидроксида кальция, необходимого для устранения жесткости 10 л воды.

АЛЮМИНИЙ

921. Как, не прибегая к химическим реактивам, распознать изделия из: а) алюминия и меди (или ее сплавов); б) алюминия и

железа (или его сплавов); в) алюминия и свинца; г) алюминия и цинка.

922. Из алюминия изготавливают химические аппараты. Укажите, в каких случаях можно использовать алюминиевую аппаратуру: а) в процессе участвует щелочь; б) в процессе используются соли ртути; в) в процессе участвует холодная концентрированная азотная кислота; г) в процессе участвуют водные растворы солей меди; д) в процессе используется соляная кислота. Ваши ответы подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

923. Алюминий образует соединения с элементами группы VIA — кислородом, серой и селеном. Составьте из формулы и приведите названия.

924. Укажите различие в реакциях гидролиза нитрида алюминия AlN и хлорида алюминия AlCl_3 .

925. Какие из солей алюминия можно получить кристаллизацией из водных растворов: а) Al_2S_3 ; б) $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$; в) $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; г) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$?

926. С помощью какого реактива можно распознать сульфат натрия и сульфат алюминия? Составьте уравнения соответствующих реакций.

927. Алюминаты — соли ортоалюминиевой и метаалюминиевой кислот. Приведите примеры таких солей и уравнения реакций их получения.

928. Юный Химик получил осадок гидроксида алюминия и внес его в две пробирки. В первую пробирку он добавил раствор хлороводородной кислоты, а во вторую — раствор гидроксида натрия. Осадок растворился в обоих случаях. Затем раствор, содержащийся во второй пробирке, Юный Химик разделил на две части, к первой он добавил раствор хлорида аммония, а ко второй — раствор гидрокарбоната натрия. В каждом случае он наблюдал выпадение осадка. Составьте уравнения реакций, которые наблюдал Юный Химик.

929. Составьте уравнения реакций взаимодействия с водой карбидов: а) Al_4C_3 ; б) CaC_2 .

930. Бериллий и алюминий обнаруживают диагональное сходство. По аналогии со свойствами алюминия составьте:

- а) уравнение реакции бериллия со щелочью;
- б) уравнение реакции бериллия с кислотой;
- в) уравнение реакции гидроксида бериллия со щелочью;
- г) уравнение реакции гидроксида бериллия с кислотой.

Два вопроса для умников и умниц

1. Почему не рекомендуется чистить алюминиевую посуду содой?
2. Почему нельзя варить в алюминиевой посуде борщ или компот?

ЖЕЛЕЗО

931. В буквальном переводе с древнеегипетского железо — «небесная руда» или «небесный металл». Как вы думаете, почему железу приписывали «небесное» происхождение?

932. Важнейшими рудами железа являются: красный железняк Fe_2O_3 , магнитный железняк Fe_3O_4 , бурый железняк $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, железный шпат FeCO_3 . В какой из них содержание железа наибольшее?

933. В состав ярко-красной краски, которой раскрашивали мумии, входил оксид железа (III). Его получали при прокаливании сульфата железа (III). Составьте уравнение соответствующей реакции.

934. Широкую известность имеют двойные соли сульфата железа (II), относящиеся к классу квасцов: железо-аммоний квасцы $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и железокалиевые квасцы $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. На какие ионы диссоциируют квасцы в водных растворах?

935. В воде растворили по 1 моль хлорида железа (II) и хлорида алюминия, а затем добавили избыток раствора гидроксида натрия. Какие соединения при этом образовались? Составьте уравнения соответствующих реакций.

936. Юный химик получил гидроксид железа (II) в виде белого хлопьевидного осадка, который довольно быстро приобрел грязно-зеленый, а затем красно-бурый цвет. Объясните, почему. Составьте уравнение соответствующей реакции.

937. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно получить:

- а) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$;
- б) FeCl_2 и FeCl_3 ;
- в) FeSO_4 и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

938. Нитрат железа (II) образуется при растворении железа в разбавленной азотной кислоте на холоде, а нитрат железа (III) —

при растворении железа в 20—30 %-ной азотной кислоте. Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

939. В природных водах железо (II) присутствует главным образом в виде гидрокарбоната. Как устранить его из воды? Предложите несколько способов.

940. Раствор массой 250 г содержит 0,5 % нитрата калия, 1,2 % нитрата серебра и 0,94 % нитрата меди (II). В раствор при встряхивании внесли 1,12 г железных опилок. Какие вещества выделяются из раствора? Вычислите их массу.

ХРОМ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

941. В металлическом состоянии хром не проявляет высокой химической активности. Но раскаленный докрасна, он реагирует с водяным паром, образуя оксид хрома (III). Составьте уравнение соответствующей реакции.

942. Хром медленно реагирует с разбавленной соляной кислотой, образуя хлорид хрома (II). Однако соединения хрома (II) неустойчивы и легко окисляются до соединений хрома (III). Составьте уравнения соответствующих реакций.

943. Составьте формулы хлорида гексаамминхрома (III), хромата серебра, хромата кальция, бихромата калия.

944. Оксид хрома (VI) — кислотный оксид. Он реагирует со щелочами, образуя хромат (VI)-ионы. В кислой среде хромат (VI)-ион превращается в бихромат (VI)-ион. В щелочной среде эта реакция протекает в обратном направлении. Составьте ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций.

945. В кислой среде бихромат (VI)-ион восстанавливается до иона хрома (III). Подберите коэффициенты в уравнении следующей реакции:

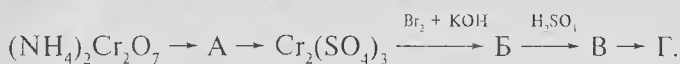


946. Двойная соль $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ растворима в воде. Приведите уравнение электролитической диссоциации этой соли. Какую окраску приобретет раствор этой соли?

947. При прокаливании дихромата калия с серой образуется оксид хрома и соль калия, образующая с солями бария нерастворимый в кислотах осадок. Составьте уравнение соответствующей реакции.

948. При нагревании гидрохромата калия выделяется вода и образуется другая соль. Составьте уравнение соответствующей реакции.

949. Составьте уравнения реакций, соответствующих следующим химическим превращениям:



950. При нагревании навески кристаллического вещества А массой 5,04 г оно разложилось, образуя оксид металла массой 3,04 г. При полном восстановлении этого оксида магнием образовался металл массой 2,08 г. Такую же навеску вещества А нагрели с избытком раствора гидроксида натрия. При этом выделился газ объемом 896 мл (приведен к н.у.) с плотностью 0,771 г/л. Расшифруйте А и составьте уравнения соответствующих реакций.

МАРГАНЕЦ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ

951. Приведите примеры соединений марганца, в которых он проявляет степень окисления +2, +4, +6 и +7.

952. Юный Химик получил гидроксид марганца и изучил его свойства. В две пробирки он внес раствор хлорида марганца (II) и добавил раствор гидроксида натрия. Содержимое первой пробирки он сразу же тщательно перемешал. Почему в пробирках образовались осадки различной окраски? Какой из них растворится в разбавленной серной кислоте? Какими свойствами — основными или кислотными — обладает гидроксид марганца (II). Составьте уравнения соответствующих реакций в ионно-молекулярной форме.

953. Для получения брома в лабораторных условиях гидроксид марганца MnO_2 добавляют к смеси концентрированной серной кислоты с бромидом калия. Образующийся при этом бромоводород окисляется диоксидом марганца. Затем бром отделяют от реакционной смеси перегонкой. Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

954. Соединения марганца в степени окисления +6 неустойчивы. Манганат-ион MnO_4^{2-} устойчив только в щелочном растворе, в кислом он диспропорционирует, образуя диоксид марганца MnO_2 и перманганат-ион MnO_4^- . Составьте уравнение соответствующей реакции, подберите коэффициенты. Укажите окраску соединений марганца, участвующих в реакции.

955. Перманганат калия широко используется в качестве окислителя в лабораторной практике, например:

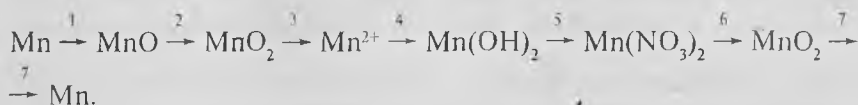
- а) для получения кислорода и хлора;
- б) для проведения аналитической пробы на диоксид серы и сероводород.

Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

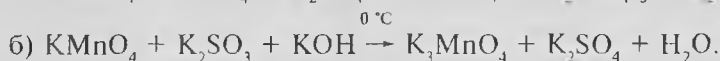
956. Назовите продукты восстановления перманганата калия в кислой, нейтральной и щелочной средах. Составьте уравнения реакций:

- а) окисление аммиака перманганатом калия в нейтральной среде;
- б) окисления нитрата натрия перманганатом калия в кислой среде;
- в) окисления арсенита натрия Na_3AsO_3 перманганатом калия в щелочной среде.

957. Составьте уравнения реакций, соответствующих следующим схемам химических превращений:



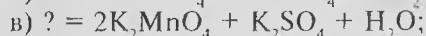
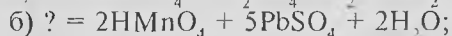
958. Вычислите молярные массы эквивалентов перманганата калия в окислительно-восстановительных реакциях:



Подберите коэффициенты в уравнениях реакций.

959. В лаборатории имеются вещества: гидроксид калия, сульфит натрия, йодид калия, вода, серная кислота и перманганат калия. Составьте уравнения возможных окислительно-восстановительных реакций с участием перманганата калия.

960. Юный Химик нашел разорванный конспект. Помогите ему восстановить записи, если сохранились только правые части уравнений реакций:



Вопрос для умников и умниц

В названиях каких населенных пунктов содержатся названия химических элементов?

СПЛАВЫ

961. В состав чугуна входят 92,9 % Fe, 4 % C, 1 % Si, 2 % P и 0,1 % S. Можно ли растворить без остатка образец такого чугуна в соляной кислоте?

962. Какую кислоту — соляную или азотную — следует взять для растворения медно-серебряного сплава?

963. Один из видов латуни содержит 60 % Cu и 40 % Zn и представляет собой в основном соединение меди с цинком. Определите формулу этого соединения.

964. Какой объем соляной кислоты с массовой долей кислоты 30 % (плотность 1,152 г/моль) расходуется на полное растворение сплава нихром массой 10 г, массовая доля никеля в котором 60 %, железа — 18 %, хрома — 22 %.

965. В чистом виде золото и серебро — мягкие металлы. Для повышения механической прочности их сплавляют с медью. Число частей золота или серебра, приходящиеся на 1000 частей сплава, называется пробой. Вычислите массу:

- а) золота в сплаве 583 пробы массой 2,32 г;
- б) серебра в сплаве 875 пробы массой 3,54 г.

966. Вычислите массу оксида алюминия, который можно получить из сплава алюминия с никелем, если известно, что при растворении 10 г этого сплава в избытке раствора гидроксида натрия выделяется 11,2 л водорода (приведен к н. у.)

967. Навеску сплава меди и цинка, содержащей 26 г меди, обработали раствором соляной кислоты массой 100 г с массовой долей кислоты 14,6 %. В нерастворенном осадке массовые части меди и цинка оказались одинаковыми. Вычислите состав исходного сплава в массовых и мольных долях.

968. Хром используется главным образом в металлургической промышленности для производства специальных сталей. Феррохром, не содержащий углерода, получают методом алюмотермии. Вычислите количественный состав феррохрома, который получили из 44,8 г хромистого железняка FeCr_2O_4 .

969. Заменителем нихрома, обладающим большим электрическим сопротивлением при высокой жаропрочности, служит более дешевый сплав «фехраль». В его состав входит железо, хром и алюминий. Определите количественный состав этого сплава, если из-

вестно, что при обработке 10,0 г этого сплава раствором щелочи выделилось 498 мл газа (н. у.), а при дальнейшем растворении остатка сплава в соляной кислоте выделилось 388 мл газа (н. у.).

970. При полном окислении 7,83 г сплава двух металлов А и В образовалась смесь двух оксидов A_2O_3 и BO массой 14,23 г, причем мольное отношение оксидов в смеси равно 1 : 1. При обработке полученной смеси оксидов щелочью растворилось 10,2 г осадка. Расшифруйте металлы А и В, вычислите количественный состав сплава.

СПЛАВЫ ЖЕЛЕЗА

971. Какое из следующих утверждений верно:

А. Сплавы представляют собой смеси двух или более индивидуальных металлов и неметаллов;

Б. Сплавы представляют собой смеси двух или более индивидуальных металлов. В сплавах могут присутствовать в небольших количествах некоторые неметаллы, углерод, кремний, сера?

972. Какое из следующих утверждений верно:

А. Чугун — сплав на основе железа, содержащий более 2 % углерода;

Б. Чугун — сплав на основе железа, содержащий до 2 % углерода?

973. Какое из следующих утверждений верно:

А. Сталь — сплав на основе железа, содержащий более 2 % углерода;

Б. Сталь — сплав на основе железа, содержащий до 2 % углерода?

974. Какие примеси содержат нержавеющие стали:

А. Хром, никель, титан;

Б. Хром, кремний, алюминий, молибден?

975. Какие примеси содержат жаростойкие стали:

А. Хром, никель, титан;

Б. Хром, кремний, алюминий, молибден?

976. Укажите область применения низкоуглеродистых сталей (< 0,2 % С):

А. Корпуса автомашин, проволока, трубы, болты и гайки;

Б. Сверла, ножи, молотки, резцы.

977. Укажите область применения высокоуглеродистых сталей (0,6—1,5 %):

- А. Корпуса автомашин, проволока, трубы, болты и гайки;
Б. Сверла, ножи, молотки, резцы.

978. Какое из следующих утверждений верно:

- А. Черная металлургия — отрасль тяжелой промышленности по производству чугуна и чугунных изделий;
Б. Черная металлургия — отрасль тяжелой промышленности по производству стали или стальных изделий;
В. Черная металлургия — отрасль тяжелой промышленности по производству чугуна, стали, а также стальных и чугунных изделий?

979. Какое из следующих утверждений верно:

- А. Чугун получают в доменном процессе;
Б. Чугун получают в конвертерном и мартеновском процессах?

980. Какое из следующих утверждений верно:

- А. Сталь получают в доменном процессе;
Б. Сталь получают в конвертерном и мартеновском процессах?

ОБЩИЕ СВОЙСТВА НЕМЕТАЛЛОВ

981. Укажите, где расположены неметаллы в Периодической системе.

982. В настоящее время известно 110 химических элементов. Сколько из них неметаллов?

983. Укажите, какие из перечисленных свойств относятся к неметаллам: плохо проводят электрические ток и теплоту, хорошо проводят электрический ток и теплоту, мягкие, твердые, ковкие, нековкие, имеют яркий блеск, тягучие.

984. Какие свойства — окислительные или восстановительные — характерны для неметаллов? Расположите элементы: Н, F, Si, P, N, C, S, Cl, O в ряд по особенности присоединять электроны.

985. В химических формулах бинарных соединений неметаллов на первое место ставят элемент с меньшим значением электроотрицательности. Укажите, какие из формул составлены неверно: CO_2 , NCl_3 , Pb , SiH_4 , C_2H_2 , AsI_3 , N_2O_3 , I_2Cl_6 , F_2O , XeF_2 .

986. В химических формулах многоэлементных соединений элементы также располагают в порядке возрастания электроотрицательности. Укажите, какие из формул составлены неверно: SiCl_2Br_2 , PBrClSF , SF_4O , INBr_2 , MgIBr , MnO_3F .

987. Приведите химические названия следующих соединений: SF_4 , CoF_3 , HCl , AlCl_3 , Al_2Cl_6 , SnI_2 , SnI_4 , PCl_3F_2 , HOF .

988. Укажите общее название группы соединений:

а) H_2O , Cu_2O , MnO_2 , Mn_2O_7 ;

б) Li_3N , Ba_3N_2 , Cu_3N , Cl_3N ;

в) Na_3P , N_3P_5 , Mg_3P_2 , BP ;

г) LiH , NaN , CaH_2 , MgH_2 .

989. Укажите, какие из соединений: KCl , MgO , Na_2S , H_2O , NH_3 , CH_4 являются ионными, а какие — ковалентными соединениями.

990. Распознайте неметалл:

а) он образует наибольшее число разнообразных соединений;

б) он впервые открыт на Солнце;

в) он вызывает кесонную болезнь у водолазов;

г) он в мелкодисперсном состоянии раздражает кожу и входит в состав лекарственных мазей;

д) с его помощью можно обнаружить крахмал в растениях;

е) одна из его аллотропных модификаций используется при изготовлении спичек.

ВОДОРОД, ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

991. Английский химик Г. Кавендиш в 1766 г. первым выделил газ, образующийся при взаимодействии кислот с некоторыми металлами и изучил его свойства. С какими металлами и с какими кислотами мог экспериментировать Кавендиш? Приведите примеры уравнений реакций.

992. Латинское название *hydrogenium* происходит от греческих слов *хюдор* — вода и *геннао* — рождаю. Объясните, почему А. Лавуазье газ Кавендиша назвал *hydrogenium*.

993. Какое строение имеют атомные ядра протия, дейтерия и трития? Какими символами их обозначают в настоящее время?

994. Объясните, почему дейтерий называют тяжелым водородом, а тритий — сверхтяжелым. Во сколько раз их атомные массы превышают атомную массу протия? Составьте формулу тяжелой воды.

995. Объясните, почему средневзвешенная относительная атомная масса водорода близка к относительной атомной массе протия, $A_r(\text{H}) = 1,0080$.

996. Объясните, почему атомы водорода в свободном состоянии практически не существуют.

997. Для того, чтобы 1 моль водорода разрушить на атомы, нужно затратить 420 кДж теплоты. Какая энергия выделяется, когда 2 моль атомов водорода объединяются, образуя 1 моль молекул водорода.

998. Во сколько раз водород легче, чем: а) воздух; б) кислород; в) азот?

999. В земной атмосфере практически нет водорода. Легкие молекулы водорода поднимаются вверх и покидают атмосферу. Объясните, почему содержание водорода на Земле практически не изменяется.

1000. Бесцветный газ А с резким запахом растворили в воде, затем в водный раствор этого газа опустили кусочки цинка. При этом выделился газ Б, который пропустили над твердым веществом В черного цвета. В результате реакции вещество В превратилось в вещество Г. Расшифруйте вещества А—Г. Составьте уравнения соответствующих реакций.

ВОДОРОД, ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1001. Объясните, почему атомарный водород обладает большей реакционной способностью, чем молекулярный. Как проводят химические реакции с участием атомарного водорода?

1002. Составьте уравнения реакций, которые подтверждают сходство водорода: а) со щелочными металлами; б) с галогенами; в) с углеродом.

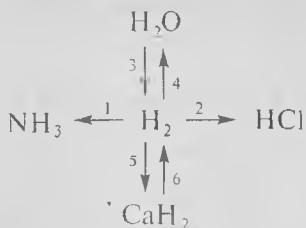
1003. Составьте электронно-точечные формулы молекул: H_2 , H_2O , HCl , NaN и укажите типы химических связей.

1004. Укажите, какие из перечисленных веществ можно использовать для получения водорода а) в лаборатории; б) в промышленности: H_2O , H_2SO_4 , HCl , Al , NaOH , Zn , C . Составьте уравнения соответствующих реакций.

1005. Один цилиндр заполнили водородом, а другой — кислородом. Как определить, какой газ находится в каждом цилиндре?

1006. Предскажите продукты следующих реакций:
а) $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow ?$; б) $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow ?$; в) $\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow ?$; г) $\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow ?$;
д) $\text{K} + \text{H}_2 \rightarrow ?$

1007. Составьте уравнения следующих химических превращений и укажите условия их протекания:



1008. Составьте термохимическое уравнение реакции образования хлороводорода из простых веществ, если известны энергии связей (в кДж/моль):

H_2 — 432,1; Cl_2 — 242,8; HCl — 431,6.

1009. Массовая доля углерода в газообразном соединении — 0,75, водорода — 0,25. Относительная плотность этого газа по водороду 8. Составьте его химическую формулу.

1010. Почему гидрид кальция CaH_2 называют твердым источником топлива? Ответ подтвердите, рассчитав объем водорода (при н. у.), который выделяется при взаимодействии 1 кг гидрида кальция с водой.

ВОДА

1011. Назовите соединение:

- а) наиболее распространенное соединение на Земле;
- б) единственное, существующее в природе в трех агрегатных состояниях;
- в) необходимое для поддержания жизни.

1012. В 1781 г. Г. Кавендиш показал, что при сгорании водорода образуется вода. Составьте уравнение реакции, которую он осуществил.

1013. Опишите геометрическое строение молекулы воды, укажите ее геометрическую форму, значения валентного угла и длину связи $\text{O}-\text{H}$.

1014. Опишите электронное строение молекулы воды, укажите тип связи $\text{O}-\text{H}$, число неподеленных пар атома кислорода.

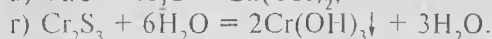
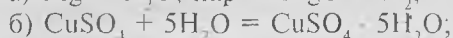
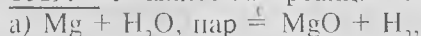
1015. С какими оксидами реагирует вода при 25 °С: SiO_2 , Al_2O_3 , CO , CO_2 , CaO . Составьте соответствующие уравнения реакций.

1016. С какими простыми веществами реагирует вода при 25 °С: Si, Ca, Cu, N₂, Cl₂. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1017. Укажите, при растворении каких из веществ: сахара, кислорода, углекислый газ, этиловый спирт, хлороводородная кислота, оксид бария, аммиак вода выступает в качестве растворителя.

1018. Укажите, какие из веществ: этиловый спирт, сахара, уксусная кислота, кислород, азот, углекислый газ, сернистый газ, аммиак, хлороводород хорошо растворяются в воде.

1019. Укажите тип реакции с участием воды:



1020. Какая вода — обычная H₂O или тяжелая D₂O имеет:

а) более низкую температуру кипения; б) более высокую температуру замерзания. Ваш выбор объясните.

Литературная задача

Прочитайте русские пословицы:

«Мать водица — всему царица».

«Нет воды — нет жизни».

«Без реки — нет земли».

Найдите пословицы, в которых бы говорилось о других химических веществах.

ХЛОР

1021. В трех сосудах находятся водород, кислород и хлор. Как распознать хлор, не прибегая к химическим реактивам, если сосуды изготовлены: а) из бесцветного стекла; б) из окрашенного стекла.

1022. Смесь равных объемов хлора и водорода взорвали в закрытом сосуде. После реакции сосуд охладил до первоначальной температуры. Предскажите, как изменится давление в сосуде.

1023. Взорвали смесь, содержащую: а) 30 % хлора и 70 % водорода (по объему); б) 70 % хлора и 30 % водорода (по объему). Вычислите состав образовавшейся смеси газов (в объем. %).

1024. Укажите типы химических связей в соединениях: а) KCl; б) HCl; в) Cl₂.

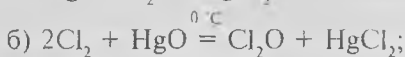
1025. Хлор в лаборатории получают окислением хлороводорода: а) перманганатом калия; б) диоксидом марганца; в) гипохлоритом кальция. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1026. В промышленности хлор получают окислением хлороводорода воздухом в присутствии катализаторов. Вычислите объем хлора, который можно получить из 15 л хлороводорода (измерен при 25 °С и 101,3 кПа).

1027. Укажите, как изменяются в ряду F, Cl, Br, I:

- а) атомные радиусы;
- б) интенсивность окраски;
- в) реакционная способность по отношению к водороду;
- г) окислительная способность.

1028. Определите степени окисления хлора в соединениях и укажите, в каких реакциях хлор проявляет окислительные, а в каких — восстановительные свойства.



1029. Какие реакции называют реакциями горения? Составьте уравнения реакций горения лития и магния: а) в кислороде; б) в хлоре. Что общего между ними с точки зрения электронной теории?

1030. При взаимодействии двух простых газообразных веществ А и Б образуется газообразное вещество В. Если в раствор вещества В поместить цинк, образуются вещества А и Г. Вещество Г можно получить также непосредственным взаимодействием цинка с веществом Б. Расшифруйте вещества А, Б, В и Г. Учтите, что из всех простых газообразных веществ вещество Б имеет самую высокую температуру кипения. Составьте уравнения соответствующих реакций.

Лингвистическая задача

Греческое *ген* в качестве приставки или суффикса входит во многие научные термины, например, *генератор*. Обычно оно означает рост или образование чего-либо. Греческое *галс* означает соль. Что означает термин *галоген*?

ХЛОРОВОДОРОД, СОЛЯНАЯ КИСЛОТА

1031. В трех сосудах находятся: хлор, хлороводород, водород. Как распознать хлороводород, не прибегая к химическим реактивам?

1032. В трех сосудах находятся растворы: соляной кислоты, гидроксида натрия и хлорида натрия. Как распознать растворы, используя минимальное количество химических веществ?

1033. При взаимодействии каких двух веществ образуется хлороводород: NaCl , KCl , H_2SO_4 , KHSO_4 ? Составьте уравнения соответствующих реакций?

1034. В каких случаях образуется хлороводород:

- а) при умеренном нагревании кристаллического хлорида натрия с концентрированной серной кислотой;
- б) при взаимодействии растворов хлорида натрия и серной кислоты? Ваш выбор объясните.

1035. Объясните, почему после того, как к соляной кислоте добавили немного концентрированной серной кислоты, она начинает «дымить» сильнее.

1036. К каким кислотам — кислотам-окислителям или кислотам-неокислителям — относится хлороводородная кислота? Ваш выбор подтвердите примерами.

1037. Какая из кислот HF , HCl , HBr , HI является:

- а) самым сильным восстановителем;
- б) самой сильной кислотой?

Ваш выбор объясните.

1038. Можно ли получить дым без огня? Для доказательства Юный Химик приготовил две короткие веревочки, одну опустил в соляную кислоту, а другую — в раствор аммиака в воде. Появился густой белый дым. Что наблюдал Юный Химик? Составьте уравнение соответствующей реакции.

1039. Приведите пример реакции, в которой хлороводород проявляет кислотные и восстановительные свойства.

1040. Смесь трех газов взорвали в замкнутом сосуде. Какая кислота образовалась при этом и какова ее массовая доля в растворе, если первый газ получили действием соляной кислоты на цинк массой 21,45 г, второй — разложением перманганата калия массой 47,41 г, а третий — действием избытка соляной кислоты на диоксид марганца массой 2,61 г.

ХЛОРИДЫ

1041. Приведите названия минералов, состав которых передают химические формулы:

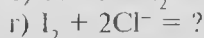
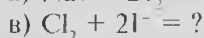
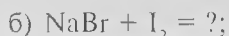
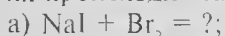
- а) NaCl ; б) KCl ; в) $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

1042. Шведский химик К. Шееле изучал свойства соли хлорида белого цвета, которая не имела запаха в темноте, а на свету начинала темнеть и появлялся запах хлора. Назовите соль.

1043. Как получают хлориды: MgCl_2 , FeCl_2 , FeCl_3 , PCl_5 в лаборатории? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1044. Укажите, какие из галогенидов не растворимы в воде: CuCl_2 , CuCl , FeCl_2 , FeCl_3 , AlCl_3 , AgCl , AgBr , AgI , AgF , MgCl_2 , PbCl_2 , CaCl_2 .

1045. Составьте вытеснительный ряд галогенов. В каких случаях происходит замещение:



1046. В трех пробирках находятся соли: хлорид натрия, сульфат натрия и нитрат свинца. С помощью какого реактива можно распознать хлорид натрия? Составьте уравнение ионно-молекулярной реакции.

1047. Какие кислоты образуются при гидролизе: а) SiCl_4 ; б) PCl_5 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1048. В трех пробирках находятся сухие соли: хлорид натрия, карбонат натрия, сульфид натрия. Как распознать вещества, используя только один реактив? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1049. В четырех пробирках без надписей находятся вещества: азотная кислота, нитрат серебра, хлорид натрия и фосфат натрия. Как, не прибегая к другим реактивам, распознать вещества?

1050. Известно, что металлический цинк растворяется в водном растворе хлорида цинка. Составьте уравнение реакции и объясните причину ее протекания. Будет ли цинк растворяться в водных растворах хлорида калия, хлорида бария, хлорида алюминия, хлорида железа (III)? Составьте уравнения соответствующих реакций.

Загадка

Из воды родится, а воды боится. Что это такое?

КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ ХЛОРА

1051. Определите степени окисления хлора в оксидах: Cl_2O , ClO_2 , Cl_2O_6 , Cl_2O_7 . Назовите оксиды.

1052. Определите степени окисления хлора в кислотах: HClO , HClO_2 , HClO_3 , HClO_4 . Назовите кислоты, приведите традиционные названия, а также названия по современной химической номенклатуре.

1053. Составьте уравнения электролитической диссоциации солей: KClO , KClO_2 , KClO_3 , KClO_4 . Назовите соли, приведите традиционные названия, а также названия по современной химической номенклатуре.

1054. Составьте формулы солей: гипохлорит кальция, перхлорат натрия, хлорат бария, гипохлорит натрия.

1055. Как в ряду кислот HClO , HClO_2 , HClO_3 , HClO_4 изменяются:

- а) кислотные свойства;
- б) термическая устойчивость;
- в) окислительная способность?

1056. Кислый раствор хлорноватистой кислоты:

- а) окисляет ионы железа (II) до ионов железа (III);
- б) на солнечном свете разлагается с образованием кислорода;
- в) при нагревании приблизительно до 75°C он диспропорционирует на хлорид-ионы и хлорат-ионы.

Составьте уравнения соответствующих реакций.

1057. Хлорат калия (бертолетова соль) используют в лаборатории для получения кислорода в присутствии диоксида марганца в качестве катализатора. При нагревании этой соли до более низкой температуры в отсутствие катализатора происходит образование перхлората калия. Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

1058. Составьте уравнение реакции между гипохлоритом кальция и соляной кислотой, подберите коэффициенты.

1059. Соли кислородсодержащих кислот хлора имеют важное промышленное значение, их получают в больших количествах:

- а) гипохлорит натрия получают электролизом холодного рассола (раствор хлорида натрия), затем хлор, выделяющийся на аноде, смешивают с раствором гидроксида натрия, образующегося на катоде;
- б) хлорат натрия получают электролизом горячего рассола, образующийся при этом хлор также смешивают с раствором гидроксида натрия;
- в) перхлорат натрия получают электролизом раствора хлората натрия.

Составьте соответствующие уравнения, а также уравнения суммарных реакций.

1060. Какие из семи возможных оксидов хлора: Cl_2O , ClO , Cl_2O_3 , ClO_2 , Cl_2O_4 , ClO_3 , Cl_2O_7 существует как индивидуальные соединения? Какие — как короткоживущие свободные радикалы? Каково строение оксида хлора Cl_2O_6 в кристаллическом состоянии? Как получают оксиды хлора? Составьте уравнения соответствующих реакций.

ФТОР, БРОМ, ЙОД

1061. В трех сосудах находятся хлор, бром и йод. Можно ли распознать вещества, не прибегая к химическим реактивам? Можно ли поместить фтор в стеклянный сосуд?

1062. Объясните, почему можно получить хлорную воду, но нельзя получить фторную воду?

1063. Приведите примеры реакций горения: а) в кислороде; б) во фторе; в) при которой кислород является не реагентом, а продуктом реакции.

1064. Хлороводород получают, действуя концентрированной серной кислотой на кристаллический хлорид калия. Почему подобным способом нельзя получить бромоводород или йодоводород? Ваш ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

1065. Для получения брома в лабораторных условиях добавляют диоксид марганца (IV) к смеси концентрированной серной кислоты с бромидом калия, а для получения йода — к смеси серной кислоты с йодидом калия. Составьте соответствующие ионно-молекулярные уравнения реакций.

1066. Как получают фтор? Можно ли получить фтор химическим путем?

1067. Приблизительно 50 % всего добываемого в мире йода извлекают из чилийской селитры NaNO_3 , содержащей примерно 0,2 % йодата натрия NaIO_3 . Его восстанавливают гидросульфитом натрия NaHSO_3 . Вычислите массу селитры, из которой можно извлечь йод, необходимый для приготовления 50 мл йодной настойки. (Йодная настойка, которую можно купить в аптеке, представляет собой 5 %-ный раствор йода в этиловом спирте, плотность спирта 0,7893 г/см³ при 20 °C).

1068. Вычислить плотность паров брома по воздуху. Как освободить стеклянный цилиндр от паров брома: а) поставить цилиндр на дно; б) опрокинуть вверх дном?

1069. Как получают фтороводород? Какие меры предосторожности следует применять при получении фтороводорода в стеклянной посуде?

1070. Некоторая бинарная соль калия массой 12,59 г окисляет в щелочной среде сульфит натрия массой 3,78 г. Определите формулу соли. Как ее получают в водном растворе? Составьте уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.

Лингвистическая задача

Названия каких химических элементов произошли от греческих: а) *хлорос* — зеленовато-желтый; б) *бромос* — зловонный; в) *иодес* — фиолетовый.

СОЕДИНЕНИЯ ГАЛОГЕНОВ, ПРИМЕНЕНИЕ

1071. Первая фотографическая пластинка представляла собой медную пластинку с серебряным покрытием. Ее обрабатывали в парах йода, после чего она покрывалась слоем серебра. На тех частях пластинки, которые затем подвергались действию света, происходило восстановление серебра. Йодид серебра, оставшийся на незасвеченных частях пластинки, удаляли, промывая ее соленой водой. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1072. Французский химик К. Л. Бертолле впервые в 1788 г. применил «жавелевую воду» для отбели тканей и бумаги. Для этого он пропускал хлор через холодный раствор гидроксида натрия. Составьте уравнение реакции.

Что произойдет, если «жавелевую воду» оставить на свету?

1073. Отбеливателями называются химические вещества, которые удаляют нежелательную окраску с обрабатываемых материалов. Укажите окислительные и восстановительные отбеливатели среди бытовых отбеливателей: NaClO , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, H_2O_2 , O_2 , SO_2 , Na_2SO_3 .

1074. Хлорная известь, получаемая в промышленности из хлора и гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, представляет собой смесь гипохлорита кальция $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ с CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Формулу хлорной извести

записывают в виде CaOCl_2 . На чем основано дезинфицирующее и отбеливающее действие хлорной извести?

1075. Объясните, почему белящий щёлк (жавелева вода) NaClO и KClO имеет запах хлорноватистой кислоты.

1076. Большие количества фтороводорода используются для получения различных фторидов, применяемых, например, в зубных пастах. Вычислите, какой объем фтороводорода (при 25°C и $101,3\text{ кПа}$) можно получить из 100 кг технического флюорита, содержащего 20% примесей.

1077. Фосген COCl_2 в первую мировую войну использовался как боевое отравляющее вещество. Как его можно получить? Изобразите структурную формулу фосгена.

1078. Для профилактики ящура рогатого скота готовят специальный раствор. На ведро питьевой воды добавляют 10 мл $8,3\%$ -ного раствора соляной кислоты (плотность $1,040\text{ г/мл}$). Как приготовить пять ведер такой воды, если в лаборатории имеется только 25% -ный раствор соляной кислоты (плотность $1,125\text{ г/мл}$)?

1079. В одном из фантастических романов приведено описание космического корабля:

«Это была «кислородная комната». В ней хранились запасы кислорода в виде 25 т бертолетовой соли, из которой можно было выделить по мере надобности 10 тыс кубических метров кислорода».

Проверьте, правильно ли выполнил вычисления автор романа.

1080. Бертолетову соль KClO_3 используют в производстве спичек, взрывчатых веществ и пиротехнических средств. Ее получают по схеме: $\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{Ca(OH)}_2} \text{Ca(ClO}_3)_2 \xrightarrow{\text{KCl}} \text{KClO}_3$. Вычислите, в тоннах расход хлора, негашеной извести и хлорида кальция, необходимых для получения 1 т бертолетовой соли, практический выход которой составляет 80% .

КИСЛОРОД, ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1081. Кислород впервые получили: а) шведский химик К. Шееле в 1770 г. при нагревании селитры NaNO_3 ; б) английский химик Д. Пристли при разложении оксида ртути HgO и свинцового сурика Pb_3O_4 . Составьте уравнения соответствующих реакций.

1082. А. Лавуазье в 1775 г. назвал открытый Д. Пристли газ *oxxygenium* — кислород, т. е. рождающий кислоты. Действительно ли кислород входит в состав всех кислот?

1083. Приведите примеры кислородсодержащих соединений.

1084. Объясните, почему по массе кислорода в земной коре меньше 50 %, а по числу атомов — больше 50 %. Вычислите массовую долю кислорода и долю атомов кислорода в: а) кремнеземе SiO_2 ; б) в известняке CaCO_3 .

1085. Объясните, почему в жаркую погоду в мелких водоемах иногда гибнет рыба от нехватки кислорода.

1086. Как получают кислород в промышленности? Назовите основные методы, укажите процессы, на которых они основаны.

1087. Жидкий воздух охладили до температуры 200 °С. Какой газ — азот или кислород — улетучивается первым?

1088. Как собирают газообразный кислород? Изобразите прибор для получения кислорода разложением кислородсодержащего вещества.

1089. Укажите, какие вещества разложили для получения кислорода, если в результате реакции получили твердые продукты: а) марганат калия и диоксид марганца; б) хлорид калия; в) ртуть; г) серебро.

1090. Составьте формулу для вычисления массовой доли кислорода в оксиде состава A_2O_n .

Вопрос для умников и умниц

Каким известным химикам установлены памятники?

ОЗОН

1091. Назовите аллотропные модификации кислорода, сравните их состав, строение и свойства. Какая из них наиболее устойчива?

1092. При каких условиях осуществляются химические превращения: а) $\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$; б) $\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2$?

1093. Какая из молекул — O_2 или O_3 химически более активна? Ваш выбор обоснуйте.

1094. Составьте уравнения реакций:

а) $\text{CH}_4 + \text{O}_2 = ?$;

б) $\text{CH}_4 + \text{O}_3 = ?$

1095. При взаимодействии с активными металлами озон образует озониды. Составьте уравнение реакции образования озонида калия.

1096. Объясните, почему озон после грозы обнаруживается у поверхности Земли.

1097. Объясните, почему озон используют для обеззараживания воды. Какой способ обработки воды — озонирование или хлорирование имеет преимущества?

1098. Содержание озона в атмосфере по современным оценкам составляет по объему — $2 \cdot 10^{-6} \%$, по массе — $3,3 \cdot 10^{-6} \%$. Вычислите, какая масса озона находится в воздухе, если масса атмосферы $5,5 \cdot 10^{15}$ т (задача 1275).

1099. В процессе синтеза озона и в процессе его разложения поглощается ультрафиолетовое излучение. Так, в процессе синтеза озона кислород поглощает ультрафиолетовое излучение и диссоциирует на атомы. Атомы кислорода сталкиваются с молекулами кислорода и соединяются с ними, образуя озон. Образовавшиеся таким образом молекулы озона способны поглощать ультрафиолетовое излучение с другой энергией и при этом разрушаются. Составьте уравнения соответствующих реакций, а также суммарное уравнение природного равновесия кислород $\rightleftharpoons$ озон.

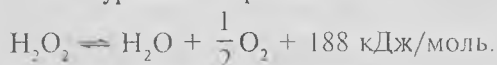
1100. Предложите механизм разрушения озонового слоя при попадании в атмосферу: а) фреонов CF_2Cl_2 ; б) оксида азота NO .

ПЕРОКСИД ВОДОРОДА

1101. Какие из соединений: Na_2O , KO_2 , Na_2O_2 , OF_2 , O_2F_2 , BaO_2 являются пероксидами?

1102. Объясните, почему изменит цвет фильтровальная бумага, пропитанная раствором крахмала и йодида калия при действии на нее раствором пероксида водорода.

1103. Вычислите, какое количество теплоты выделяется при разложении 1 кг жидкого пероксида водорода, используя термохимическое уравнение реакции.



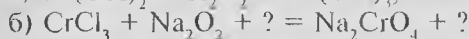
Можно ли пероксид водорода использовать в качестве реактивного топлива?

1104. Объясните, почему реакция окисления пероксида водорода перманганатом калия протекает с большой скоростью?

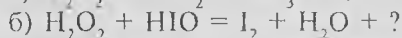
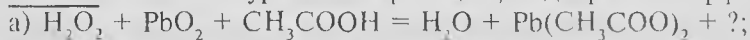
1105. Почему окисление пероксидами можно рассматривать как окисление атомарным кислородом?

Назовите продукт: а) восстановления, б) окисления пероксида водорода.

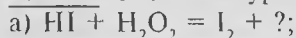
1106. Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты:



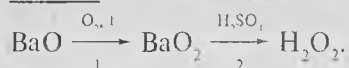
1107. Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты:



1108. Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты:



1109. Составьте уравнения реакций, соответствующих схеме:



1110. В лаборатории имеется темный пузырек без надписи с бесцветной прозрачной жидкостью А. При хранении на свету из этой жидкости выделяется газ Б. При добавлении в жидкость Б подкисленного раствора перманганата калия также выделяется газ Б. Газ Б хорошо поддерживает горение. При добавлении к раствору йодида калия этой жидкости выделяется кристаллическое вещество В темного цвета. Расшифруйте вещества А, Б, В. Составьте уравнения соответствующих реакций.

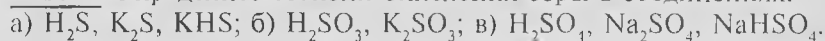
СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ

1111. Установите молекулярную формулы серы, если известно, что ее молекулярная масса равна 256,48.

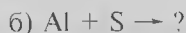
1112. Встречается ли сера в природе в свободном виде? Назовите наиболее распространенные природные соединения серы.

1113. Укажите тип химических связей в соединениях: H_2S , SO_2 , K_2S , KHS .

1114. Определите степени окисления серы в соединениях:



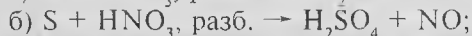
1115. Сера реагирует с большинством металлов, а также некоторыми неметаллами. Составьте уравнения реакций:



Назовите продукты реакций.

1116. Какие свойства — окислительные или восстановительные могут проявлять сера и серная кислота? Предскажите продукты их взаимодействия, составьте уравнение реакции, подберите коэффициенты.

1117. Составьте уравнения реакций окисления серы азотной кислотой, подберите коэффициенты:



1118. Составьте формулы соединений серы: дихлорид дисеры, триоксид серы, персульфид натрия, персульфид железа (II), гексафторид серы.

1119. Объясните, почему пролитую ртуть собирают медной пластинкой, засыпают то место, где находилась ртуть, тонким порошком серы и мокрыми опилками. Напишите уравнения реакций, которые при этом происходят.

1120. При взаимодействии каких двух веществ, содержащих серу, образуется: а) сера и вода; б) диоксид серы и вода; в) два серосодержащих соединения. Приведите примеры уравнений таких реакций.

СЕРОВОДОРОД, СЕРОВОДОРОДНАЯ КИСЛОТА И ЕЕ СОЛИ

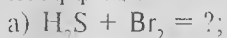
1121. Как получить сероводород, исходя из кристаллических: а) сульфида железа (II); б) сульфида алюминия? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1122. Различаются ли продукты горения сероводорода: а) при ограниченном доступе воздуха; б) при избыточном доступе воздуха? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1123. Приведите названия солей: K_2S , KHS , FeS , Fe_2S_3 .

1124. Составьте уравнения электролитической диссоциации сероводородной кислоты и ее солей: Na_2S , NaHS , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, NH_4HS .

1125. Объясните, почему сероводород обладает только восстановительными свойствами. Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты:



1126. Объясните, почему сульфиды щелочных металлов растворяются в воде с образованием щелочных растворов. Ваш ответ подтвердите уравнением соответствующей реакции.

1127. Как получают нерастворимые сульфиды металлов? Приведите примеры соответствующих реакций.

1128. Составьте уравнения реакций взаимодействия сероводородной кислоты с: а) оксидом натрия; б) гидроксидом кальция; в) сульфидом натрия; г) цинком.

1129. Юный Химик получил водород, содержащий примесь сероводорода. С помощью какого раствора он сможет очистить водород: раствор гидроксида калия, раствор нитрата свинца (II), раствор хлороводородной кислоты?

1130. При сливании растворов А и Б выпал черный осадок В. При действии на осадок В раствором Г черный осадок становится белым Д. Расшифруйте вещества А, Б, В и Г. Составьте уравнения соответствующих реакций.

ОКСИДЫ СЕРЫ

1131. Диоксид серы в лаборатории получают: а) сжигая серу в воздухе; б) добавляя теплый разбавленный раствор кислоты к раствору сульфита; в) нагревая концентрированную серную кислоту с медью. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1132. Какие из оксидов серы являются солеобразующими? Приведите примеры уравнений соответствующих реакций.

1133. Какие равновесия существуют в водном растворе диоксида серы, если известно, что сернистая кислота слабая и малоустойчивая?

1134. Приведите уравнения реакций, которые доказывают, что диоксид серы — кислотный оксид.

1135. Приведите уравнения реакций, которые доказывают, что триоксид серы — кислотный оксид.

1136. Дioxid серы играет существенную роль в загрязнении атмосферы. Какие реакции с его участием приводят к образованию кислотных дождей. Составьте их уравнения.

1137. При каких условия равновесие реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 + 198 \text{ кДж}$ сдвигается в сторону образования триоксида серы? Как можно ускорить эту реакцию?

1138. Каков механизм реакции: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{NO}_2} 2\text{SO}_3$ в присутствии катализатора диоксида азота NO_2 ? Составьте уравнение этой реакции с участием катализатора.

1139. Какими свойствами — окислительными или восстановительными обладают оксиды серы? Приведите примеры уравнений соответствующих реакций.

1140. Вычислите, какую массу триоксида серы следует растворить в 200 мл 96 %-ной серной кислоты (плотность 1,8 г/мл) для того, чтобы получить 30 %-ный олеум.

СЕРНАЯ КИСЛОТА

1141. Если сосуд, почти доверху заполненный концентрированной серной кислотой, оставить открытым, то через несколько дней жидкость начнет переливаться через край сосуда. Объясните, почему.

1142. Какие из газов: аммиак, углекислый газ, хлороводород, хлор можно осушить, пропуская их через серную кислоту?

1143. В двух закрытых сосудах без надписей находятся соответственно концентрированная серная кислота и соляная кислота. Как распознать серную кислоту, не вынимая пробок?

1144. Объясните, почему голубые кристаллы $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$ под действием концентрированной серной кислоты теряют окраску.

1145. Приведите уравнения реакций (в молекулярной и ионно-молекулярной форме), которые доказывают, что серная кислота проявляет свойства сильной двухосновной кислоты.

1146. Составьте ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия серной кислоты с: а) раствором хлорида бария; б) раствором хлорида кальция; в) раствором нитрата серебра.

1147. Оксиды серы можно получить, нагревая концентрированную серную кислоту с: а) серой; б) с пентаоксидом дифосфора.

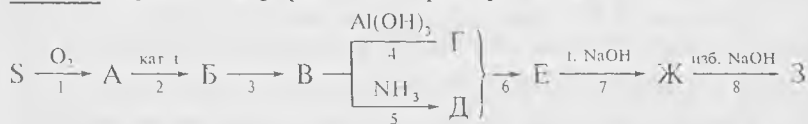
Составьте уравнения соответствующих реакций. Какая из них является окислительно-восстановительной?

1148. Какие свойства — окислительные или восстановительные — проявляет концентрированная серная кислота? Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты:



1149. В двух сосудах без надписей находятся соответственно разбавленная соляная кислота и разбавленная серная кислота. Как распознать серную кислоту? Составьте уравнения соответствующих химических реакций.

1150. Процесс переработки серы происходит по схеме:



Расшифруйте вещества А—З. Составьте уравнения соответствующих реакций.

СУЛЬФАТЫ, СУЛЬФИТЫ И ТИОСОЕДИНЕНИЯ

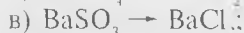
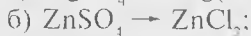
1151. Объясните, почему известковая вода становится мутной при пропускании через нее сернистого газа. Ваш ответ подтвердите уравнением соответствующей реакции.

1152. Объясните, почему в лаборатории предпочитают получать медный купорос действием концентрированной серной кислоты на металлическую медь, а не на оксид меди.

1153. Объясните, почему концентрированную серную кислоту хранят в стальных резервуарах, в то время как железо реагирует с разбавленной серной кислотой.

1154. Объясните, почему растворять медь в концентрированной серной кислоте нужно в вытяжном шкафу, а растворять железо в разбавленной серной кислоте можно и без тяги. Ваш ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

1155. Составьте уравнения химических превращений:



1156. Какие из сульфатов разлагаются при нагревании: Na_2SO_4 , K_2SO_4 , ZnSO_4 , FeSO_4 , Ag_2SO_4 , HgSO_4 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1157. Приведите примеры уравнений реакций, в которых сульфит натрия проявляет восстановительные свойства.

1158. Юный Химик при кипячении раствора сульфита натрия с водой получил раствор тиосульфата натрия. Он прибавил к нему раствор серной кислоты. Что наблюдал Юный Химик? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1159. В промышленности железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ получают обработкой колчедановых недогарков — так называют смесь оксидов железа (II) и (III) с сульфидом железа (II) — раствором серной кислоты. Как сырье иногда используют порошок железа. Составьте уравнения соответствующих реакций. Объясните, с какой целью используют порошок железа.

1160. Предложите способы разделения солей: Na_2S , Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Na_2SO_4 . Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

АЗОТ

1161. Объясните, почему фосфор распространен в природе только в виде соединений, тогда как азот — главным образом в свободном виде.

1162. Объясните, почему существуют молекулы NCl_3 , PCl_3 и PCl_5 и не существует молекула NCl_5 ?

1163. Изобразите электронно-точечные структуры и укажите число неподеленных пар в соединениях азота: N_2 , NH_3 , NH_4^+ , NO .

1164. Укажите типы химических связей в соединениях: N_2 , NH_3 , NH_4^+ , NO .

1165. В пяти стеклянных сосудах находятся газы: азот, хлор, сернистый газ, кислород, углекислый газ. Как распознать азот?

1166. Сравните, при каких условиях реагируют кислород и азот с: а) магнием; б) водородом; в) медью; г) хромом. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1167. Как получают азот: а) в промышленности; б) в лаборатории? Приведите уравнения соответствующих реакций.

1168. Из атмосферы Земли, содержащей $3 \cdot 10^{15}$ т азота, ежегодно на промышленные нужды отбирается $1 \cdot 10^6$ т азота. Предположите, что азот перестал поступать в атмосферу. Вычислите, через сколько лет он будет весь израсходован. Насколько справедливо ваше предположение?

1169. Обсудите, какие из газов и почему можно использовать для заполнения воздушных шаров: водород, гелий, азот, кислород.

1170. Газ, составляющий четыре пятых воздуха, А. Лавуазье назвал безжизненным. Позднее его переименовали в *нитроген*, что в переводе с латинского означает селитрообразующий. О каком газе идет речь?

АММИАК

1171. Истории происхождения химических терминов всегда занимательны. Термин «аммиак» связан с именем египетского бога Амона. Храм этого бога отапливали верблюжьим навозом, среди продуктов горения которого были соединения NH_3 и HCl . Как следствие, стены и потолок храма покрылись сажей, на фоне которой поблескивали белые игольчатые кристаллы, получившие название «соль Аммона». Какой состав имеет эта соль? Как называют это соединение в быту? Какой не известный ранее газ выделили из этой соли?

1172. В промышленности аммиак получают из азота и водорода: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + 92 \text{ кДж}$. Как влияют на равновесие этой реакции: а) повышение температуры; б) повышение давления; в) увеличение концентрации реагентов; г) удаление аммиака из сферы реакции?

1173. Выход аммиака при температуре 500°C и давлении 25 МПа в присутствии смешанного катализатора (железо, щелочной гидроксид, глинозем) равен только 15 %. При каких условиях достигают практически полного связывания азота?

1174. Объясните, почему в XVIII веке аммиак называли «летучей щелочью».

1175. В пяти стеклянных сосудах находятся газы: аммиак, углекислый газ, хлор, кислород, азот. Как распознать аммиак?

1176. Юный Химик приготовил раствор аммиака и раствор гидроксида натрия, поместил их в две фарфоровые чашки и выпарил досуха. Что наблюдал Юный Химик?

1177. Как получают аммиак в лаборатории? Как его осушают? Как собирают аммиак в сосуд?

1178. В раствор аммиака в воде добавили несколько капель фенолфталеина, а затем растворили небольшое количество кристаллического хлорида аммония. Объясните, почему и как изменится окраска раствора.

1179. Юный Химик добавил несколько капель раствора аммиака в воде к раствору сульфата меди (II). Выпал осадок. Однако при дальнейшем добавлении раствора аммиака осадок растворился и раствор приобрел ярко-синее окрашивание. Составьте уравнения соответствующих реакций в ионно-молекулярной форме.

1180. Юный Химик нашел разорванный конспект. Помогите ему восстановить левые части уравнений реакций:

а) $? = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;

б) $? = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$;

в) $? = \text{N}_2 + 6\text{HCl}$;

г) $? = 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$.

ОКСИДЫ АЗОТА

1181. В четырех закрытых стеклянных сосудах находятся газы: диоксид азота, монооксид азота, аммиак, азот. Как распознать газы, не прибегая к химическим реактивам.

1182. Юный Химик получил монооксид азота в открытом сосуде и пришел к заключению, что этот газ имеет коричнево-бурую окраску. Какую ошибку допустил Юный Химик?

1183. В двух закрытых сосудах из окрашенного стекла находятся оксиды азота NO и NO_2 . Предложите простой способ распознавания газов.

1184. В лаборатории в закрытом сосуде собрали монооксид азота. Как освободить его от: а) примесей диоксида азота; б) примесей водяного пара?

1185. Диоксид азота растворили в воде: а) на холоде; б) при нагревании; в) в присутствии кислорода. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1186. Монооксид азота получают взаимодействием разбавленной азотной кислоты на некоторые металлы. Приведите примеры соответствующих реакций.

1187. Какие оксиды азота получают по уравнениям реакций:

а) $N_2 + O_2 = ?$; б) $NO + NO_2 = ?$; в) $NO + O_2 = ?$

1188. Пентаоксид диазота N_2O_5 получают дегидратацией азотной кислоты фосфорным ангидритом P_2O_5 . Составьте уравнение соответствующей реакции.

1189. Приведите уравнения реакций, на основе которых можно получить диоксид азота NO_2 .

1190. Приготовили смесь оксида азота и водорода в объемном отношении 1 : 3. После взрыва и конденсации паров воды, объем образовавшегося газа составил 25 % от объема исходной смеси. Объемы газов измеряли при одинаковых условиях. Составьте формулу оксида азота.

СОЛИ АММОНИЯ

1191. Назовите соединения: $N_2H_4O_2$, $N_2H_4O_3$, NH_4SO_4 , $N_2H_8SO_4$, $N_2H_8Cr_2O_7$.

1192. Составьте уравнения диссоциаций солей аммония: NH_4NO_2 , NH_4NO_3 , NH_4HSO_4 , $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_2Cr_2O_7$.

1193. Составьте уравнения гидролиза солей аммония:

а) NH_4NO_3 ; б) $(NH_4)_2S$.

1194. Составьте ионно-молекулярные уравнения реакций в растворах между:

а) NH_4Br и KOH ; б) NH_4I и $AgNO_3$; в) $(NH_4)_2SO_4$ и $Ca(OH)_2$; г) $(NH_4)_2CO_3$ и HCl .

1195. Объясните, почему гидрокарбонат применяют при выпечке некоторых изделий из теста.

1196. Составьте уравнения реакций разложения соединений: NH_4HSO_4 , NH_4Cl , NH_4NO_3 , NH_4NO_2 , $(NH_4)_2Cr_2O_7$.

1197. Предложите два способа получения аммиака из кристаллического фосфата аммония.

1198. Сульфат аммония применяют в минеральных удобрениях. В промышленности его получают при пропускании углекислого газа через водоаммиачную смесь гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ или ангидрита $CaSO_4$. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1199. Как превратить аммиак в нитрат аммония? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1200. В состав соли входят азот, водород и кислород. Массовая доля азота в ней составляет 44 %. Определите формулу соли. Какие вещества образуются при нагревании, окислении и восстановлении этой соли?

АЗОТНАЯ КИСЛОТА

1201. Какие из оксидов азота являются солеобразующими? Ваш ответ подтвердите примерами уравнений реакций.

1202. Азотную кислоту в лаборатории получают нагреванием нитрата натрия или нитрата калия с концентрированной серной кислотой. Объясните, почему образующаяся при этом кислота имеет желтую окраску, в то время как чистая азотная кислота бесцветная. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1203. Приведите примеры уравнений реакций (в молекулярной и ионно-молекулярной форме), доказывающих, что раствор азотной кислоты обладает типичными свойствами сильной кислоты.

1204. Концентрированная азотная кислота окисляет уголь и серу. Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

1205. Укажите, с какими из металлов: Cu, Fe, Cr, Al, Au и Pt концентрированная азотная кислота: а) не реагирует; б) реагирует с образованием защитного слоя оксида; в) реагирует с образованием диоксида азота.

1206. Кальций и магний реагируют с очень разбавленной азотной кислотой, вытесняя из нее водород, а цинк и медь ее восстанавливают, в результате чего в первом случае образуется нитрат аммония, а во втором — оксид азота. Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

1207. Составьте ионно-молекулярные уравнения реакций окисления азотной кислотой:

- а) ионов железа (II) до ионов железа (III);
- б) йодид-ионов до йода;
- в) сероводорода до серы.

1208. Нитраты растворимы в воде и термически неустойчивы. Какие из нитратов: KNO_3 , NaNO_3 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ разлагаются с образованием: а) нитрита; б) оксида; в) свободного металла. Приведите примеры соответствующих уравнений реакций.

1209. Составьте ионно-молекулярные уравнения реакций между растворами, содержащими: а) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и HNO_3 ; б) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; в) Na_2CO_3 и HNO_3 ; г) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2SO_4 .

1210. В лаборатории имеется твердая смесь нитратов бария и цинка. С помощью каких химических превращений можно получить раствор каждой из этих солей отдельно?

ФОСФОР

1211. Как распознать белый, красный и черный фосфор? Какая из аллотропных модификаций фосфора наиболее химически активна?

1212. Из каких молекул состоит белый фосфор? Какое они имеют строение? Как получают белый фосфор?

1213. Объясните, почему белый фосфор хранят под водой.

1214. Определите степени окисления фосфора в соединениях: PH_3 , P_4 , P_4O_6 , P_4O_{10} . Какое из них может проявлять только восстановительные свойства?

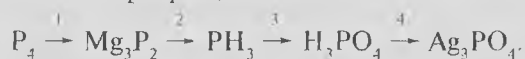
1215. Составьте химические формулы: фосфида кальция, фосфида алюминия, фосфида натрия.

1216. Составьте уравнение реакции взаимодействия фосфора с концентрированной азотной кислотой, в результате которой образуется фосфорная кислота и монооксид азота.

1217. В растворе щелочи фосфор диспропорционирует, образуя соединение NaH_2PO_2 и фосфин PH_3 . Составьте уравнение реакции, подберите коэффициенты.

1218. Как можно получить бинарные соединения фосфора: P_4O_{10} , P_4O_6 , PCl_3 , PCl_5 , PBr_3 , P_2S_3 ? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1219. Составьте уравнения, соответствующие следующим химическим превращениям:



1220. Юный Химик составил письменный заказ на реактивы, в котором написал: «фосфора — 0,5 кг». Почему его заказ не был выполнен?

Занимательное задание

Прочитайте отрывок из повести А. Конан Дойла «Собака Баскервиль»:

«Да! Это была собака, огромная, черная как смоль... Из ее отверстой пасти вырывалось пламя, глаза метали искры, по морде и загривку переливался мерцающий огонь. Ни в чьем воспаленном мозгу не могло бы возникнуть видение более страшное, более омерзительное, чем это адское существо, выскочившее на нас из тумана.

...Его огромная пасть все еще светилась голубоватым пламенем, глубоко сидящие дикие глаза были обведены огненными кругами. Я дотронулся до этой светящейся головы и, отняв руку, увидел, что мои пальцы тоже засветились в темноте.

— Фосфор, — сказал я».

А каким фосфором — белым или красным — «расписали собаку»? Перечислите свойства белого фосфора. Какую оценку по химии вы бы поставили доктору Ватсону?

ФОСФОРНЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ СОЛИ

1221. Какие из оксидов фосфора являются солеобразующими? Ваш ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

1222. Приведите названия соединений: H_3PO_3 , Na_3PO_3 , HPO_3 , H_3PO_4 , Na_3PO_4 , NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 .

1223. Определите степени окисления фосфора в соединениях:

H_3PO_3 , Na_3PO_3 , HPO_3 , H_3PO_4 , Na_3PO_4 , NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 .

1224. Приведите примеры уравнений реакций (в молекулярной и ионно-молекулярной форме) взаимодействия ортофосфорной кислоты с: а) основными оксидами; б) основаниями; в) солями.

1225. Составьте формулы солей: дигидроортофосфат кальция, гидроортофосфат кальция, ортофосфат кальция. Укажите их растворимость в воде.

1226. Вычислите массовую долю P_2O_5 в ортофосфатах: а) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; б) CaHPO_4 ; в) $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$.

1227. Составьте уравнения электролитической диссоциации: а) фосфорной кислоты; б) ортофосфата калия; в) дигидроортофосфата калия; г) гидроортофосфата калия.

1228. Составьте уравнения химических превращений:

- а) $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{HPO}_3$;
- б) $\text{HPO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$;
- в) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$;
- г) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{PO}_3)_2$.

1229. Какие ионы участвуют в химических превращениях:

- а) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + ? \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{PO}_4^-$;
- б) $\text{H}_2\text{PO}_4^- + ? \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$;
- в) $\text{HPO}_4^{2-} + ? \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$.

Составьте молекулярные уравнения соответствующих реакций.

1230. К гидроксиду кальция массой 3,7 г добавили раствор фосфорной кислоты объемом 42,3 мл (плотность 1,07 г/мл) с массовой долей кислоты 13 %. Вычислите массовую долю веществ в растворе после реакции и состав осадка, если известно, что растворимость дигидрофосфата кальция составляет 1,8 г на 100 г воды.

Лингвистическая задача

Название какого химического элемента в переводе на русский язык означает *светоносный*?

УГЛЕРОД И ЕГО ОКСИДЫ

1231. В XVIII столетии итальянские ученые «сожгли» большой алмаз, поместив его в фокус зеркала, которое концентрировало солнечные лучи. Что произошло с алмазом?

1232. Фламандский врач Ван Гельмонт первым изучил газ, полученный им при горении дерева. Он назвал его «лесным газом». Как называют этот газ в настоящее время?

1233. Объясните, почему монооксид углерода горит, а диоксид углерода не горит в атмосфере кислорода.

1234. Объясните, почему нагревать оксид цинка с углем следует только в вытяжном шкафу.

1235. Объясните, почему углекислый газ обычно «собирается» на дне подвалов, колодцев и пещер.

1236. Объясните, почему выхлопные газы автомобильных двигателей обязательно содержат угарный газ.

1237. В доменных печах происходит восстановление диоксида углерода раскаленным коксом. Составьте уравнение соответствующей реакции.

1238. Моноксид углерода получают восстановлением водяного пара раскаленным коксом. Составьте уравнение соответствующей реакции.

1239. Как получают диоксид углерода? Приведите уравнения реакций.

1240. Смесь двух неорганических солей разложилась при нагревании полностью. Выделившийся при этом газ для осушки пропустили через сосуд с концентрированной серной кислотой, а затем измерили его относительную плотность по водороду — 22. Если некоторое количество этого газа пропустить через трубку с твердой щелочью, его объем уменьшится вдвое, а плотность не изменится. При пропускании этого газа через трубку с раскаленной медной стружкой объем газа также не изменится, но плотность уменьшится. При прохождении того же газа через трубку с нагретым древесным углем его объем увеличится, а плотность уменьшится. Назовите исходные соли в смеси. Составьте уравнения соответствующих реакций.

Занимательное задание

Прочитайте отрывок из рассказа А. Конан Дойла «Случай с переводчиком»:

«— Угарный газ! — вскричал он [Холмс]. — Положите немного. Сейчас он уйдет. Заглянув в дверь, мы увидели, что комнату освещает только тусклое синее пламя, мерцающее в маленькой медной жаровне посередине...»

Объясните, почему Шерлок Холмс не позволил войти в комнату.

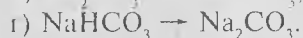
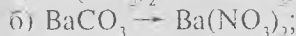
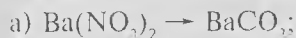
УГОЛЬНАЯ КИСЛОТА И ЕЕ СОЛИ

1241. Какой из оксидов углерода является солеобразующим? Приведите уравнения соответствующих реакций.

1242. Какие равновесия устанавливаются в растворе диоксида углерода в воде, если известно, что угольная кислота — слабая двухосновная кислота?

1243. Как можно отличить карбонаты от хлоридов; нитратов и сульфатов? Ваш ответ подтвердите уравнением соответствующей реакции.

1244. Составьте уравнения реакций (в молекулярной и ионно-молекулярной форме), соответствующих химическим превращениям:



1245. Какие из карбонатов: Na_2CO_3 , NaHCO_3 , MgCO_3 при нагревании разлагаются? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1246. Объясните, почему при пропускании углекислого газа через раствор хлорида бария осадок не выпадает, при пропускании через баритовую воду выпадает.

1247. В трех сосудах без надписей содержатся соответственно растворы: NaOH , NaHCO_3 и Na_2CO_3 . Как распознать вещества? Составьте уравнения реакций.

1248. Соду получают так называемым аммиачным способом. Концентрированный раствор поваренной соли насыщают аммиаком при охлаждении, а затем через этот раствор под давлением пропускают аммиак. Какие при этом происходят реакции? Составьте их уравнения.

1249. При взаимодействии трех солей А, Б и В, находящихся в избытке с одинаковым количеством соляной кислоты, выделяется один и тот же газ, объемы которого относятся как 1 : 2 : 4. Какие соли могут удовлетворять условию задачи?

1250. При растворении некоторого вещества Х в избытке раствора кислоты выделился газ А объемом 11,2 л (н. у.). При растворении такого же количества вещества Х в избытке щелочи выделился газ В объемом 11,2 л (н. у.). Плотности газов А и Б различаются в 2,59 раз. Расшифруйте газы А и В, определите вещество Х и вычислите его массу.

Занимательное задание

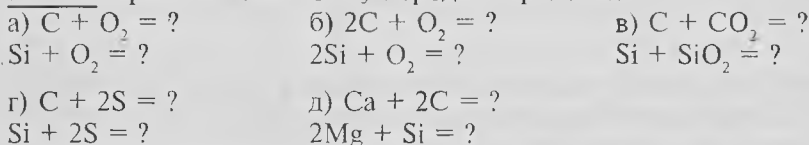
Прочитайте отрывок из романа Жюль Верна «Таинственный остров»:

«...притащили... изрядную гряду известняка, весьма распространенной горной породы... Из этих камней, рассыпавшихся при прокаливании их на огне, получалась жирная негашеная известь, которая сильно вздувалась и бурлила при гашении, известь такая же чистая, как та, что получается при обжигании мрамора или мела».

О каких химических реакциях идет речь в тексте?

КРЕМНИЙ

1251. Сравните свойства углерода и кремния:



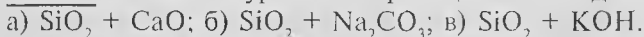
1252. В каких кислотах: HCl , H_2SO_4 (разб.), H_2SO_4 (конц.), HNO_3 (конц.), HNO_3 (разб.) растворяются: а) графит; б) кремний. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1253. Юный Химик поместил в одну пробирку кусочки графита, в другую — кремния и добавил раствор щелочи. Что он наблюдал? Составьте уравнения соответствующих реакций.

1254. Кремний можно получить:

- а) пропусканием паров фторида кремния над нагретым калием;
 - б) прокаливанием смеси кремнезема SiO_2 и металлического магния;
 - в) восстановлением хлорида кремния водородом.
- Составьте уравнения соответствующих реакций.

1255. Составьте уравнения реакций взаимодействия между:



1256. Как получают кремниевую кислоту? Составьте уравнение реакции.

1257. Концентрированные растворы силикатов натрия и калия называют жидким стеклом. Объясните, почему они имеют сильнощелочную реакцию.

1258. Объясните, почему растворы силикатов мутнеют при стоянии на воздухе.

1259. Какой состав имеет обычное стекло? Составьте уравнение реакции, по которой его получают сплавлением смеси соды, песка и известняка.

1260. Элементы А и В находятся в одном периоде Периодической системы и образуют соединение A_2B . При действии на A_2B соляной кислотой образуется газ Х, загорающий на воздухе, и соль У. Расшифруйте вещества Х и У, если известно, что газ Х содержит 12,5 % водорода, а соль У — 74,74 % хлора. Составьте уравнения соответствующих реакций.

БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ

1261. Элементы главной подгруппы восьмой группы называют или инертными или благородными. Какие из них являются инертными в истинном смысле этого слова?

1262. Какие ионы имеют такую же электронную конфигурацию, как и атом: а) гелия; б) аргона?

1263. Определите степени окисления элементов группы VIII А в соединениях:

а) XeO_4 ; б) XeF_6 , XeO_3 ; в) XeF_4 ; г) XeF_2 , KrF_2 , RnF_2 ; д) $Xe[PtF_6]$.

1264. В природе встречаются два нуклида гелия: гелий-4 и гелий-3. Укажите для каждого нуклида: а) атомный номер; б) нуклонное число; в) число протонов; г) число нейтронов.

1265. Дифторид ксенона XeF_2 получают прямым воздействием ксенона и фтора при освещении ртутной дуговой лампой, тетрафторид ксенона XeF_4 — также прямым взаимодействием ксенона и фтора при температуре 400 °С, а гексафторид ксенона XeF_6 — прямым взаимодействием при 300 °С и повышенном давлении. Составьте уравнения соответствующих реакций.

1266. Тетрафторид ксенона диспропорционирует в воде, образуя свободный ксенон и триоксид ксенона XeO_3 . Составьте уравнения соответствующих реакций, подберите коэффициенты.

1267. Гексафторид ксенона реагирует с кремнеземом SiO_2 , образуя оксотетрафторид ксенона (IV). Составьте уравнение соответствующей реакции.

1268. Определите формулу фторида ксенона, если известно, что в реакции израсходовано 48 мл ксенона при 25 °С и 101,3 кПа, а в результате реакции образовалось 0,490 г фторида ксенона.

1269. Предскажите геометрическую форму молекул XeF_2 , XeF_4 и XeF_6 .

1270. Распознайте благородный газ:

- а) он наряду с водородом наиболее распространен во Вселенной;
- б) одна из его модификаций — сверхтекучая жидкость;
- в) из всех газов при обычных условиях он самый тяжелый;
- г) он используется при производстве сверхчистых веществ;
- д) он используется в световых рекламках;
- е) он образуется при радиоактивном распаде радия.

СОСТАВ ВОЗДУХА

1271. Постоянными компонентами воздуха называют азот и кислород, а также благородные газы. Объясните, почему углекислый газ, водяной пар и пыль называют переменными компонентами воздуха? Как их содержание в воздухе зависит от природных условий? Почему городской воздух содержит углекислого газа больше, чем деревенский?

1272. Вдыхая кислород, человек и животные непрерывно выдыхают углекислый газ. Объясните, почему содержание углекислого газа в атмосфере практически не возрастает.

1273. Водяной пар проникает в атмосферу благодаря испарению воды. Объясните, почему он сосредоточивается главным образом в нижней части атмосферы.

1274. Пыль в атмосфере состоит из очень мелко раздробленных твердых частиц, например, мелкого песка, глины, известняка, сажи и др. Пыль, конечно же, может быть опасной. Так, она вызывает заболевания легких у шахтеров. А какие полезные функции выполняет пыль в земной атмосфере?

1275. Земная оболочка состоит из литосферы (твердая земная кора, распространяющаяся на глубину до 17 км), гидросферы (вода морей и океанов) и атмосферы (воздушная оболочка, распространяющаяся на высоту до 15 км). Установлено, что отношение масс атмосферы, гидросферы и земной коры равно приблизительно $1 : 300 : 5000$. Масса земной коры составляет $28,46 \cdot 10^{18}$ т, а масса гидросферы — $1644 \cdot 10^{15}$ т. Оцените массу атмосферы.

1276. В атмосферном воздухе содержится 23,10 % кислорода по массе. Вычислите, какая масса кислорода содержится в земной атмосфере (см. задачу 1275).

1277. По оценкам специалистов, ежегодный расход кислорода в 2000 году достиг 57 млрд т. Вычислите, какая массовая доля (%) кислорода воздуха при этом израсходована.

1278. По оценкам специалистов, ежегодно в атмосферу Земли поступает 600 млн т химических соединений и до 2 млрд т твердых частиц и аэрозолей. Оцените ежегодный «прирост» массы атмосферы (в %) за счет выбросов.

1279. В атмосферном воздухе содержится (в масс. %): гелий — 0,00046; неон — 0,0018; аргон — 0,932; криптон — 0,0011; ксенон — 0,0000087. Вычислите, какой объем воздуха нужно переработать, чтобы получить:

а) 1 л аргона; б) 48 мл ксенона (см. задачу 1268). Плотность воздуха — 1,29 г/л, плотность аргона — 1,78 г/л, плотность ксенона — 5,90 г/л.

1280. Масса земного шара равна примерно $6,0 \cdot 10^{21}$ т, а величина его поверхности — 510 млн км². Вычислите, во сколько раз масса земного шара больше массы окружающего его воздуха, если известно, что на каждый 1 см² земной поверхности воздух давит с силой около 1 кг.

Вопрос для умников и умниц

В словаре литературного языка А. С. Пушкина нет слова «кислород». Как вы думаете, почему?

ВЫДАЮЩИЕСЯ ХИМИКИ

1281. Кто утверждал, что основная задача химии — обслуживать медицину, ввел в медицинскую практику химические препараты ртути, сурьмы, мышьяка, меди, железа и серы?

1282. Кто впервые получил хлороводород («солянокислый воздух») и закись азота («селитряный воздух»), а также кислород («бесфлогистонный воздух») при нагревании оксида ртути?

1283. Кто впервые правильно объяснил явления горения, окисления и восстановления, создав кислородную теорию горения; отверг теорию флогистона, доказал сложный состав воздуха и воды, впервые дал классификацию химических элементов, один из авторов закона сохранения массы?

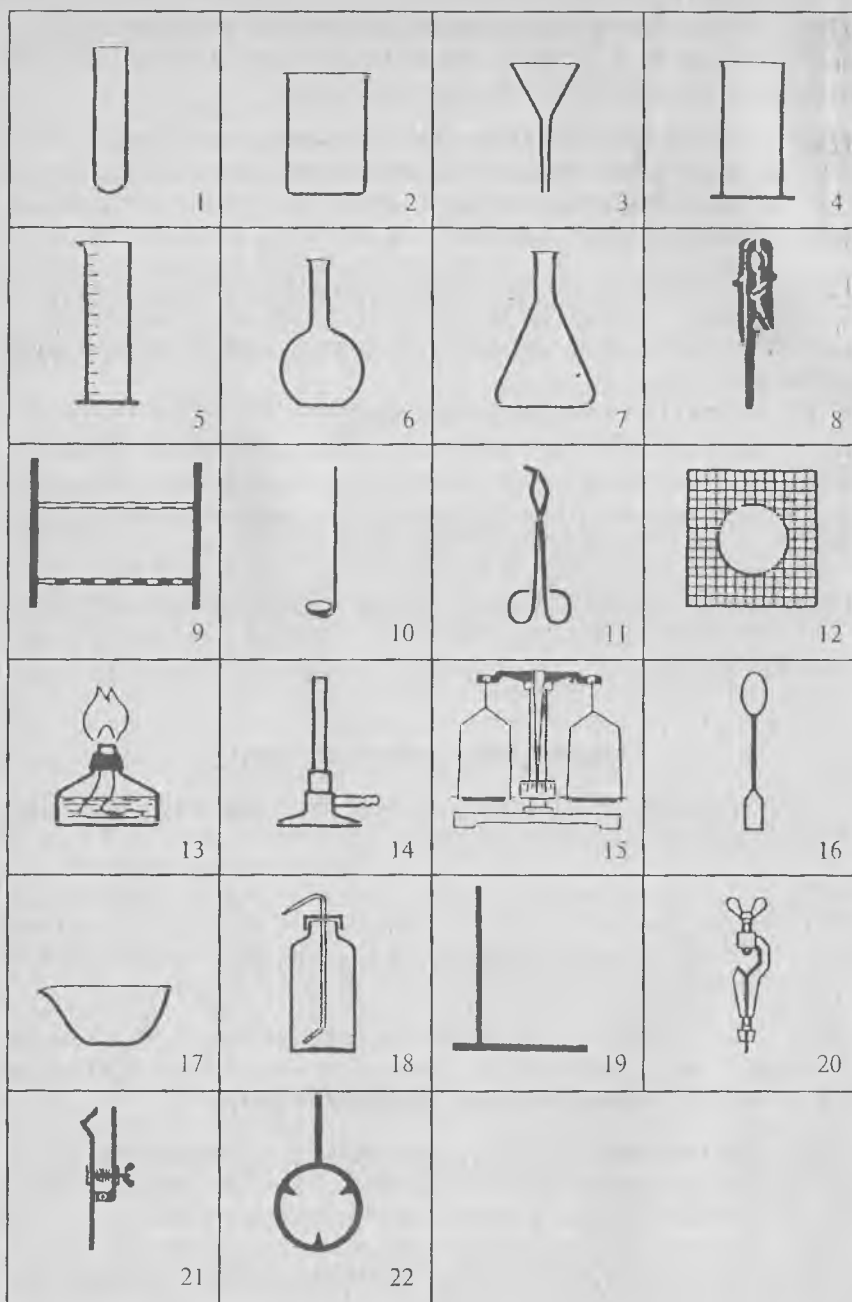


Рис. к задаче № 1291

1284. Кто сформулировал основные положения атомной теории, ввел понятие атомного веса (массы), составил таблицу относительных атомных масс?

1285. Кто заложил основы молекулярной теории, открыл закон, согласно которому в одинаковых объемах газов при одинаковых температурах и давлениях содержится одинаковое количество молекул?

1286. Кто высказал идею об электролитической диссоциации, предложил обоснованную теорию электролитической диссоциации, впервые объяснил зависимость скорости реакции от температуры, ввел понятие энергии активации?

1287. Кто открыл Периодический закон и разработал Периодическую систему химических элементов, нашел общее уравнение состояния идеального газа, разработал гидратную теорию растворов?

1288. Кто разработал теорию химического строения органических веществ, обосновал идею о взаимном влиянии атомов в молекуле, предсказал и объяснил изомерию многих органических соединений?

1289. Кто ввел современные обозначения химических элементов и первые формулы химических соединений, предложил термин «катализ», создал теорию сложных радикалов?

1290. Кто указал на основополагающее значение закона сохранения массы вещества, разработал атомно-молекулярное учение, выдвинул кинетическую теорию теплоты, обосновал необходимость привлечения физики для объяснения химических явлений?

ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

1291. Назовите химическую посуду и оборудование, изображенные на рисунке (стр. 178).

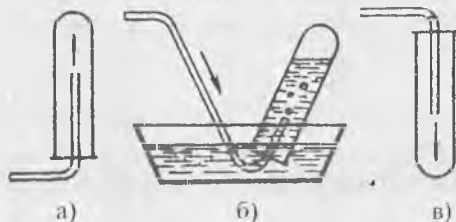
1292. Назовите посуду, которую используют для фильтрования (рисунок воспроизведен из книги Д. И. Менделеева «Основы химии», 1877 года издания).

Способ процеживания, т. е. отделения твердых порошковых тел от жидкости с ними смешанной. Из чашки (стакана или другого сосуда) мутную жидкость вливают в воронку, в которую положен кру-

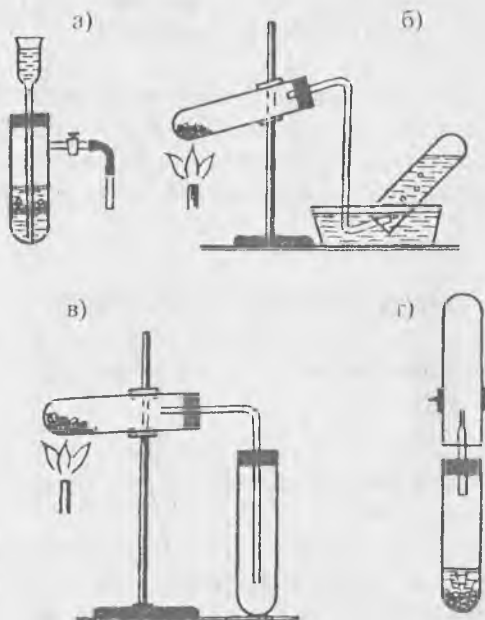


жок пропускной бумаги. Порошок останется на бумаге или цедилке, а жидкость пройдет через бумагу. Чтобы при вливании не было брызг и капель, льют по стеклянной палочке.

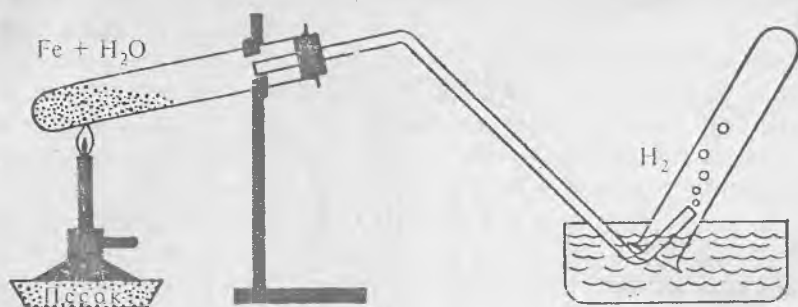
1293. Укажите, в каком из трех экспериментов можно собрать аммиак.



1294. Укажите, в каком из четырех приборов можно получить углекислый газ.

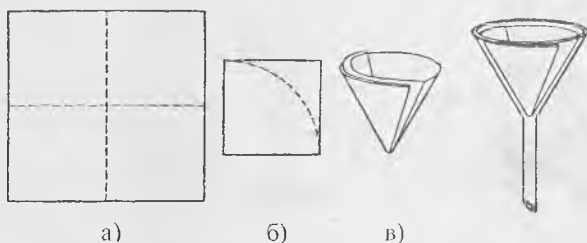


1295. Водород можно получить, нагревая влажный железный порошок.

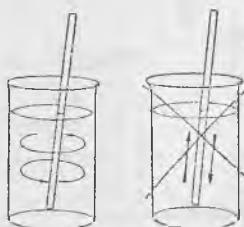


- 1) Какая химическая посуда и какое оборудование использованы в этом опыте?
- 2) Почему водород собирают в «пробирку под водой»?
- 3) Почему горелку устанавливают над пробиркой, а не вносят в пламя?
- 4) Почему под горелку насыпают песок?
- 5) Почему пробирку располагают не строго горизонтально, а слегка наклонно?

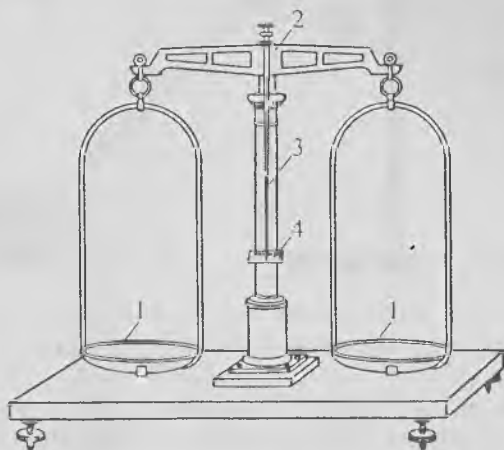
1296. Используя рисунок, опишите, как приготовить обыкновенный фильтр.



1297. Опишите, как правильно размешивать твердое вещество в воде стеклянной палочкой.



1298. Опишите, как устроены теххимические весы. Укажите на рисунке: чашки весов, коромысло, стрелку и шкалу. На какую чашку кладут гири?



1299. Назовите химическую посуду и оборудование, используемые при титровании.



1300. На рисунке изображена лабораторная установка для исследования скорости реакции между разбавленной соляной кислотой и мраморной крошкой. Опишите эксперимент, в ходе которого можно проследить за изменением скорости этой реакции.

Занимательное задание

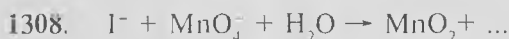
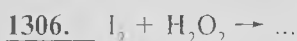
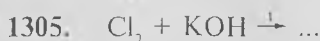
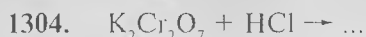
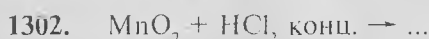
Известно ли вам, что Шерлок Холмс увлекался химией? Вот описание его лаборатории:

«В этой высокой комнате на полках и где попало поблескивали бесчисленные бутылки и пузырьки. Всюду стояли низкие широкие столы, густо уставленные ретортами, пробирками и бунзеновскими горелками с трепещущими язычками синего пламени».

На наш взгляд, приборов и химической посуды для качественной экспертизы в лаборатории Шерлока Холмса явно недостаточно. Какие приборы, оборудование и посуду вы могли бы предложить знаменитому сыщику для того, чтобы его лаборатория приобрела современный вид?

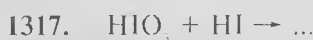
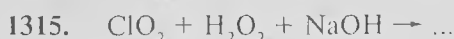
СВОЙСТВА ГАЛОГЕНОВ

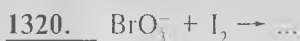
Закончите уравнения химических реакций:



СВОЙСТВА КИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЛОГЕНОВ

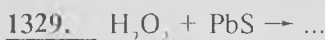
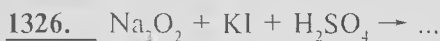
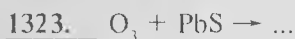
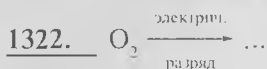
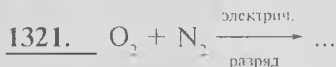
Закончите уравнения химических реакций:





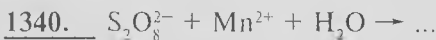
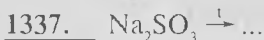
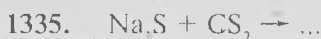
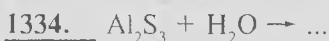
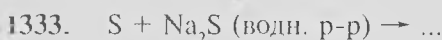
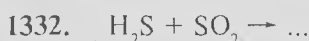
СВОЙСТВА КИСЛОРОДА

Закончите уравнения химических реакций:



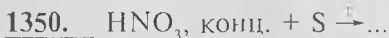
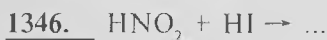
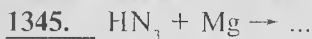
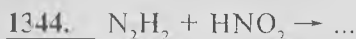
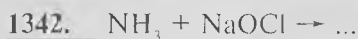
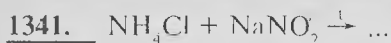
СВОЙСТВА СЕРЫ

Закончите уравнения химических реакций:



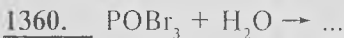
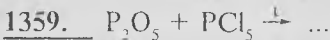
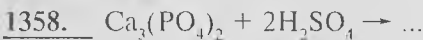
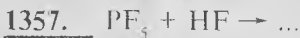
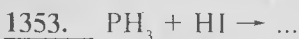
СВОЙСТВА АЗОТА

Закончите уравнения химических реакций:



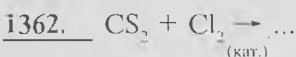
СВОЙСТВА ФОСФОРА

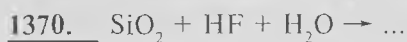
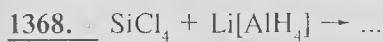
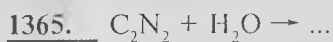
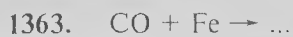
Закончите уравнения химических реакций:



СВОЙСТВА УГЛЕРОДА И КРЕМНИЯ

Закончите уравнения химических реакций:





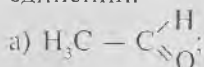
**СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

1371. Запишите электронные конфигурации атома углерода в основном и возбужденном состояниях.

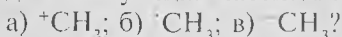
1372. Какие типы гибридизации характерны для атома углерода? Охарактеризуйте пространственную направленность гибридных орбиталей.

1373. Укажите состояния гибридизации, в которых атом углерода способен образовывать π -связи.

1374. Сколько σ - и сколько π -связей в молекулах следующих соединений:



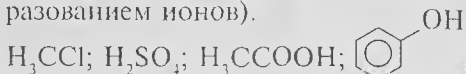
1375. В каком состоянии гибридизации находится атом углерода в следующих частицах:



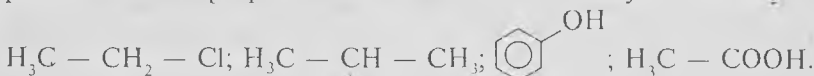
1376. Из перечисленных ниже соединений выберите вещества а) с ионными связями; б) полярными ковалентными связями; в) неполярными ковалентными связями.



1377. В перечисленных ниже соединениях укажите связь, которая легче всего разрывается по гетеролитическому механизму (с образованием ионов).



1378. В перечисленных ниже соединениях укажите связь, которая легче всего разрывается по гомолитическому механизму.



1379. Какие из перечисленных ниже соединений соответствуют молекулам, а какие — радикалам?

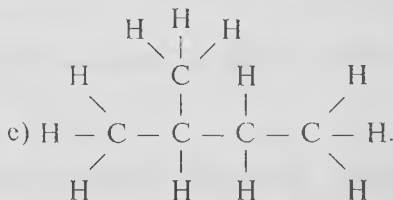
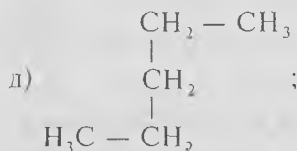
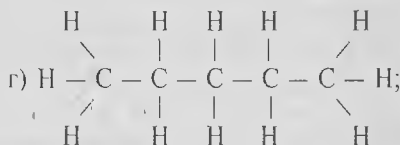
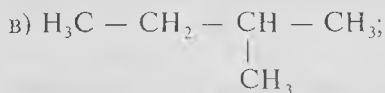
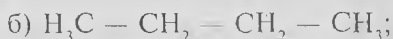
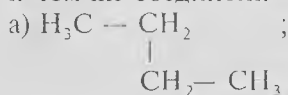
C_4H_{10} ; OH ; CH_2OH ; C_2H_2 ; C_2H_4 ; C_2H_5 ; C_6H_5 .

1380. Какие из перечисленных ниже соединений соответствуют молекулам, а какие — ионам?

C_3H_6 ; C_3H_7 ; C_3H_8 ; OH ; H_2O_2 ; CH_3 ; I .

СТРОЕНИЕ И НОМЕНКЛАТУРА АЛКАНОВ

1381. Укажите, какие из структурных формул отвечают одним и тем же соединениям.



1382. Напишите структурные формулы:

а) 2-метилгексана; б) 3-метилгептана.

1383. Напишите структурные формулы всех предельных углеводородов, имеющих в своем составе пять атомов углерода. Назовите их.

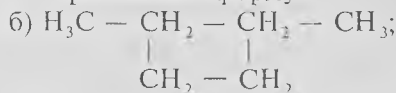
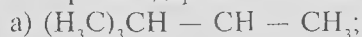
1384. Напишите структурную формулу одного из изомеров алкана C_6H_{14} , содержащего:

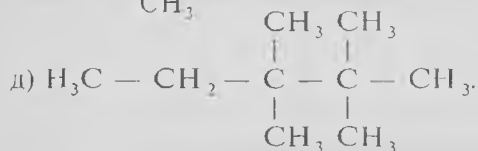
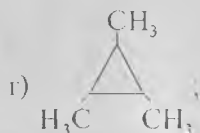
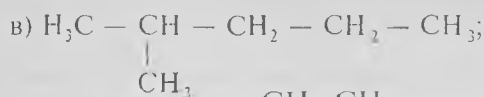
а) два вторичных атома углерода;

б) третичный атом углерода.

Назовите эти изомеры.

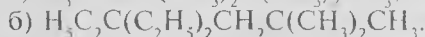
1385. Найдите среди записанных ниже структурных формул те, которые содержат ошибки. Запишите правильные формулы.



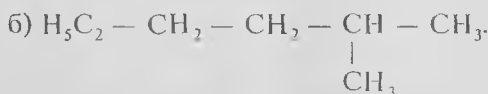
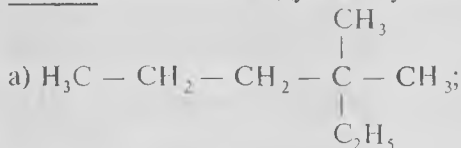


1386. Напишите структурную формулу и название простейшего алкана, содержащего третичный атом углерода.

1387. Назовите следующие углеводороды:

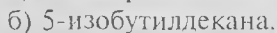
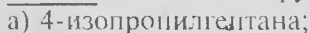


1388. Назовите следующие углеводороды:



1389. Напишите структурную формулу 2, 3, 4, 5-тетраметилгексана. Отметьте звездочкой третичные атомы углерода.

1390. Напишите структурные формулы:

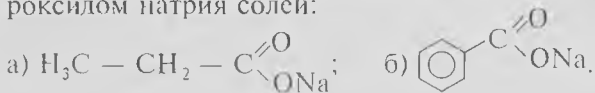


СИНТЕЗ И СВОЙСТВА АЛКАНОВ

1391. Какие продукты получают при нагревании с натрием бромэтана и 1-бромпропана (синтез Вюрца)?

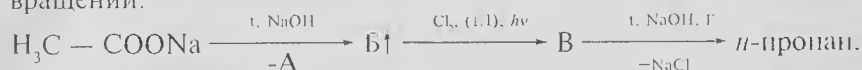
1392. Какие продукты получают при нагревании смеси 2-бромбутана и 2-йодпропана с натрием? Напишите уравнения реакций.

1393. Какие углеводороды получают при прокаливании с гидроксидом натрия солей:



1394. Углеводород состава C_6H_{14} при реакции с бромом образует два монобромпроизводных. Напишите структурные формулы углеводорода и бромпроизводных. Назовите их.

1395. Укажите вещества, зашифрованные буквами в схеме превращений:



1396. Получите изобутан (2-метилпропан), исходя из неорганического соединения.

1397. Напишите формулу основного органического продукта, образующегося при взаимодействии изобутана (избыток) с бромом.

1398. Химики потратили много сил, чтобы синтезировать метан из простых веществ. Образование метана из углерода и водорода было открыто сравнительно поздно (1897 г.), а за 40 лет до этого Бертелло (1856 г.) получил метан, пропуская сероуглерод (дисульфид углерода) вместе с сероводородом через трубки с раскаленной медью.

Напишите уравнения реакций, позволяющие получить метан по способу Бертелло из простых веществ.

1399. Напишите уравнения реакций, с помощью которых в лаборатории можно синтезировать этан.

1400. Один из изомеров пентана дает одно моно- и два дибромпроизводных. Напишите структурные формулы веществ, упомянутых в задаче.

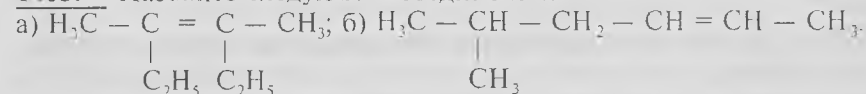
НОМЕНКЛАТУРА, СИНТЕЗ И ЦИС-, ТРАНС-ИЗОМЕРИЯ АЛКЕНОВ

1401. Назовите следующий углеводород:

$H_3C_2 - CH(CH_3) - CH = CH - C_2H_5$. Существуют ли *цис*- и *транс*-изомеры этого углеводорода?

1402. Сколько геометрических изомеров существует у 2,4-гексадиена? Изобразите их структурные формулы.

1403. Назовите следующие соединения:

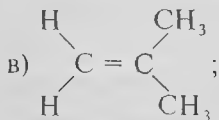
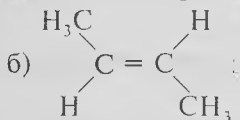


1404. Дегидратацией соответствующих спиртов получите: а) пропен; б) 2-бутен.

1405. Получите алкен из 2,3-дибромпентана.

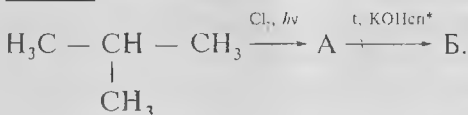
1406. Среди приведенных ниже углеводородов укажите те, для которых существуют *цис*- и *транс*-изомеры.

а) $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$;



г) $\text{H}_3\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH} = \text{CHCH}_3$.

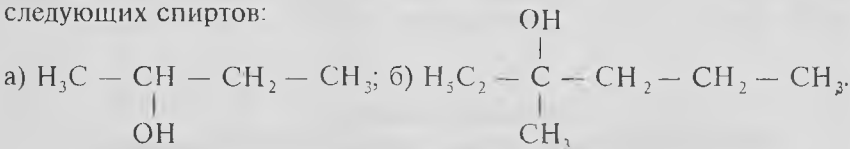
1407. Запишите формулы веществ, обозначенных буквами:



1408. Какие из приведенных ниже формул отвечают *цис*-, а какие — *транс*-изомерам?

1409. Молекулы одного из изомеров 2-бутена полярны, тогда как дипольный момент молекул другого изомера равен нулю. Молекулы какого из изомеров полярны?

1410. Назовите алкены, которые получаются при дегидратации следующих спиртов:



СВОЙСТВА АЛКЕНОВ

1411. Напишите уравнения реакций, происходящих при взаимодействии 2-метил-2-бутена:

а) с хлором; б) с бромоводородом (в отсутствие перекисных соединений); в) с хлорной водой; г) с озоном.

1412. Какие продукты образуются при действии на 2-пентен: а) озона (с последующей обработкой водным раствором пероксида водорода); б) нейтрального водного раствора перманганата калия; в) кислорода (в присутствии серебра); г) хромовой смеси?

* сп — спиртовой раствор.

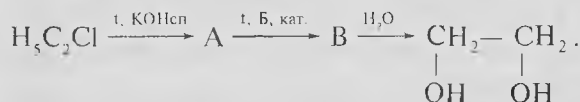
1413. Историческое название алкенов — олефины — произошло из-за того, что этилен с хлором дает маслообразный продукт («масло голландских химиков», открытое в 1795 г.). Напишите уравнение реакции. Укажите основные стадии процесса взаимодействия этилена с хлором.

1414. При присоединении брома к раствору 2-гексена в метаноле H_2SOH , содержащем хлорид лития, образуются и другие, помимо 2, 3-дибромгексана, продукты. Объясните причину их образования.

1415. Какие продукты образуются при действии HBr на 1-бутен: а) в отсутствие перекисей; б) в присутствии перекисей? Напишите уравнения реакций.

1416. Напишите формулы карбкатионов, образующихся в качестве промежуточных продуктов при присоединении HBr к: а) 2-метил-1-пропену (изобутилену); б) пропену; в) 2,3-диметил-2-бутену; г) этилену. Расположите эти углеводороды в порядке повышения скорости реакции присоединения HBr .

1417. Расшифруйте в схеме превращений вещества, обозначенные буквами:



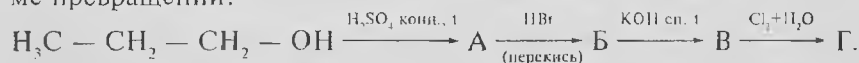
1418. Какое соединение является конечным продуктом следующих превращений:



Напишите структурные формулы веществ X, Y, Z и назовите их.

1419. Углерод X содержит в молекуле два третичных атома углерода. 1 моль X присоединяет 1 моль Br_2 , а при окислении 1 моль X хромовой смесью образуется 2 моль карбоновой кислоты, в молекуле которой содержится четыре атома углерода. Найдите формулу X, напишите уравнения реакций.

1420. Какие вещества зашифрованы буквами в следующей схеме превращений?



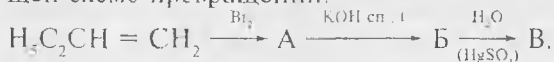
АЛКИНЫ

1421. Напишите структурные формулы:

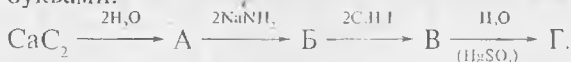
а) 4,5-диметил-1-гексина;

б) 3-метил-1-пентина.

1422. Расшифруйте вещества, обозначенные буквами, в следующей схеме превращений:



1423. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами:



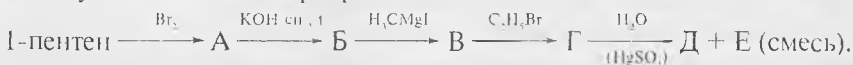
1424. Напишите структурную формулу углеводорода, гидратация которого в условиях реакции Кучерова (катализатор — $\text{HgSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) дает метилизопропилкетон $\text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$.



1425. Какие из перечисленных ниже углеводородов реагируют с водно-аммиачным раствором монохлорида меди:

а) 2-пентин; б) 1-пентин; в) 2-пентен; г) 1,3-гептадиин; д) пропин?

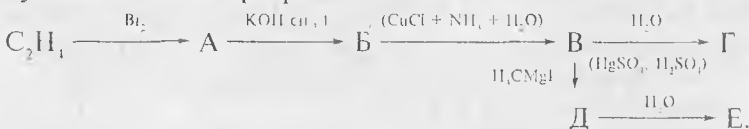
1426. Напишите структурные формулы соединений, обозначенных буквами в схеме превращений:



1427. Из перечня реактивов выберите те, которые пригодны для различения пропена и пропина:

а) бромная вода; б) водный раствор перманганата калия; в) аммиачный раствор оксида серебра; г) водный раствор гидроксида натрия.

1428. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами в схеме превращений:



1429. Предложите химические (пробирочные) реакции, позволяющие различить следующие углеводороды:

а) $\text{H}_3\text{C}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ и $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$;

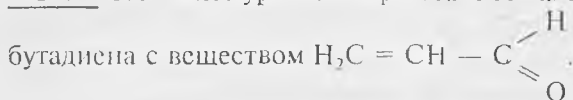
б) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ и $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$.

1430. В реакциях с какими соединениями проявляются кислотные свойства 1-алкинов: а) CaO ; б) NaOH (водн. р-р); в) NaNH_2 ; г) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Li}$; д) Na_2S ? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

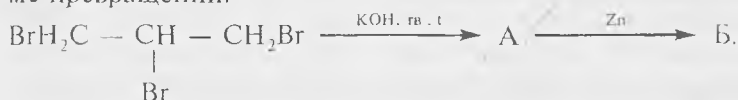
АЛКАДИЕНЫ

1431. Какие соединения получают при взаимодействии 1 моль Br_2 с 1,3-бутадиеном? Напишите их структурные формулы.

1432. Запишите уравнение реакции взаимодействия 2-метил-1,3-



1433. Запишите формулы веществ, обозначенных буквами в схеме превращений:

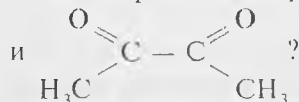


1434. Напишите схему полимеризации 1,3-бутадиена в присутствии натрия.

1435. Напишите схему реакции диенового синтеза Дильса-Альдера, если диеном является 2,3-диметил-1,3-бутадиен, а диенофилом этилакрилат $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{COOC}_2\text{H}_5$.

1436. Запишите формулу мономера, из которого можно получить полимер $(-\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_2 -)_n$.

1437. Какую структурную формулу имеет углеводород, при озоноллизе которого в молярном отношении 2 : 1 получаются $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$



1438. Предложите способ синтеза 1,3-бутадиена из этана.

1439. Какие продукты образуются при озоноллизе 1,4-гексадиена?

1440. Какие продукты образуются при взаимодействии 1 моль 2-метил-1,3-бутадиена с 1 моль водорода в присутствии платины?

АЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

1441. Напишите структурные формулы:

- а) 1,1-диметилциклопропана;
- б) 1-метил-3-этилциклопентана.

1442. Изобразите конформации циклогексана «кресло» и «ванна».

1443. В каждой паре приведенных ниже соединений укажите наиболее стабильное:

- а) циклобутан и метилциклобутан;
- б) этилциклобутан и циклогексан;
- в) циклобутан и циклобутен.

1444. Напишите схемы реакций циклопропана:

- а) с бромом; б) с хлором.

1445. Охарактеризуйте отношение к НВг циклоалканов C_nH_{2n} , $n = 3, 4, 5, 6, 7$.

1446. Напишите формулы карбоновых кислот, которые получаются при окислении концентрированной азотной кислотой:

- а) циклопропана; б) циклопентана.

1447. В продуктах сухой перегонки угля содержится 1,3-циклопентадиен, в котором атомы водорода метиленовой группы (H_2C) обладают высокой подвижностью.

В присутствии этилата натрия C_2H_5ONa 1,3-циклопентадиен реагирует с ацетоном $O = C \begin{matrix} \nearrow CH_3 \\ \searrow CH_3 \end{matrix}$, образуя окрашенный углеводород.

Напишите схему реакции.

1448. Существуют два геометрических изомера 1,2-диметилциклопропана. Изобразите их структурные формулы.

1449. В присутствии платины или палладия циклогексен диспропорционирует на циклогексан и бензол (необратимый катализ Н. Д. Зелинского). Напишите уравнение происходящей реакции.

1450. 1,3-Бутадиен в присутствии катализаторов Циглера-Натта ($Al(C_2H_5)_3 + TiCl_4$) димеризуется, давая один из изомерных циклооктадиенов. Напишите структурную формулу этого изомера и назовите его.

БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ

1451. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно синтезировать:

а) бензол из ацетилен; б) 1, 3, 5-триметилбензол из пропина.

1452. Из ацетилен получите: а) этилбензол; б) изопропилбензол.

1453. Напишите структурные формулы изомерных ароматических углеродов состава C_9H_{12} и назовите их.

1454. Трифенилметан можно синтезировать из бензола и хлороформа $CHCl_3$ в присутствии хлорида алюминия. Напишите уравнение происходящей реакции.

1455. Трифенилметан под действием сильных оснований (таких, как амид калия) дает карбанион. Трифенилхлорметан в жидком диоксиде серы диссоциирует, образуя карбониевый катион. Напишите уравнения реакций, объясните устойчивость ионов.

1456. Первый устойчивый свободный радикал трифенилметил был зафиксирован в 1900 г. при попытке синтезировать гексафенилэтан из трифенилхлорметана при действии металлического серебра. Напишите уравнения происходящих реакций.

1457. Молекула нафталина $C_{10}H_8$ состоит из двух конденсированных бензольных ядер.

Напишите формулы: а) метилнафталинов; б) диметилнафталинов.

1458. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов, состоящих из трех конденсированных бензольных колец.

1459. Укажите, сколько существует монозамещенных производных: а) антрацена; б) фенантрена.

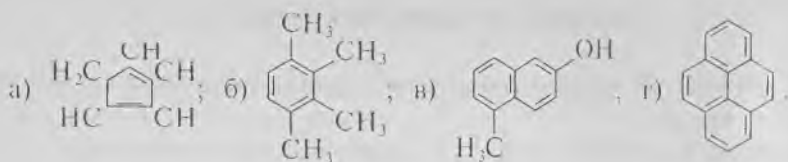
1460. Образование каких продуктов следует ожидать при озонолизе (действие озона с последующей обработкой водой в присутствии цинка) а) бензола; б) *o*-ксилола (*o*-диметилбензола)?

АРОМАТИЧНОСТЬ

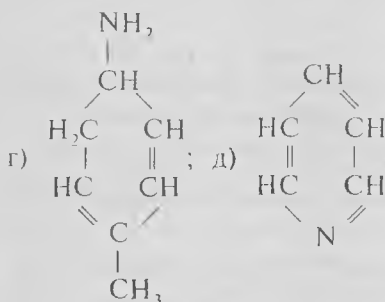
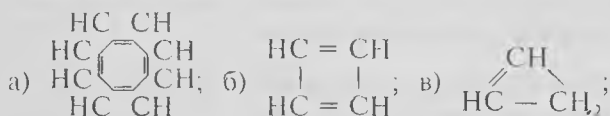
При решении задач данного раздела используйте правило Хюккеля:

Повышенной устойчивостью обладают циклические соединения, которые имеют плоское строение и содержит в замкнутой системе сопряжения $4n + 2$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) электронов.

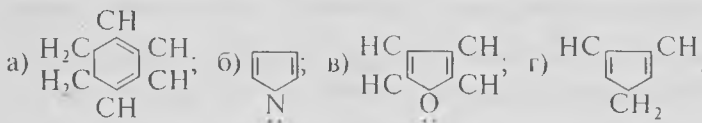
1461. Какие из приведенных ниже структур отвечают ароматическим соединениям?



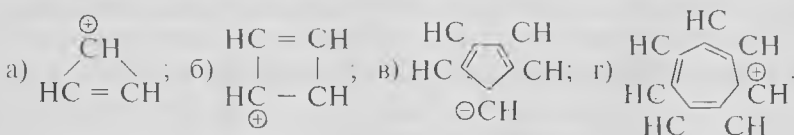
1462. Какие из перечисленных ниже соединений относятся к ароматическим?



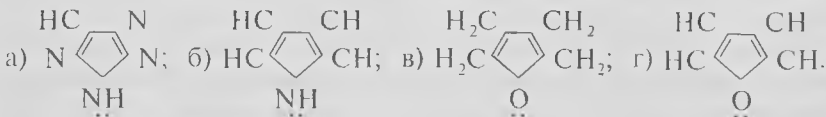
1463. Какие из приведенных ниже структур являются ароматическими?



1464. Какие из приведенных ниже структур являются ароматическими?



1465. Среди перечисленных ниже соединений укажите ароматические.



1466. Выберите из перечисленных ниже признаков те, которые соответствуют ароматическим соединениям:

- а) отсутствие электронов на разрыхляющих молекулярных орбиталях;
 б) плоская форма цикла;
 в) плоская форма молекулы;
 г) четное число электронов, участвующих в сопряжении.

1467. Примерами химических реакций бензола и толуола подтвердите наличие у ароматических углеводородов таких свойств:

- а) склонность к реакциям замещения;
 б) повышенная устойчивость к действию окислителей.

1468. Сравните свойства бензола и 1, 3, 5-гексатриена и заполните таблицу.

N	C_6H_6		$H_2C=CH-CH=CH-CH=CH_2$	
	реагенты	продукты	реагенты	продукты
1	$HNO_3 + H_2SO_4, t$		$HNO_3 + H_2SO_4$	
2	$Br_2 / FeBr_3$		} $Br_2, 10^\circ C$	
3	$Br_2, h\nu$			
4	$H_2 / Ni; t, P$			
5	$O_3; H_2O(Zn)$			

1469. Запишите резонансные структуры: а) бензола; б) нафталина. Все ли связи $C - C$ в молекулах этих соединений равноценны?

1470. Изомерный нафталину углеводород азулен  имеет темную окраску, а его молекула обладает высоким дипольным моментом (отрицательным концом диполя является пятичленный цикл).

Относится ли азулен к ароматическим углеводородам? Объясните наличие у азулена высокого дипольного момента.

ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ АЛКАНОВ

1471. Назовите следующие соединения:

- а) $H_3C - \underset{\substack{| \\ C_2H_5}}{CH} - \underset{\substack{| \\ I}}{CH} - C_2H_5$; б) $H_3C - \overset{\substack{CH_2Cl \\ |}}{\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}} - (CH_2)_2CH_3$;
 в) $H_3C - \underset{\substack{| \\ F}}{CH} - \underset{\substack{| \\ CH_2F}}{CH} - CH_3$.

1472. Запишите структурные формулы.

- а) 1,3-дихлор-4-метилгексана;
б) 1-бром-2-хлор-3-метилбутана.

1473. Синтезируйте из этана:

- а) хлорэтан;
б) йодэтан;
в) фторэтан.

1474. Получите хлороформ (трихлорметан):

- а) из этилена; б) муравьиной кислоты $\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$

1475. Из 2-метилпропена (изобутилена) синтезируйте:

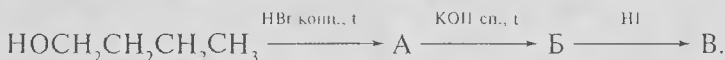
- а) 2-бром-2-метилпропан;
б) 1-бром-2-метилпропан.

1476. Синтезируйте бромэтан из серебряной соли карбоновой кислоты.

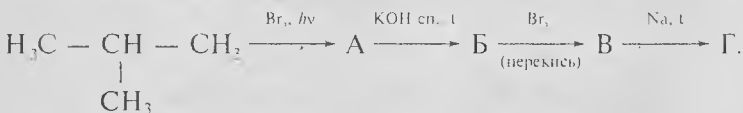
1477. Напишите уравнения реакций, происходящих при действии спиртового раствора гидроксида калия при нагревании на:
а) 2-бромбутан; б) 2,3-дибромбутан; в) 2,2-дибромбутан.

1478. Напишите уравнения реакций иодметана с: а) натрием; б) магнием (в эфире); в) HI (конц. раствор); г) водным раствором гидроксида натрия; д) этилатом натрия NaOC_2H_5 .

1479. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами в следующей схеме превращений:



1480. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами в схеме превращений



РЕАКЦИИ НУКЛЕОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ И ОТЩЕПЛЕНИЯ

В условиях задач данного раздела используются следующие понятия:

нуклеофил — реагент, предоставляющий электронную пару;

основность — средство к катиону водорода;

нуклеофильность — способность образовывать связь с электрофильным атомом углерода.

1481. В приведенных ниже рядах выберите частицы, способные проявлять свойства нуклеофила:

а) Br^+ ; $\text{Br}^\cdot$; Br^- ;

б) H_3O^+ ; H_2O ; OH^- ;

в) NH_4^+ ; NH_3 ; NH_2^- .

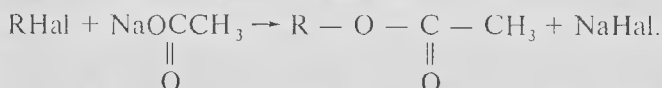
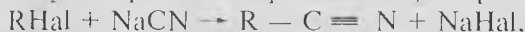
1482. Расположите в порядке возрастания нуклеофильных свойств следующие частицы:

а) $\text{H}_3\text{C}-\text{O}^-$; OH^- ; H_2O ;

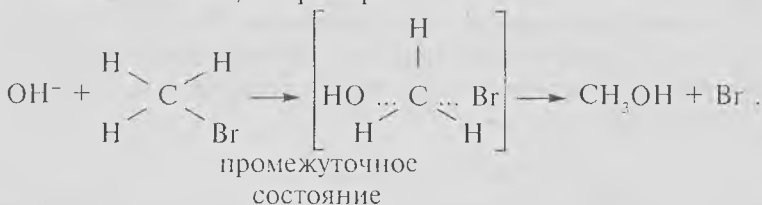
б) Cl^- ; Br^- ; I^- ;

в) NH_3 ; NH_2^- ; H_3CNH_2 ; H_3CNH_2^- .

1483. Известно огромное количество реакций галогеналканов с нуклеофильными реагентами, например:



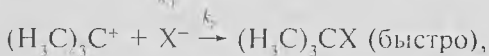
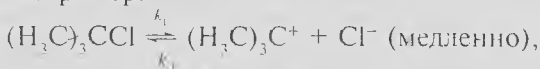
называемые реакциями нуклеофильного замещения. Реакции такого типа возможны и для многих других классов органических соединений. Они могут проходить по различным механизмам. Один из них — мономолекулярное нуклеофильное замещение S_N1 , другой — бимолекулярное нуклеофильное замещение S_N2 (S — первая буква слова Substitution (замещение), N — первая буква слова Nucleophilic (нуклеофильный), цифра означает молекулярность реакции). Замещение S_N2 одностадийно, состоит в атаке атома углерода нуклеофилом и образовании новой связи за счет электронов нуклеофила с одновременным разрывом ранее существовавшей связи, например:



Запишите кинетическое уравнение, соответствующее механизму S_N2 . Как изменится скорость реакции при повышении концентрации ионов OH^- вдвое?

1484. Замещение по механизму S_N1 проходит в две стадии.

Например:



X^- — нуклеофил, $k_1 \ll k_{-1}$; $k_1 \ll k_2$.

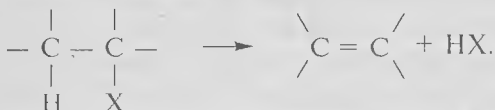
Запишите кинетическое уравнение реакции, соответствующее механизму S_N1 .

1485. Скорость реакций S_N2 — замещения в алкилпроизводных RX уменьшается в ряду первичный $R >$ вторичный $R >$ третичный R . Скорость реакций замещения по механизму S_N1 , напротив, увеличивается в ряду R первичный $< R$ вторичный $< R$ третичный. В первом случае закономерность обусловлена действием пространственных факторов (чем объемнее алкильные заместители у α -атома углерода в R , тем менее устойчиво переходное состояние). Во втором случае скорость реакции зависит от устойчивости карбокатиона. Расположите изомеры состава C_4H_9Br в порядке увеличения их реакционной способности в реакциях, происходящих по механизмам: а) S_N2 ; б) S_N1 .

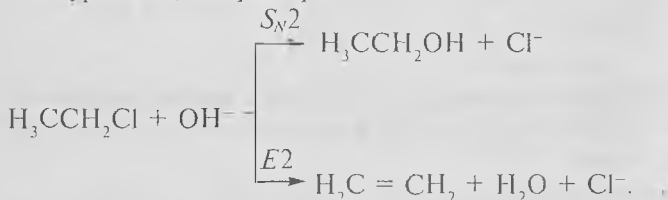
1486. Реакции нуклеофильных реагентов с 2-хлор-2-метилпропаном (*трет*-бутилхлоридом) проводят в водной среде, в спиртовых растворах и др. Будут ли происходить такие реакции в среде:

а) бензола; б) муравьиной кислоты $HC \begin{matrix} O \\ \diagup \\ \diagdown \\ OH \end{matrix}$.? Объясните, почему?

1487. Отщепление молекул HX (X — галоген, гидроксильная группа и т. п.) — процесс, обратный присоединению по двойным связям алкенов:



Реакции отщепления проходят по механизмам $E2$ и $E1$ (E — первая буква слова Elimination (отщепление), цифра означает молекулярность реакции). Реакции отщепления и замещения происходят конкурентно, например:

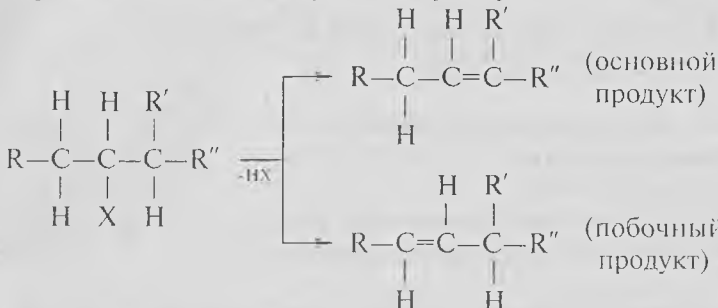


Пространственные затруднения оказывают на реакции отщепления по механизму $E2$ влияние, существенно меньшее, чем в случае реакций по механизму S_N2 .

Эффективность нуклеофилов в реакциях $E2$ тем выше, чем выше их основность.

Каковы основные продукты взаимодействия 2-бромбутана (раствор в спирте) с: а) этилатом калия KOC_2H_5 ; б) йодидом калия?

1488. Согласно правилу Зайцева в реакциях отщепления атом водорода отщепляется преимущественно от наименее гидрогенизированного атома углерода, например:

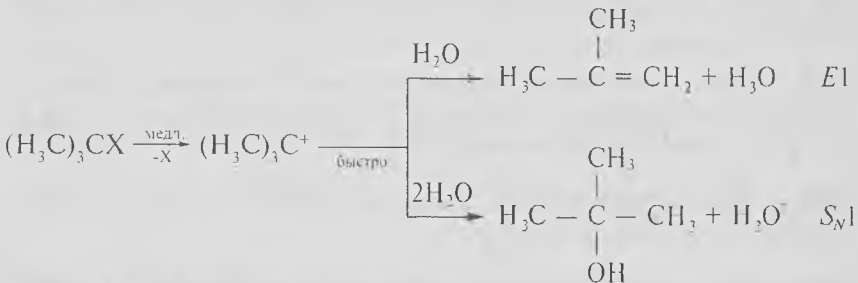


В то же время, размер атакующего иона может существенно изменять направление отщепления. Чем больше размер основания, тем выше выход наименее замещенного алкена. Укажите, какой из изомерных метилбутенов будет основным, а какой — побочным продуктом взаимодействия 2-хлор-2-метилбутана с такими алко-
голями калия:

а) $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{OK}$; б) $(\text{H}_3\text{C})_3\text{COK}$; в) $(\text{H}_3\text{C})_2\text{COK}$; г) $(\text{H}_3\text{C})_3\text{COK}$.

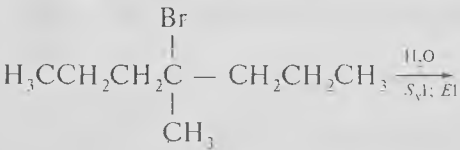


1489. Обычно реакции S_N1 и $E1$ имеют общую стадию, например:



Будет ли существенно меняться соотношение продуктов реакций отщепления и замещения в зависимости от природы уходящей группы X (скажем, Cl, Br, I)?

1490. Какие продукты образуются в следующей реакции:



НЕНАСЫЩЕННЫЕ ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

1491. Какие из перечисленных ниже соединений вступают в реакции нуклеофильного замещения легче, чем бромметан, а какие — труднее?

- а) $\text{Br} - \text{CH} = \text{CH}_2$; б) $\text{Br} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$;
в) $\text{HC} \equiv \text{C} - \text{CH}_2\text{Br}$; г) $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$.

1492. Напишите структурные формулы:

- а) 1,2,3-трифтор-2-бутена;
б) 1,2,3-трихлор-2-бутина.

Могут ли эти соединения существовать в виде *цис*- и *транс*-изомеров? Приведите формулы этих изомеров.

1493. Напишите уравнение реакции, происходящей при действии HBr на 3-хлор-1-пропен, объясните направление реакции.

1494. Напишите уравнение реакции, происходящей при действии HBr на 1,2,3-трихлор-1-пропен и объясните направление реакции.

1495. Предложите способ получения 3-хлор-1-пропена, исходя из метана.

1496. Напишите структурную формулу продукта, который получается при нагревании винилхлорида (хлорэтена) в присутствии перекиси.

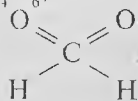
1497. Один из каучуков — хлоропреновый — получается при полимеризации хлоропрена (2-хлор-1,3-бутадиена). Напишите уравнение реакции полимеризации.

1498. Какой пробирочной реакцией можно отличить 3-хлор-1-пропен от 2-хлор-1-пропена?

1499. Из ацетиленов получите 1,2-дихлорэтен (*симм*-дихлорэтен).

1500. Галогенопроизводное нециклического строения $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}$ легко гидролизуется. При действии на $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}$ спиртового раствора KOH при нагревании образуется углеводород C_4H_6 , озон-

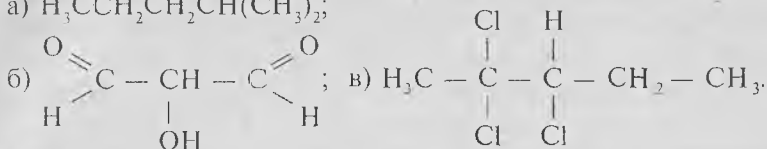
лиз которого приводит к получению смеси $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ и



Напишите структурную формулу вещества $\text{C}_4\text{H}_7\text{Cl}$.

ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

1501. Отметьте звездочкой асимметрические атомы углерода в следующих соединениях:



1502. Какие физические свойства одинаковы для:

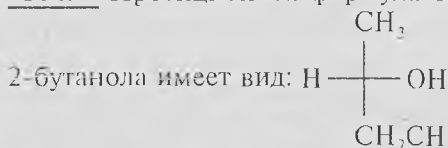
а) энантимеров (оптических антиподов); б) рацематов? Выберите свойства из списка:

1) молекулярная масса; 2) растворимость; 3) температура плавления; 4) знак удельного вращения; 5) абсолютная величина удельного вращения; 6) абсолютная конфигурация асимметрического центра.

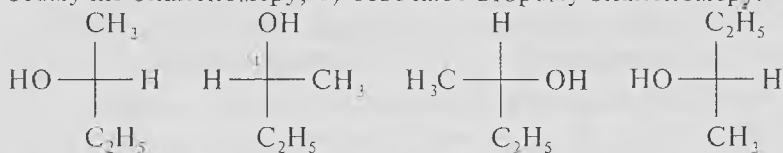
1503. Запишите проекционные формулы Фишера энантимеров α -молочной кислоты $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{COOH}$.



1504. Проекционная формула Фишера одного из энантиомеров



Выберете из приведенных ниже формул те, которые: а) отвечают этому же энантиомеру; б) отвечают второму энантиомеру.



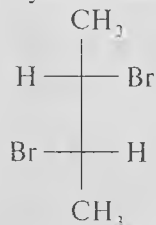
I

II

III

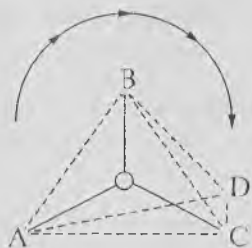
IV

1505. Стереонизомерные структуры, не являющиеся энантиомерами, называют диастереомерами. Напишите проекционные формулы Фишера энантимеров и диастереомеров вещества

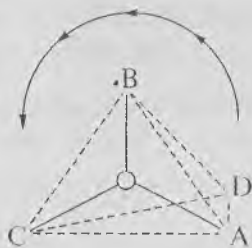


1506. Напишите проекционные формулы Фишера всех стереоизомеров 2,3-дибромпентана. Укажите энантимеры и диастереомеры. Все ли изомеры оптически активны?

1507. Современная система обозначения стереоконфигураций (система Кана — Ингольда — Прелога) основана на ряде правил, устанавливающих последовательность старшинства заместителей при асимметрическом центре. Пусть углеродный атом связан с четырьмя различными заместителями A, B, C и D, которым приписывают следующий порядок старшинства: A старше B, B старше C, C старше D. Конфигурация будет определяться тем, как располагаются эти группы при взгляде на тетраэдр, образованный заместителями, со стороны *наиболее удаленной от младшего заместителя (D)* (см. рис.). Если последовательность $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ следует движению по *часовой стрелке*, то конфигурацию обозначают буквой R, а если *против часовой стрелки* — буквой S. Символы R и S соответствуют латинским словам «rectus» и «sinister», что означает соответственно «правый» и «левый».



последовательность,
соответствующая движению
по часовой стрелке
R-конфигурация



последовательность,
соответствующая движению
против часовой стрелки
S-конфигурация

Описание конфигурации при асимметрическом центре в соответствии с R, S-системой. Старшинство заместителей понижается в ряду A, B, C и D.

Если присутствует два или большее число асимметрических центров, то конфигурация каждого из них указывается символом R или S вместе с номером асимметрического атома.

Укажем правила определения старшинства заместителей.

- Старшинство отдается атомам, имеющим наибольший атомный номер; так, галогены располагаются в следующий ряд (по убыванию): I, Br, Cl, F.

- Это же правило применяется в случаях, когда заместителями являются группы атомов, например CH_3 , NH_2 , OH , SO_3H ; старшинство отдается группам, в которых первый атом имеет наибольший

атомный номер. В тех случаях, когда в двух или большем числе заместителей первые атомы одинаковы, преимущество отдается тем заместителям, в которых второй атом имеет больший атомный номер. Кроме того, карбоксильная группа CO_2H имеет преимущество перед альдегидной группой CHO , поскольку сумма атомных номеров вторых атомов в CO_2H больше (три связи с кислородом = 48), чем в CHO (две связи с кислородом и одна с водородом = 33).

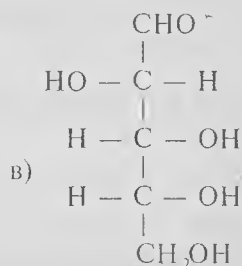
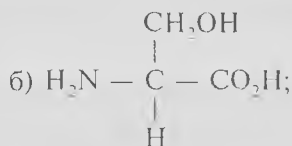
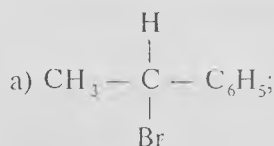
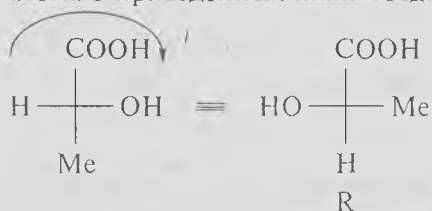
• В том случае, когда первые и вторые атомы для двух или большего числа заместителей одинаковы, необходимо сравнить атомные номера третьих атомов цепи и т. д.

Расположите приведенные ниже группы в порядке уменьшения старшинства в соответствии с описанными выше правилами: OCH_3 , NHCH_3 , CCl_3 , CONH_2 , SO_3H , CH_2OH , CH_2OCH_3 , SCH_3 , Br .

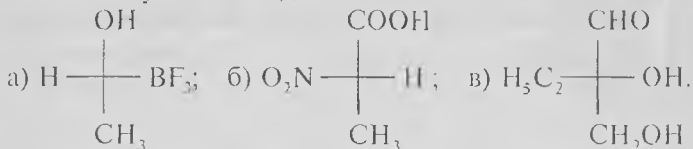
1508. На практике приходится обычно иметь дело не с пространственными моделями, а с проекционными формулами. В этом случае проекционную формулу преобразуют так, чтобы младший заместитель оказался внизу или вверху (для этого можно использовать только те приемы, которые не изменяют конфигурации). После этого определяют R-, S-обозначения, как на модели.

Преобразовывать проекционные формулы не всегда просто. Существует другой способ определения R-, S-обозначений без преобразования проекционных формул, в которых младший заместитель чаще всего стоит сбоку. В этом случае определяют порядок уменьшения старшинства трех заместителей, отбрасывая младший, но символ выбирают «обратный»: S — при уменьшении старшинства по часовой стрелке, R — против часовой стрелки.

Опишите конфигурацию каждого асимметрического углеродного атома в приведенных ниже соединениях по R-, S-системе.



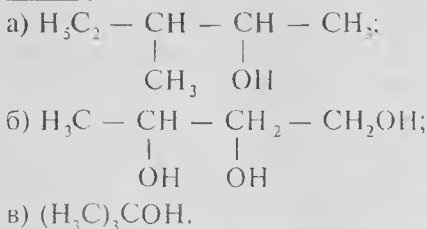
1509. Опишите конфигурацию асимметрических углеродных атомов в следующих соединениях:



1510. Изобразите проекционную формулу Фишера 2(S)-бром-3(R)-метилбутана.

НОМЕНКЛАТУРА И СИНТЕЗ СПИРТОВ

1511. Назовите следующие спирты:



1512. Напишите структурные формулы:

- а) 2-метил-1-гексен-3-ола;
 б) циклогексанола;
 в) 2,2-диметил-1-бутанола.

1513. Приведите структурные формулы:

- а) *цис*-2-бутен-1-ола;
 б) (S)-2-пентанола.

1514. Из 1-бутена синтезируйте: а) 2-бутанол; б) 1-бутанол.

1515. Из ацетилена получите 2-пропанол.

1516. С использованием магниторганических соединений (реактив Гримальяра) получите из ацетилена 2-метил-2-пентанол. Не используйте никаких, кроме ацетилена, органических реагентов.

1517. Получите глицерин (1, 2, 3-пропантриол) из пропилена (пропена).

1518. Получите из ацетилена 1,2-этандиол (этиленгликоль).

1519. Получите четырехатомный спирт 1, 2, 3, 4-бутантетраол (эритрит) из 1,3-бутадиена.

1520. В промышленности метанол получают из синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) при $P = 200$ атм, $t = 400$ °С в присутствии катализатора $\text{ZnO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$. Синтез-газ можно получить при паровой (H_2O) конверсии метана. Напишите уравнения реакций синтеза метанола из метана.

СВОЙСТВА СПИРТОВ

1521. Объясните данные, приведенные в таблице.

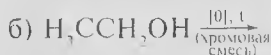
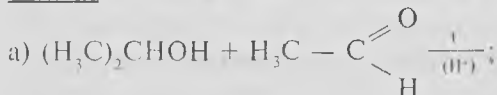
Вещество	Температура кипения, °С
пропан	-1
2-пропанол	+82
1-пропанол	+97
1,2-пропандиол	+189
1,2,3-пропантриол	+290

1522. В неподписанных пробирках находятся *n*-бутанол, 2-бутанол (вторичный бутиловый спирт) и 2-метил-2-пропанол (третичный бутиловый спирт). Как определить содержание пробирок?

1523. Напишите формулы соединений, образующихся при действии на 2-пропанол (изопропиловый спирт):

- а) PCl_5 ; б) $\text{HBr}(t, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{конц.})$;
 в) $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{конц.}(t)$; г) Na .

1524. Закончите уравнения реакций:



1525. Для количественного определения гидроксильных групп в спиртах используют реакцию Церевитинова — Чугаева (действие магнитоорганического соединения, например H_3CMgI , на спирты). Напишите уравнение реакции метанола с реактивом Церевитинова—Чугаева.

1526. Напишите формулы продуктов следующих реакций:

- а) 1, 2, 3-пропантриол + HNO_3 (избыток);
 б) 1, 2, 3-пропантриол + $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (в присутствии NaOH).

1527. Какие продукты образуются, если:

- а) 1,2-этанediол нагреть в присутствии концентрированной серной кислоты;
- б) 1,4-бутандиол нагреть в присутствии концентрированной серной кислоты;
- в) 1, 2, 3-пропантриол нагреть в присутствии гидросульфата калия?

1528. В 1901 г. Зелинский и Зеликов, нагревая 3,3-диметил-2-бутанол в присутствии кислоты, получили вместо ожидаемого 3,3-диметил-1-бутена другой алкен. Механизм процесса выяснил Меервейн. Предложите механизм перегруппировки.

1529. Другую перегруппировку — пинаколиновую — открыл в 1860 г. Виттич. Нагревая с 30%-ной серной кислотой 2,3-диметил-2,3-бутандиол, он получил кетон $(\text{H}_3\text{C})_3\text{C} - \text{C} = \text{CH}_3$. Предложите механизм перегруппировки.

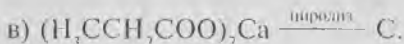
1530. В ПМР-спектре соединения $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ присутствуют сигналы: $\delta_1 = 3,7$ м. д. (синглет, 4Н) и $\delta_2 = 4,7$ м. д. (синглет, 2Н). Изобразите структурную формулу соединения.

НОМЕНКЛАТУРА И СИНТЕЗ АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

1531. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) пропаналь; б) 2-метилбутаналь; в) 3-пентеналь.

1532. Напишите структурные формулы следующих соединений: а) 3-метил-2-пентанон; б) 4-гексин-2-он; в) 2,4-пенталион.

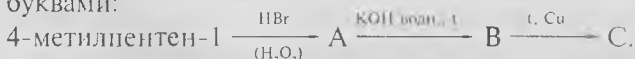
1533. Напишите структурные формулы соединений, обозначенных буквами:



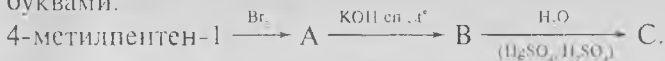
1534. Из 2-бромбутана получите:

а) бутаналь; б) бутанон.

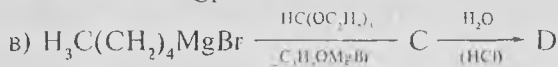
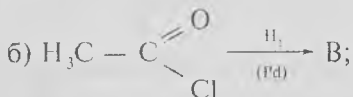
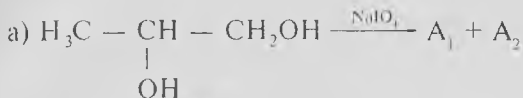
1535. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами:



1536. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами:



1537. Какие продукты получают в результате следующих реакций:



1538. Важный способ синтеза β-диоксосоединений ($\text{R} - \underset{\substack{|| \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \underset{\substack{|| \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{R}'$) — конденсация кетонов со сложными эфирами ($\text{R} - \underset{\substack{|| \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OR}'$). Например, при взаимодействии пропана (ацетона) с этилацетоном $\text{H}_3\text{C} - \underset{\substack{|| \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{OC}_2\text{H}_5$ образуется

β-дикетон. Напишите уравнение происходящей реакции.

1539. Простейший непредельный альдегид акролеин (пропеналь) получают следующими способами:

а) окислением пропена воздухом при 350—400 °С в присутствии катализатора CuO;

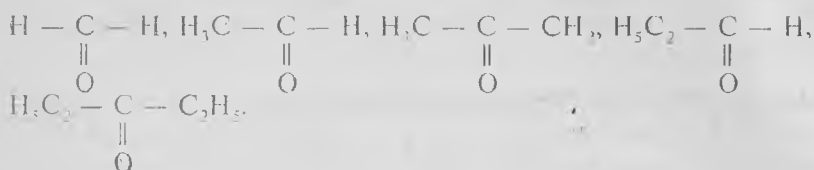
б) конденсацией формали (формальдегида; муравьиного альдегида) с этаналем (ацетальдегидом; уксусным альдегидом) с одновременной дегидратацией (300 °С) промежуточного продукта.

1540. Под действием серной кислоты пропанон (ацетон) вступает в реакцию конденсации, образуя непредельные кетоны. Из двух молекул ацетона получается одна молекула «окси мезитила»; из трех молекул — молекула «форона». Напишите уравнения происходящих реакций.

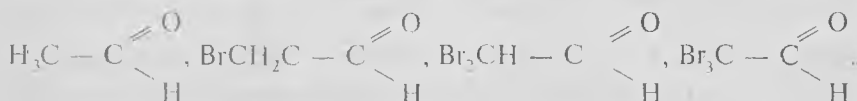
СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ: РЕАКЦИИ КАРБОНИЛЬНОЙ ГРУППЫ

1541. Напишите уравнения реакций пропанала с: а) HCN; б) NaHSO₃; в) C₂H₅OH.

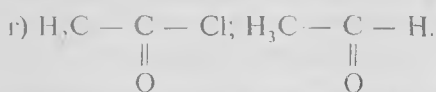
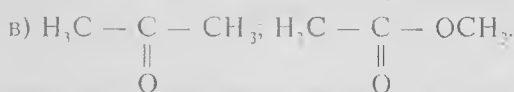
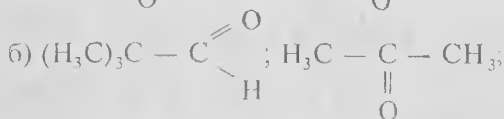
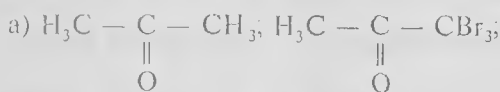
1542. Присоединение реагентов по карбонильной группе альдегидов и кетонов происходит по нуклеофильному механизму. Расположите в ряд по увеличению реакционной способности карбонильной группы следующие соединения:



1543. Расположите в ряд по увеличению реакционной способности карбонильной группы в реакциях нуклеофильного присоединения такие вещества:



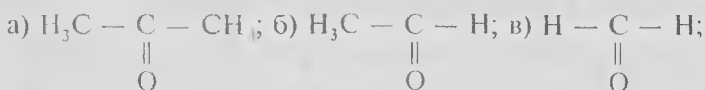
1544. В парах приведенных ниже соединений укажите то, которое обладает большей склонностью присоединять нуклеофильные реагенты по карбонильной группе.

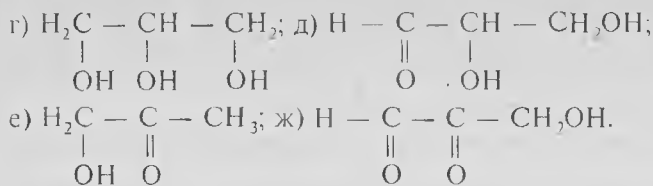


1545. Напишите уравнения реакций бутанала с такими реагентами:

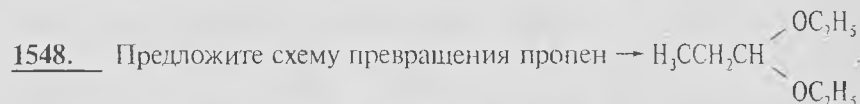
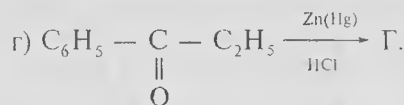
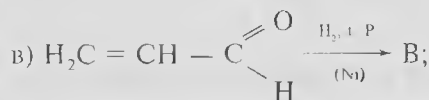
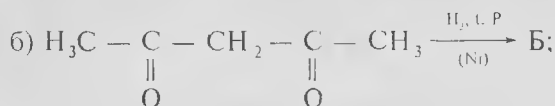
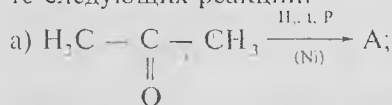
а) H_2NOH ; б) N_2H_4 (с последующим нагреванием с KOH);
в) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$.

1546. Среди перечисленных ниже соединений укажите те, которые дают реакцию серебряного зеркала (образование металлического серебра при действии водно-аммиачного раствора Ag_2O):

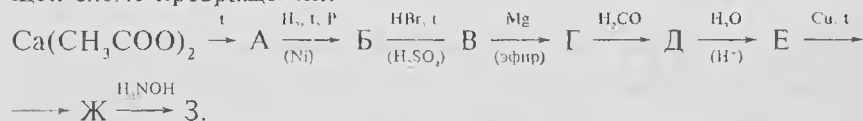




1547. Напишите формулы соединений, получаемых в результате следующих реакций:



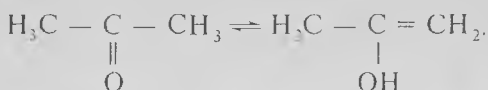
1549. Расшифруйте вещества, обозначенные буквами, в следующей схеме превращений:



1550. Карбонильное соединение X реагирует с бисульфитом натрия, не дает реакции серебряного зеркала, образует гидразид. Нагревание последнего в присутствии КОН приводит к образованию 3-этилпентана. Определите соединение X, напишите уравнения упомянутых реакций.

СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ: РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ЗАМЕЩАЮЩИХ ГРУПП И ПОЛИКАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

1551. В растворах альдегидов и кетонов медленно устанавливается равновесие между карбонильной и енольной формами, например:

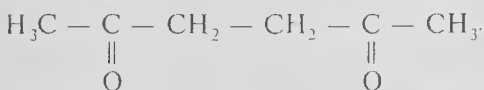
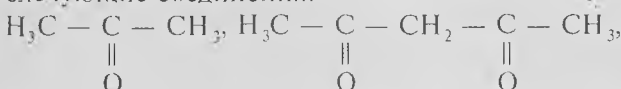


Реакцию катализируют кислоты и основания.

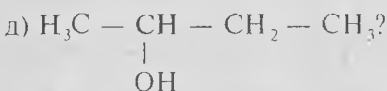
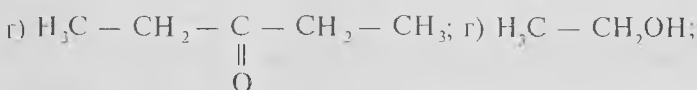
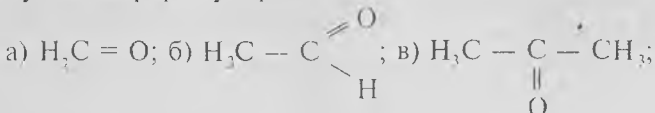
Напишите формулы енольных форм: а) этаналь; б) 2,4-пентандиона.

1552. Объясните влияние: а) основных (OH^-) и б) кислотных катализаторов на процесс енолизации.

1553. Расположите в ряд по увеличению доли енольной формы следующие соединения.

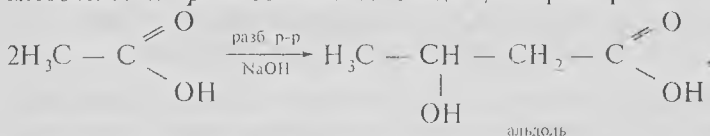


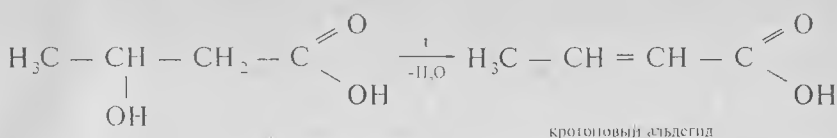
1554. Какие из приведенных ниже соединений дают положительную йодоформную реакцию:



1555. Альдегиды и кетоны, содержащие атомы водорода в α -положении к карбонильной группе ($\text{C} - \underset{\substack{\parallel \\ \text{O}}}{\text{C}} - \text{H}$) легко вступают в реакции замещения при действии галогенов. Интересно, что бутанон (метилэтилкетон) в присутствии кислот галогенируется по этильному радикалу, а в присутствии оснований — по этильному. Объясните этот факт с учетом механизма реакции.

1556. С участием енолят-анионов происходят важные реакции альдольной и кротновой конденсаций, например:





Напишите формулы продуктов альдольной конденсации: а) пропаналя; б) пропанона.

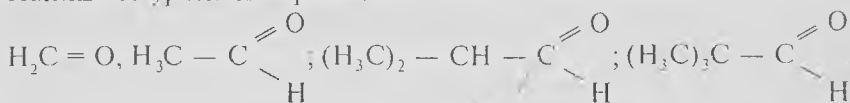
1557. На примере этанала рассмотрите механизм альдольной конденсации.

1558. Среди указанных ниже альдегидов выберите те, которые под действием оснований вступают в реакции:

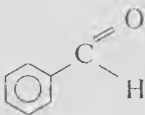
а) альдольной конденсации;

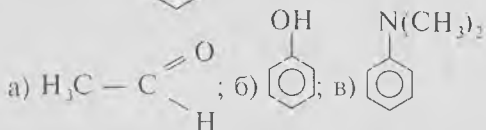
б) Каннишаро.

Напишите уравнения реакций.



1559. Ароматические альдегиды и кетоны легко вступают в реакции конденсации с соединениями, в состав которых входят подвижные атомы водорода. Напишите уравнения реакций бен-

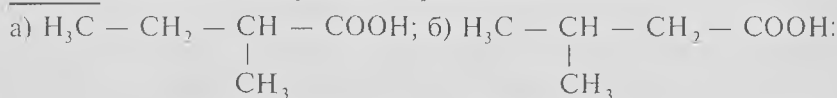
зальдегида  с такими реагентами:

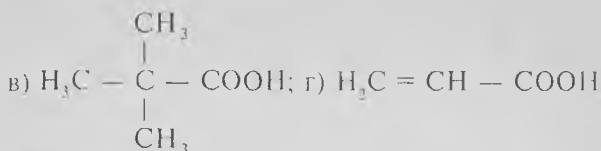


1560. Под действием концентрированных минеральных кислот оксимы перегруппировываются в амиды (вещества, содержащие группу $\text{O} = \text{C} - \text{N}$), (перегруппировка Бекмана). Напишите уравнение реакции, происходящей при Бекмановской перегруппировке оксима $\text{C}_6\text{H}_5 - \underset{\text{HO} - \text{N}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}} - \text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}$.

СИНТЕЗ И НОМЕНКЛАТУРА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

1561. Назовите следующие карбоновые кислоты:



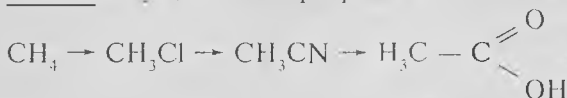


1562. Напишите формулы следующих кислот:

а) 3-бутеновой; б) 2-бутиновой; в) трифторуксусной; г) пентандиовой.

1563. Для этендиовой кислоты известны два изомера. Напишите их формулы.

1564. Осуществите превращения:

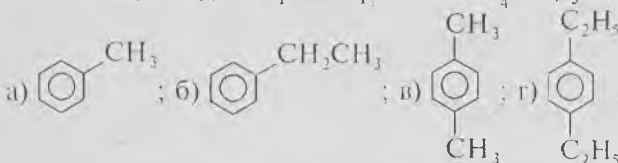


1565. Из метана двумя способами получите:

а) уксусную кислоту;
б) метановую (муравьиную) кислоту.

1566. В промышленности акриловую (пропеновую) кислоту получают из этилена или ацетилен. Предложите способы синтеза акриловой кислоты из: а) этилена; б) ацетилен.

1567. Напишите формулы продуктов, которые получаются при кипячении с водным раствором KMnO_4 следующих углеводородов:



1568. Предложите способ синтеза бутандиовой (янтарной) кислоты из этанола.

1569. С помощью натриймалонового эфира синтезируйте пропановую (пропионовую) кислоту.

1570. С помощью натриймалонового эфира синтезируйте гександиовую (адипиновую кислоту).

СВОЙСТВА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

1571. Укажите последовательность, в которой увеличиваются константы диссоциации следующих кислот:

а) HCOOH ; б) $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHCOOH}$; в) $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$.

1572. Укажите последовательность, в которой уменьшаются константы диссоциации следующих кислот:

а) BrCH_2COOH ; б) ICH_2COOH ; в) ClCH_2COOH ; г) FCH_2COOH .

1573. Молекулярная масса частиц, преобладающих в парах этановой (уксусной) кислоты составляет 120 а. е. м. Напишите формулу этих частиц.

1574. Напишите уравнения реакций пропановой (пропионовой) кислоты со следующими веществами:

а) NaHCO_3 ; б) Zn ; в) CaCO_3 ; г) H_5CMgI .

1575. Напишите формулы продуктов взаимодействия этановой кислоты со следующими реагентами:

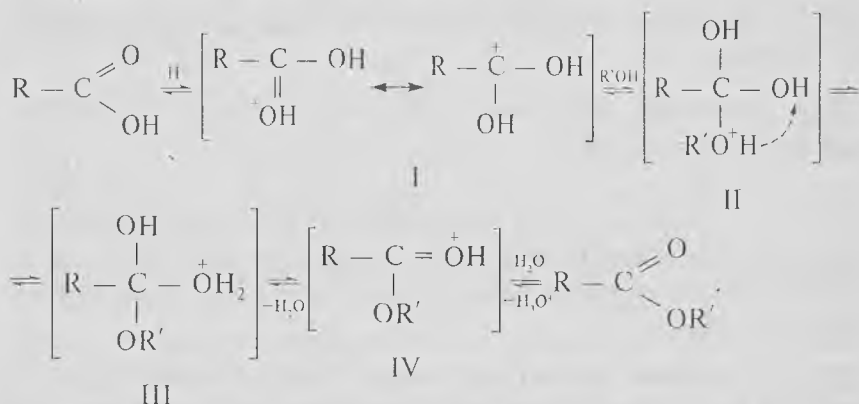
а) PCl_5 ; б) SOCl_2 ; в) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

1576. Напишите уравнения реакций, происходящих:

а) при нагревании пропандиовой (малоновой) кислоты;

б) при нагревании бутандиовой (янтарной) кислоты.

1577. Сложные эфиры образуются в результате *этерификации* при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами в присутствии сильных минеральных кислот. Механизм реакции следующий:



Учитывая механизм реакции этерификации, определите формулу продукта, образующегося при нагревании этановой кислоты с 2-метил-2-бутанолом (*трет*-бутиловым спиртом) в присутствии сухого HCl .

1578. Укажите формулы продуктов, которые получаются при действии на пропановую (пропионовую) кислоту хлора:

а) в присутствии фосфора;

б) при освещении.

1579. Укажите химические (пробирочные) реакции, с помощью которых можно различить следующие соединения:

а) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$ и $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH}$;

б) $\text{H}-\text{COOH}$ и $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$;

в) $\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$ и $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OC}_2\text{H}_5 \end{matrix}$

1580. Напишите структурные формулы *цис*- и *транс*-измеров бутендиновой кислоты. Какой из изомеров легко дегидратируется? Напишите формулу продукта.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

1581. Запишите уравнения реакций, с помощью которых из этановой кислоты можно получить:

а) хлорангидрид; б) амид; в) сложный эфир; г) ангидрид.

1582. Предложите способ получения смешанного ангидрида этановой и пропановой кислот, исходя из индивидуальных кислот.

1583. Напишите уравнение реакции между ацетилхлоридом и аммиаком.

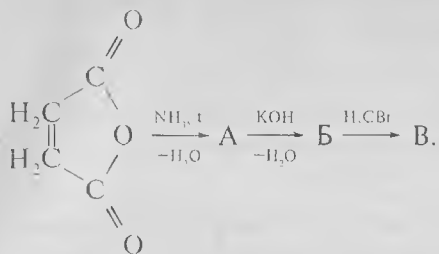
1584. Синтезируйте этилацетат, исходя из а) кислоты; б) хлорангидрида; в) ангидрида.

1585. *Конденсация Кляйзена* — конденсация двух молекул этилацетата под действием сильных оснований. В результате реакции образуется этилацетоацетат (ацетоуксусный эфир). Напишите уравнение происходящей реакции и формулу едкой формы ацетоуксусного эфира.

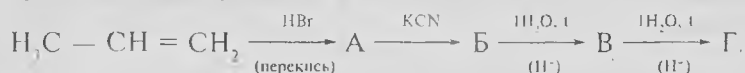
1586. Напишите уравнение реакции, происходящей при действии на диэтиловый эфир малоновой кислоты этилата натрия. Запишите резонансные структуры аниона натрий-малонowego эфира.

1587. Жиры и масла — сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот. Напишите схему реакции щелочного гидролиза жира.

1588. Запишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами, в схеме превращений:



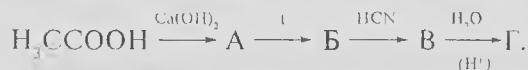
1589. Запишите формулы веществ, обозначенных буквами в следующей схеме превращений:



1590. Соединение $\text{A}(\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_4)$ не растворяется в воде и не обнаруживает основных или кислотных свойств. При гидролизе А образуется кислота $\text{B}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4)$ и этанол. Из соли кислоты $\text{B}(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_4\text{Na}_2)$ можно сплавлением с NaOH получить н-бутан. Запишите структурные формулы веществ А и Б.

ОКСИКИСЛОТЫ. АМИНОКИСЛОТЫ

1591. Напишите формулы веществ, обозначенных буквами в схеме превращений:



1592. Напишите уравнения реакций, подтверждающих наличие свойств:

а) кислот; б) спиртов у оксикислот.

1593. Напишите уравнения реакций, иллюстрирующие различное отношение α -, β - и γ -оксикислот к нагреванию.

1594. Напишите формулы стереоизомеров винной кислоты $\text{HOOCCH} - \text{CHCOOH}$, укажите, какие из них обладают оптической активностью, а какие — нет.

$\begin{array}{cc} | & | \\ \text{OH} & \text{OH} \end{array}$

1595. При кипячении водного раствора α -молочной кислоты ($\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{COOH}$), подкисленного серной кислотой, получа-

$\begin{array}{c} | \\ \text{OH} \end{array}$

ются два вещества, дающие реакцию серебряного зеркала. Напишите уравнение происходящей реакции.

1596. Получите из 1-пропанола α -аминопропионовую кислоту.

1597. Подтвердите уравнениями реакций кислотные и основные свойства α -аминопропионовой кислоты.

1598. Аминокислоты образуют со многими ионами металлов прочные комплексные соединения. Напишите формулу комплексного соединения Cu(II) с анионом аминокусусной кислоты (глицина).

1599. Напишите уравнение реакции, иллюстрирующее различное отношение α -, β - и γ -аминокислот к нагреванию.

1600. Какие частицы доминируют в водном растворе глицина: а) при низких pH, б) при высоких pH; в) в слабощелочной и слабокислой среде?

УГЛЕВОДЫ

1601. Приведите структурные формулы изомерных тетроз и пентоз D-ряда.

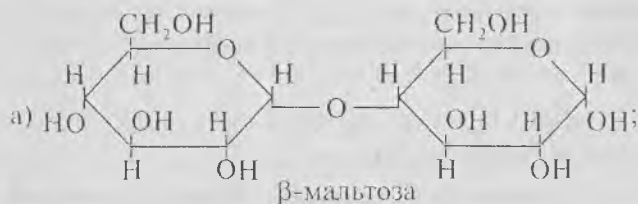
1602. Приведите проекции Фишера природных манноз: D-глюкозы, D-галактозы, D-маннозы и D-фруктозы.

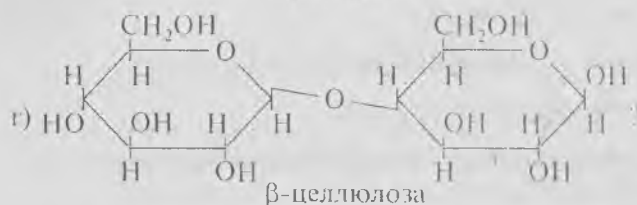
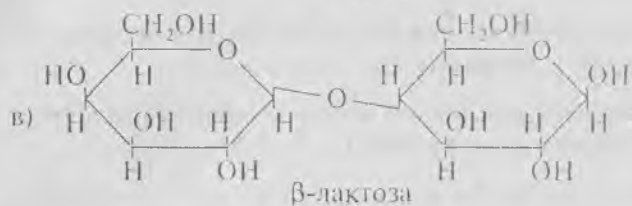
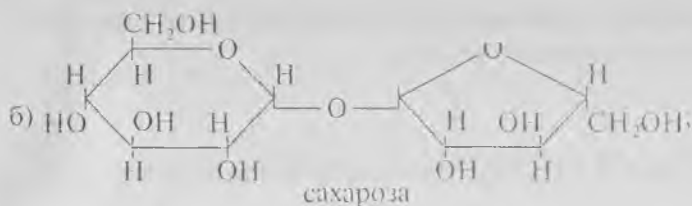
1603. Запишите формулы Хеуорса и α -D-глюкопиранозы и β -D-фруктофуранозы.

1604. На примере D-глюкозы покажите, что альдогексозы проявляют свойства альдегидов. Напишите уравнения реакций.

1605. Кристаллическая форма α - и β -аномеров D-маннозы. Удельное вращение α -D-маннозы составляет $+29,3^\circ$, а β -D-маннозы — $-17,0^\circ$. В водном растворе α -аномера оптическое вращение уменьшается до $+14,2^\circ$. В растворе β -аномера оптическое вращение возрастает до такой же величины. Объясните это явление. Рассчитайте долю α - и β -аномеров в условиях равновесия.

1606. Какие маннозы образуются при гидролизе следующих дисахаридов:





Какие из дисахаридов (биоз) являются восстанавливающими?

1607. Укажите стрелками в формуле лактозы: а) к какому атому кислорода присоединяется ион H^+ при гидролизе;

б) какая из связей углерод—кислород разрывается при гидролизе; в) какой из атомов углерода участвует в реакции при действии реактива Фелинга (окислитель)?

1608. При исчерпывающем гидролизе целлюлозы и крахмала приводит к получению одной и той же монозы — D-глюкозы, а свойства целлюлозы и крахмала сильно отличаются. Напишите формулы целлюлозы и крахмала, если известно, что в качестве промежуточного продукта при гидролизе целлюлозы образуется целлюлоза, а при гидролизе крахмала — мальтоза.

1609. Из D-глюкозы получите D-арабинозу.

1610. Целлюлоза используется для производства *вискозного волокна*. Целлюлозу обрабатывают концентрированным раствором щелочи. При этом в результате замещения водорода первичного гидроксила в каждом остатке глюкозы получается *щелочная целлюлоза*. При действии CS_2 на щелочную целлюлозу образуется *натриевая соль ксантогената целлюлозы*. Эта соль растворима в воде. Продавливая такой раствор через тонкие отверстия в ванну с кислотным раствором, регенерируют целлюлозу в виде тонкой нити. Растяги-

вая нить, получают *вискозное волокно*. Напишите уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.

ИЗОМЕРИЯ И СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОЛА

1611. Напишите структурные формулы всех ароматических углеводородов состава C_8H_{10} . Назовите их.

1612. Синтезируйте бензол, исходя из: а) метана; б) бензойной кислоты C_6H_5COOH ; в) циклогексена.

1613. Напишите уравнения реакций между толуолом и бромом: а) в присутствии железа; б) на свету.

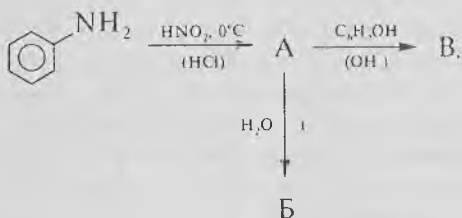
1614. Синтезируйте из бензола: а) анилин; б) фенол.

1615. Получите этилбензол из бензола.

1616. Сравните реакционную способность алкилхлоридов и бензилхлорида  в реакциях нуклеофильного замещения.

1617. Расположите в ряд по увеличению кислотных свойств следующие вещества: фенол, уксусная кислота, этанол, вода, угольная кислота. Приведите уравнение реакции, подтверждающее слабокислотные свойства фенола.

1618. Запишите формулы веществ, обозначенных буквами в схеме превращений:

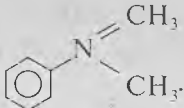


1619. При взаимодействии фенилдиазоний хлорида $C_6H_5-N^+ \equiv NCl^-$ с анилином в слабощелочной среде образуется диазоаминобензол

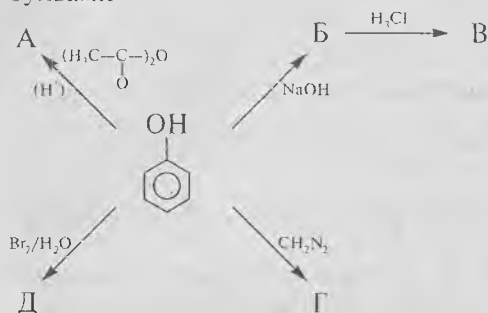


продукт атаки электрофила (иона диазония $C_6H_5N^+ \equiv N$) по атому азота аминогруппы анилина.

Какой продукт будет преимущественно образовываться в кислой среде?

При замене анилина на N, N-диметиланилин 

1620. Напишите структурные формулы веществ, обозначенных буквами

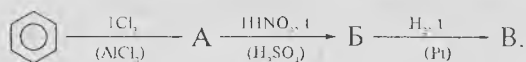


РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В БЕНЗОЛЬНОМ И НАФТАЛИНОВОМ ЯДРАХ

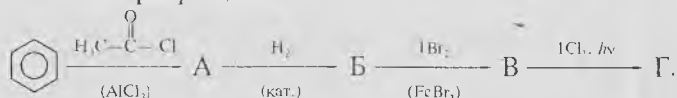
1621. Напишите уравнения реакций мононитрования: а) этилбензола; б) хлорбензола; в) метилбензоата. Какая реакция происходит с наибольшей скоростью?

1622. Из бензола получите *m*-аминонитробензол.

1623. Запишите формулы веществ, обозначенных буквами, в схеме превращений.

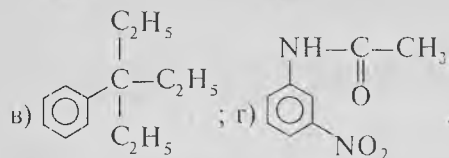
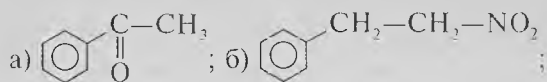


1624. Напишите формулы веществ, обозначенных буквами, в схеме превращений:

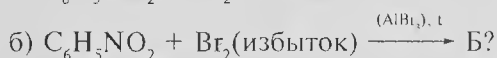
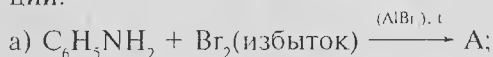


1625. Расположите в ряд по увеличению реакционной способности при бромировании в бензольное кольцо следующие вещества: бензол, толуол, нитробензол, фенол.

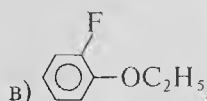
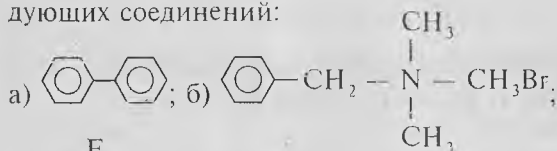
1626. Какие продукты будут основными при монобромировании в присутствии AlCl_3 таких веществ:



1627. Какие продукты образуются в результате следующих реакций:

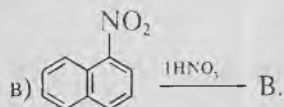
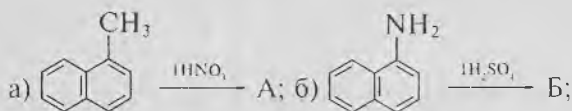


1628. Укажите стрелочками положения, в которые, преимущественно, будет вводиться нитрогруппа при мононитровании следующих соединений:



1629. Напишите структурные формулы основных продуктов взаимодействия нафталина с: а) нитрующей смесью ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$); б) бромом; в) концентрированной серной кислотой при 80°C ; г) концентрированной серной кислотой при 160°C .

1630. Напишите формулы продуктов следующих реакций:



ПОЛИМЕРЫ

1631. Напишите формулы полимеров, которые получают при полимеризации:

а) пропилена; б) винилхлорида $\text{H}_2\text{C} = \text{CHCl}$; в) изобутилена ($\text{H}_3\text{C}_2\text{C} = \text{CH}_2$; г) стирола $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CH}_2$.

1632. Напишите уравнение реакции, происходящей при поликонденсации диметилтерефталата $\text{H}_3\text{CO} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{OCH}_3$ и 1,2-этандиола (этиленгликоля).

1633. Найлон-66 получают поликонденсацией гексаметилендиамина $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ с адипиновой (гександиовой) кислотой. Напишите уравнение происходящей реакции.

1634. Найлон-6 (капрон) получают полимеризацией ϵ -капролактама (лактама ϵ -капроновой кислоты). Напишите уравнение соответствующей реакции.

1635. Фенол вступает в реакцию с формальдегидом. При избытке формальдегида в кислой среде образуется полимер линейного строения. При избытке фенола или проведении реакции в щелочной среде получается пространственный (сшитый) полимер. Напишите структурные формулы этих полимеров.

1636. Из приведенных ниже веществ выберите те, которые могут служить мономерами при синтезе полимеров методом полимеризации:

а) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; б) $\text{H}_3\text{C} - \text{C}(=\text{O}) - \text{H}$; в) $\text{H}_3\text{C} - \text{C}(\text{H}) = \text{CH}_2$;

г) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{CH}_3$; д) $\text{H}_3\text{C} - \text{C} \equiv \text{N}$;

е) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CN}$.

Напишите формулы соответствующих полимеров.

1637. Среди приведенных ниже соединений выберите те, которые могут быть участниками реакций конденсации, ведущих к получению полимеров:

а) H_3COH ; б) $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$; в) $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$;

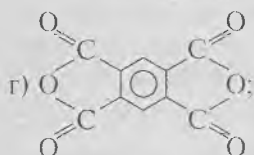
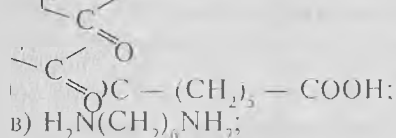
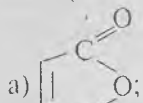
г) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{COOH}$; д) *cis*- $\text{HOOC} - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$;

е) $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{COOH}) - \text{CH}_2\text{OH}$.

1638. Реакция полимеризации стирола происходит по свободно-радикальному механизму. Инициатором (источником свободных радикалов) служат органические перекисные соединения. Как влияет на степень полимеризации стирола:

а) увеличение концентрации инициатора; б) увеличение концентрации мономера; в) добавка инертного растворителя?

1639. Среди перечисленных ниже веществ укажите те, которые будут вступать в реакцию поликонденсации с 1, 2, 3-пропантриолом (глицерином):



1640. Напишите формулы элементарных звеньев полимеров, которые могут получаться при полимеризации 1,3-бутадиена.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФОРМУЛЫ ОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

1641. Определите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 0,75, а относительная плотность его паров по воздуху равна 0,552.

1642. Определите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 80%, а плотность при нормальных условиях равна 1,342 г/л.

1643. Определите молекулярную формулу углеводорода при сгорании 2,1 г которого получили 6,6 г углекислого газа и 2,7 г воды. Плотность паров вещества по водороду равна 42.

1644. По данным химического анализа количественный состав двух веществ А и В примерно одинаков: 51,89% С, 9,73% Н и 38,38% Cl. Однако относительная плотность паров вещества В по воздуху в два раза больше, чем плотность вещества А. Расшифруйте вещества А и В. Имеет ли задача единственное решение?

1645. Определите молекулярную формулу вещества, если при сжигании 4,5 г этого вещества образовалось 8,8 г углекислого газа, 6,3 г воды и 1,4 г азота. Плотность паров вещества по воздуху равна 1,55.

1646. При сгорании 1,64 г неизвестного органического вещества в избытке кислорода получили 1,12 л углекислого газа, 1,26 мл воды (объемы приведены к н. у.), а в трубке для сжигания осталось 1,06 г вещества, которое не сгорает и представляет собой карбонат натрия. Определите молекулярную формулу вещества.

1647. Для полного сгорания 0,4 л неизвестного углеводорода потребовалось 1 л кислорода. После окончания реакции и приведения газов к нормальным условиям объем газообразных продуктов составил 0,8 л. Определите молекулярную формулу углеводорода.

1648. Определите молекулярную формулу углеводорода с открытой цепью углеродных атомов, если при сжигании 0,1 моль углеводорода образуется 5,4 г воды и выделяется 8,96 л углекислого газа (при н. у.).

1649. Неизвестное органическое вещество по данным количественного анализа имеет состав: 40% С, 53,3% О, 6,7% Н. При температуре 18°C и давлении 83 кПа это вещество массой 15 г занимает объем 14,9 л. Определите молекулярную формулу вещества.

1650. Определите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 85,7%, а относительная плотность его паров по воздуху равна 1,93. Приведите его структурные и геометрические изомеры.

КОНКУРСНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ХИМИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА

1651. Определите молекулярную формулу углеводорода по данным о его составе: массовая доля углерода в соединении 92,4%, а относительная плотность углеводорода по воздуху равна 2,7.

1652. Определите молекулярную формулу вещества, при сжигании 2,05 г которого получили 6,6 г диоксида углерода и 2,25 г воды: плотность паров его по водороду равна 41.

1653. Определите молекулярную формулу газа, в котором массовые доли элементов составляют: углерод — 82,8%, водород — 17,2%, плотность вещества при 100 °C — 1,90 г/л.

1654. Массовая доля углерода в веществе составляет 51,89%, хлора — 38,38%, остальное водород. Относительная плотность паров этого вещества по кислороду равна 2,89. Установите формулу вещества.

1655. При сжигании 5,9 г вещества образовалось 6,72 л (н. у.) диоксида углерода, 8,1 г воды и 1,4 г азота. Установите формулу этого вещества, если известно, что плотность паров вещества по воздуху равна 2,03.

1656. Для полного сжигания 100 мл (н. у.) неизвестного газообразного углеводорода потребовалось 1190 мл (н. у.) воздуха (объемная доля кислорода 21%). После окончания реакции и приведения газов к нормальным условиям объем газообразных продуктов составил 200 мл. Определите формулу углеводорода.

1657. Какова молекулярная формула углеводорода с открытой цепью углеродных атомов, если при сжигании 1 моль его образуется 54 г воды и 176 г диоксида углерода (IV). Приведите структурные формулы двух изомеров этого соединения и дайте им названия.

1658. На сжигание 2,7 г неизвестного вещества расходуется 2,8 л (н. у.) кислорода, а в результате реакции образуется 1,12 л (н. у.)

азота, 4,40 г CO_2 и 0,90 г H_2O . Установите формулу вещества, если его плотность немного ниже плотности воздуха.

1659. При взаимодействии 1,18 г щелочного металла с 200 г воды выделилось 668 мл газа (50°C , давление 1 атм.). Определите, какой это металл. Найдите массовую долю растворенного в воде вещества.

1660. Газообразный углеводород объемом 2 л сожгли в 14 л кислорода. Объем газовой смеси после реакции составил 18 л, после охлаждения до 5°C — 10 л, а после пропускания через избыток раствора щелочи — 4 л. Все объемы измерены при одинаковых условиях. Установите формулу углеводорода.

РАСТВОРЫ

1661. К 1 л раствора с массовой долей азотной кислоты 40%, плотность которого $1,27\text{ г/см}^3$, прибавили 500 мл воды. Какова массовая доля азотной кислоты в полученном растворе?

1662. В раствор серной кислоты опустили цинковую пластинку. После того, как вся серная кислота израсходовалась, образовался раствор с массовой долей сульфата цинка 5%. Вычислите массовую долю серной кислоты в исходном растворе.

1663. Определите массовую долю гидроксида натрия в растворе, в 1 л которого содержится 2 моль гидроксида натрия, если плотность раствора равна $1,08\text{ г/см}^3$.

1664. При смешении двух растворов с массовыми долями серной кислоты 40 % и 7 % образовалось 300 г раствора с массовой долей серной кислоты 60 %. Определите массы исходных растворов.

1665. Железная пластинка массой 15 г опущена на некоторое время в 100 мл раствора с массовой долей сульфата меди 17%, плотность которого $1,14\text{ г/см}^3$. После того как пластинку вынули, ее масса оказалась равной 15,16 г. Какова масса сульфата меди в растворе после реакции?

1666. Кристаллогидрат $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ массой 125 г растворили в 375 г воды, а затем добавили избыток щелочи. Определите массовую долю CuSO_4 в исходном растворе и массу полученного осадка.

1667. Раствор массой 200 г с массовой долей фосфорной кислоты 9,8% смешали с раствором массой 100 г с массовой долей Na_2HPO_4 28,4%. Определите состав образовавшейся соли и ее массовую долю в растворе.

1668. Какой объем (н. у.) диоксида серы необходимо пропустить через 400 мл раствора с массовой долей гидроксида натрия 0,05 % и плотностью 1 г/см³, чтобы получить кислую соль?

1669. Уксусная кислота содержит примеси уксусного альдегида и этанола. Образец кислоты массой 22,0 г обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра и получили осадок массой 5 г. На нейтрализацию такого же образца кислоты израсходовали 30,0 мл раствора с массовой долей гидроксида натрия 30% и плотностью 1,3 г/см³. Вычислите массовые доли примесей в кислоте.

1670. Вычислите объем сероводорода (н. у.), который выделяется при взаимодействии 120 г магния с 1 л раствора серной кислоты (плотность 1,455 г/мл, массовая доля растворенного вещества 55,5%).

СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ РЕАКЦИЙ

1671. Для полного бромирования некоторого количества смеси этена и бутина-2 израсходовано 48 г брома, а при полном сгорании такого же количества смеси углеводородов образовалось 8,64 г воды. Каковы количества и объемные доли компонентов смеси?

1672. На нейтрализацию раствора, полученного при растворении натрия в воде, израсходовано 250 см³ раствора с массовой долей хлороводородной кислоты 5% и плотностью 1,02 г/см³. Определите массу натрия.

1673. Какие продукты и в каких количествах образуются при пропускании 3,36 л (н. у.) диоксида углерода через щелочной раствор массой 50,0 г с массовой долей гидроксида натрия 24%.

1674. При прокаливании 40 г смеси оксида кальция, карбоната натрия и гидрокарбоната натрия выделилось 0,80 л газа (н. у.), а при действии на такую же массу смеси хлороводородной кислоты выделилось 3,72 л (н. у.) газа. Определите массовые доли веществ в смеси.

1675. При реакции водного раствора щелочи с водным раствором хлорида железа (II) образовалось 3 г осадка, масса которого при стоянии на воздухе увеличилась. Объясните это явление. Рассчитайте количество вещества хлорида железа (II).

1676. Какие продукты образуются, если m г сероводорода реагируют с $2m$ г гидроксида натрия.

1677. Рассчитайте массу серебра, которое можно получить при взаимодействии глюкозы массой 12 г с аммиачным раствором оксида серебра, если выход продукта реакции составляет 90%.

1678. Определите массу альдегида, образовавшегося при окислении этилового спирта (выход 95 % от теоретического), если при взаимодействии такого же количества спирта с металлическим натрием выделилось 11,2 л (н. у.) водорода.

1679. На раствор, содержащий 15,6 г хлорида цинка, подействовали раствором, содержащим 12 г гидроксида натрия. Какова масса образовавшегося в результате этой реакции осадка?

1680. Железная пластинка массой 117 г опущена в раствор сульфата меди (II). Когда она покрылась медью, ее масса стала равной 121 г. Какая масса железа перешла в раствор?

РАСЧЕТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

1681. Определите массу карбида кальция, необходимого для получения 1 кг ацетальдегида, если выход продуктов реакции на каждой стадии процесса составляет 80%.

1682. Какой объем природного газа (н. у.) потребуется для получения 92 г муравьиной кислоты путем каталитического окисления метана? В природном газе содержится 95 % метана по объему.

1683. Для растворения 12 г смеси CaO и CaCO_3 израсходовали 250 мл раствора с молярной концентрацией хлороводорода 1,2 моль/л. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

1684. При нагревании смеси нитратов натрия и свинца образовалось 22,3 г оксида свинца(II) и 6,72 л смеси газов при н. у. Определите массу исходной смеси.

1685. Раствор щелочи, полученный растворением 5,0 г натрия в воде, нейтрализовали раствором с массовой долей серной кислоты 5% и плотностью 1,03 г/см³. Определите объем раствора кислоты, израсходованной на нейтрализацию.

1686. Определите массовые доли серной и азотной кислот в растворе, если при добавлении к 400 г этого раствора избытка хлорида бария выделилось 25,0 г осадка, а для нейтрализации полученного раствора потребовалось 0,25 моль гидроксида натрия.

1687. Какой объем аммиака можно получить, если для его синтеза использовать водород, выделяющийся при взаимодействии 8,1 г алюминия с 400 мл раствора с плотностью 1,3 г/мл и массовой долей гидроксида натрия 10%.

1688. Определите минимальный объем раствора с массовой долей азотной кислоты 90% и плотностью 1,5 г/мл, который потребуется для растворения серебра, полученного при взаимодействии 48 г железа с раствором, содержащим 48 г нитрата серебра.

1689. Определите массу глюкозы, которая вступила в реакцию серебряного зеркала, если для растворения образовавшегося серебра потребовалось 20 мл раствора азотной кислоты с массовой долей 47% и плотностью 1,2 г/см³.

1690. Фосфин, полученный гидролизом 72,8 г фосфида кальция, сожгли в избытке кислорода. Образовавшийся оксид фосфора(V) растворили в 200 мл раствора с массовой долей гидроксида калия 34% и плотностью 1,32 г/см³. Определите состав продуктов взаимодействия и их массовые доли в растворе.

РАСЧЕТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ РЕАКЦИЙ, В КОТОРЫХ УЧАСТВУЮТ ГАЗООБРАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА

1691. Вычислите объем диоксида серы (н. у.), который образуется при окислении 15 г сульфида железа (II), и объем воздуха (н. у.), необходимый для этого процесса.

1692. Вычислите объем хлора (н. у.) и массу гидроксида калия, которые необходимы для получения 25 г бертолевой соли, если выход продукта составляет 90%.

1693. Газ, полученный разложением 100 г нитрата натрия, смешали в закрытом сосуде с другим газом, образовавшимся при действии избытка раствора гидроксида калия на 45 г алюминия. Смесь газов взорвали. Определите массу полученного продукта.

1694. Какой объем монооксида азота можно получить при нагревании 30 г медного сплава, содержащего 15% не реагирующих примесей, с избытком разбавленной азотной кислоты?

1695. Какой объем воздуха (объемная доля кислорода 21%) необходим для окисления ацетальдегида в кислоту, если выход продуктов реакции составляет 70%, а при добавлении к водному раствору полученной кислоты раствора карбоната натрия выделился газ, образующий с гидроксидом натрия 42 г кислой соли?

1696. Плотность по воздуху вещества, имеющего состав: углерода — 54,55%, водорода — 9,09 % и кислорода — 36,36%, равна 1,52. Оно легко окисляется оксидом серебра в водно-аммиачном растворе до кислоты. Определите структурную формулу этого вещества. Какой объем занимают 3,00 г вещества при давлении $2 \cdot 10^5$ Па и 400 К?

1697. Пары неизвестного вещества имеют плотность по водороду 23. Массовые доли элементов в его составе равны: углерода — 52,18%, водорода — 13,04%, кислорода — 34,78%. Определите молекулярную формулу вещества. Какой объем занимают 4,60 г вещества при давлении $1 \cdot 10^5$ Па и 450 К?

1698. Определите объемную долю водорода в его смеси с кислородом, если плотность смеси по воздуху составляет 0,32.

1699. При сжигании серы получено 2,24 л (н. у.) диоксида серы. При этом выделилась теплота в количестве 29,26 кДж. Составьте термохимическое уравнение реакции.

1700. При реакции 9 г алюминия с 11,2 л (н. у.) кислорода выделилось 273,5 кДж теплоты. Составьте термохимическое уравнение реакции.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СМЕСЕЙ

1701. Продукты полного сгорания в избытке кислорода смеси этана и пропана, объем которой равен 2,24 л при н. у., обработали избытком известковой воды, причем образовалось 25,0 г осадка. Каковы молярные доли компонентов в исходной смеси?

1702. При нагревании 23 г смеси бензола и толуола с водным раствором перманганата калия образовалось 12,2 г бензойной кислоты. Определите массовую долю толуола в смеси.

1703. Смесь, содержащую 4,68 л (н. у.) водорода и 4,48 л (н. у.) хлора, взорвали и охладили до комнатной температуры и пропустили через 2 л воды. Определите массовую долю растворенного вещества.

1704. Сплав меди с алюминием массой 2,00 г обработали избытком раствора щелочи. Объем выделившегося газа при нормальных условиях составил 700 мл. Определите массовые доли металлов в смеси.

1705. При обработке 7,60 г смеси карбоната и гидрокарбоната натрия соляной кислотой образовалось 1,792 л (н. у.) газа. Какой

объем соляной кислоты (массовая доля 10%, плотность 1,05 г/см³) был израсходован и каков состав смеси?

1706. В раствор, содержащий 13,50 г смеси сульфатов калия и магния, прибавили избыток хлорида бария, в результате чего образовалось 24,23 г сульфата бария. Определите массовую долю K_2SO_4 и $MgSO_4$ в исходной смеси.

1707. Какую массу смеси, содержащей хлорид натрия с массовой долей 20% и хлорид калия с массовой долей 30%, следует взять для получения 10 г хлорида серебра?

1708. Для нейтрализации 200 мл раствора азотной кислоты с молярной концентрацией 0,5 моль/л израсходовали 4,26 г смеси карбонатов лития и натрия. Определите состав смеси.

1709. Смесь карбонатов стронция и магния массой 10,0 г обработали кислотой. При этом выделилось 2,54 л газа (н. у.). Определите массовые доли компонентов смеси.

1710. Смесь этанола и пропанола-2 массой 16,6 г обработали избытком натрия. При этом выделилось 3,36 л водорода. Определите массовые доли спиртов в смеси.

УСЛОЖНЕННЫЕ И ОЛИМПИАДНЫЕ ЗАДАЧИ

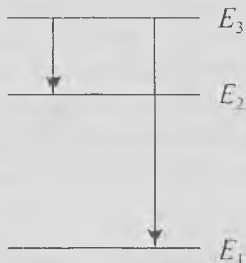
СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

При решении задач этого раздела используйте справочные данные табл. 2 (см. Приложение).

- 1711.** Вот атом, который построил Бор.
 Это — ?????, который в центр помещен Атома,
 который построил Бор.
 А вот ?????,
 Который стремглав облетает ?????,
 Который в центр помещен Атома,
 который построил Бор.

В. Турчин

- 1) Заполните пропуски в тексте.
- 2) Модель какого атома и на основе каких экспериментальных данных построил Нильс Бор?
- 3) В атоме электрон, перескакивая с высшего энергетического уровня E_2 на нижний уровень E_1 , излучает электромагнитную энергию. Пусть электрон перескакивает:
 - 1) с уровня E_2 на уровень E_1 ;
 - 2) с уровня E_3 на уровень E_1 ;



- Поясните, для какого из электронных переходов — $E_2 \rightarrow E_1$ или $E_3 \rightarrow E_1$ — а) длина волны меньше; б) частота излучения больше?
- 4) Спектры излучения возбужденных атомов состоят из огромного числа отдельных линий (например, в спектре атомов железа более 4000 линий). Почему: а) спектры атомов содержат намного

больше линии, чем это предусматривает модель атома Бора?; б) почему спектры поглощения молекулами видимого света являются, в отличие от атомарных спектров, непрерывными?

5) Объясните, чем отличаются следующие утверждения: а) космический корабль вышел на заданную орбиту; б) электрон занимает $1s$ -орбиталь.

1712. Для возбуждения электронов в кристалле алмаза из валентной зоны в зону проводимости требуется энергия 502 кДж/моль .

1) Свет какой частоты необходим для этого возбуждения?

2) Какими должны быть его длина волны (нм) и волновое число (см^{-1})?

3) Какой части электромагнитного спектра соответствует такой свет?

1713. Энергии ионизации атомов можно определить по спектроскопическим данным или методом фотоэлектронной спектроскопии.

1) Вычислите энергию ионизации атомов водорода (кДж/моль) в основном состоянии, если частота, соответствующая границе сходимости спектральной серии Лаймана, равна $\nu_{\text{сход}} = 3,287 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$. Спектральная серия Лаймана возникает при излучении энергии электронами, которые переходят на низший энергетический уровень $1s$.

2) Если свет с длиной волны $58,4 \text{ нм}$ от гелиевой разрядной лампы направить на образец криптона, то электрон излучается со скоростью $1,59 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. При действии того же самого излучения на пары рубидия излучаются электроны со скоростью $2,45 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Каковы энергии ионизации атомов криптона и рубидия?

1714. Среди изомерных соединений с молекулярной формулой $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$ выберите такое, спектр ПМР которого: а) содержит только один пик; б) имеет несколько пиков, в том числе дублет ($\delta = 3,4 \text{ м.д.}$); в) наряду с другими сигналами содержит триплет ($\delta = 3,5 \text{ м.д.}$); г) в числе нескольких пиков есть два трехпротонных сигнала, один из которых триплет ($\delta = 1,0 \text{ м.д.}$), а другой — дублет ($\delta = 1,5 \text{ м.д.}$).

1715. Какие факторы определяют способность атомных орбиталей (АО) образовывать молекулярные орбитали (МО): а) близость энергий АО, б) одинаковая форма АО, в) наличие на АО одиночных электронов с противоположными спинами, г) одинаковая симметрия АО относительно оси связи, д) достаточная протяженность АО и возможность их перекрывания при образовании МО?

1716. Заполните пропуски в тексте: «Молекулы имеют электронные энергетические уровни, _____ энергетические уровни и _____ энергетические уровни. Переходы между вращательными уровнями находятся в _____ области электромагнитного спектра; переходы между _____ уровнями — в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Инфракрасная спектроскопия используется для исследования внутримолекулярных _____ переходов».

1717. Хлор образует оксиды Cl_2O , ClO_2 , ClO_3 и Cl_2O_7 . Укажите гибридизацию центрального атома. Напишите уравнения взаимодействия оксидов с водой.

1718. Укажите геометрическую форму молекул и ионов: BeF_2 ; SO_2 ; SO_3^{2-} ; SO_4^{2-} ; NO_3^- ; ClF_3 ; MnO_3F ; NH_3 ; AsH_3 .

1719. 1) Укажите характер изменения валентных углов в таких рядах:

а) NH_4^+ , NH_3 , NH_2^- ;

б) PH_3 , PF_3 , PCl_3 ;

в) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$.

2) В группе б) обсудите характер и причины изменения полярности молекул и энергий связи.

3) Укажите состояние гибридизации центральных ионов комплексных частиц, указанных в группе в).

4) Укажите число неспаренных электронов в комплексных катионах и оцените их магнитные моменты.

1720. 1) Заполните пропуски в таблице:

Молекула	Гибридизация атома серы	Полярность (да, нет)	Расположение электронных пар	Геометрия молекулы	Число σ -связей
SF_6	sp^2d^2	нет	октаэдр		6
SF_4		да			
SCl_2				угловая	
SOCl_2			тетраэдр		
SO_2Cl_2					
SF_4O				тригональная бипирамида	

2) Охарактеризуйте отношение к воде SF_6 , SOCl_2 , SO_2Cl_2 .

ГИБРИДИЗАЦИЯ

1721. Укажите тип гибридизации орбиталей атомов углерода в следующих линейных структурах: C_2H_2 , HCN , CS_2 .

1722. Укажите тип гибридизации орбиталей атомов углерода в молекулах этилена и бензола.

1723. Укажите тип гибридизации орбиталей центральных атомов в тетраэдрических структурах: CBr_4 , NH_4^+ , BF_4^- .

1724. В молекулах CH_4 , NH_3 и H_2O орбитали центральных атомов находятся в состоянии sp^3 -гибридизации, в то время как валентные углы принимают разные значения:

CH_4	NH_3	H_2O
109°	107°	105°

Объясните это различие.

1725. Молекула NH_3 имеет форму пирамиды с приблизительно тетраэдрическим углом возле атома азота, а молекула BF_3 — плоская с валентным углом 120° . Каково состояние гибридизации центральных атомов в этих молекулах?

1726. В молекуле P_4 атомы фосфора размещены в вершинах правильного тетраэдра. Каково состояние гибридизации орбиталей фосфора?

1727. Объясните, почему валентные углы в молекулах CH_4 и SiH_4 одинаковы, а в молекулах H_2O и H_2S отличаются?

1728. Объясните, почему молекула BCl_3 имеет плоскую форму, а молекула PCl_3 пирамидальную?

1729. Объясните, почему молекула NH_3 имеет форму пирамиды с атомом N в вершине, а молекула $N(SiH_3)_3$ — форму правильного треугольника.

1730. Интергалиды (или интергалогениды) — галогениды галогенов AB_n — являются весьма реакционными соединениями (сильные окислители). Укажите значение n для молекул интергалидов AB_n , приведите их структурные формулы и укажите тип гибридизации атома A. Укажите значение n для ионов AB_n^+ и AB_n^- , приведите их структурные формулы и укажите тип гибридизации атома A.

МЕТОД ОТТАЛКИВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПАР ВАЛЕНТНОЙ ОБОЛОЧКИ

При выполнении заданий этого раздела используйте рис. 1 (см. Приложение).

1731. Для молекул BeCl_2 , BF_3 , SnCl_2 , CH_4 , NH_3 , H_2O , PF_5 , SF_6 , ClF_3 , XeF_2 и SF_6 можно предложить общую формулу AX_nE_m , где А — центральный атом, Х — связанный с ним атом, Е — неподеленная пара электронов, n — число присоединенных атомов, m — число неподеленных пар центрального атома. Для каждой из перечисленных молекул укажите центральный атом, а также значения n и m. Заполните следующую таблицу.

Молекула	n	m	n + m
BeCl_2	2	0	2

1732. Геометрическую форму молекул типа AX_nE_m можно предсказать на основе метода отталкивания электронных пар валентной оболочки, основные положения которого следующие:

1) Центральный атом А образует единую валентную оболочку, на которую поступают все валентные электроны центрального атома А и только те электроны атомов Х, которые участвуют в образовании химической связи.

2) Электроны на валентной оболочке образуют электронные пары, которые принимают пространственное расположение, сводящее к минимуму их взаимное отталкивание. При этом расстояние между электронными парами должно быть максимальным.

Какой физический закон лежит в основе изложенного метода?

1733. Предсказание геометрической формы молекул основано на требовании максимального удаления связывающих электронных пар. Как на валентной оболочке (предположим, что она имеет форму сферы) расположить две электронные пары, чтобы расстояние между ними было максимальным? В вершинах какой геометрической фигуры нужно расположить три электронные пары, чтобы расстояние между ними было максимальным? Как расположить на поверхности сферы четыре электронные пары с максимальным расстоянием между ними?

1734. Под молекулярной геометрией понимают взаимное расположение атомов, которое может быть определено экспериментально. (О расположении неподеленных пар можно лишь высказывать предположения). Какую геометрическую форму имеют молекулы BeCl_2 , BF_3 и CH_4 ?

1735. Неподдельные пары электронов находятся ближе к центральному атому, чем связывающие, и поэтому сильнее их отталкивают. Объясните, почему в молекуле SnCl_2 (изогнутая форма) валентный угол Cl—Sn—Cl меньше, чем 120° .

1736. Предскажите и изобразите геометрическую форму молекул CH_4 , NH_3 и H_2O .

1737. Расположение пяти электронных пар требует особого рассмотрения. Пять одинаковых электронных пар, окружающих центральный атом, должны быть направлены к вершинам правильной треугольной бипирамиды. В этой бипирамиде различают три экваториальных положения (вершины треугольного основания) и два аксиальных положения (две вершины пирамиды). Молекула PF_5 имеет форму треугольной бипирамиды, в центре основания лежит атом Р, а в вершинах основания и вершинах бипирамиды — атомы F. Изобразите геометрическую форму этой молекулы. Покажите, что длина аксиальных связей P—F больше, чем длина экваториальной связи P—F .

1738. Неподделенные пары электронов в первую очередь занимают экваториальные положения бипирамиды. Укажите число неподделенных пар центрального атома в молекулах SF_4 , ClF_3 , XeF_2 . Изобразите геометрические формы этих молекул и дайте им название.

1739. Предскажите геометрическую форму следующих молекул: ICl_3 , BF_3 , CBr_4 , SiH_4 , SF_2 , PF_3 , IF_5 , OF_2 , H_2Te .

1740. Для предсказания геометрической формы молекул с двойными связями удобно использовать стерическое число. Стерическое число определяется как сумма числа присоединенных атомов n и числа неподделенных пар m в молекуле AB_nE_m . Согласно модели отталкивания электронных пар, в зависимости от стерического числа (СЧ) электронные пары на валентной оболочке образуют следующие геометрические конфигурации.

СЧ = $n + m$	Геометрическая конфигурация
2	линейная
3	плоская тригональная
4	тетраэдрическая
5	тригонально-бипирамидальная
6	октаэдрическая
7	пентагонально-бипирамидальная

Определите стерическое число центрального атома в следующих молекулах с двойными связями и предскажите их геометрическую форму: а) CO_2 , CS_2 и COS ; б) SO_3 ; в) COCl_2 г) SOF_4 .

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И ИОНОВ

1741. Предскажите геометрическую форму следующих молекул и ионов: CO_2 , CS_2 , SO_3 , NO_3^- , CO_3^{2-} , CCl_2O , SO_2 , O_3 , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , ClO_4^- , PCl_3O , SOF_2 , ClO_3^- , SO_3^{2-} , ClO_2^- , SOF_4 . Полученные вами результаты внесите в следующую таблицу:

Молекула	Стерическое число, $n+m$	Число неподеленных пар, m	Геометрическая конфигурация электронных пар	Геометрическая форма молекулы

1742. Для молекул, приведенных в следующей таблице, предскажите геометрическую форму, для каждого центрального атома определите число неподеленных пар. Как влияют неподеленные пары на валентные углы?

Молекула	Валентный угол В-А-В (град)	Молекула	Валентный угол В-А-В (град)
COF_2	108	GeF_2	94 ± 4
SO_2F_2	96	SF_2	98
PCl_3O	103	PCl_3	100
SOF_4	115	SF_4	103
IOF_3	< 90	IF_3	81

1743. Объясните, почему в молекулах CH_4 , NH_3 и H_2O углы между связями имеют близкие значения.

1744. Объясните причины и характер изменения валентных углов в ионах:



1745. Определите число валентных электронов в следующих молекулах: N_2O , O_3 , NO_2^- , FCN , OF_2 , CO_2 , HN_3 , $\text{FCH}=\text{O}$, $\text{HO}-\text{CH}=\text{O}$, CH_2F_2 , $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$, $\text{H}_3\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3$. Какие из приведенных молекул являются изоэлектронными? Изобразите структурные формулы и укажите геометрическую форму.

1746. Какие из перечисленных молекул являются изоэлектронными? Сравните их электронное и геометрическое строение: N_2 , O_2 , F_2 , CO_2 , NOF , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_4 , CH_3NH_2 .

1747. Определите число валентных электронов, укажите геометрическую форму и тип гибридизации центрального атома в следующих молекулах:

- а) HNCO , CH_3CN , CH_3BO , CH_3NC , $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$, $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$;
 б) $\text{F}-\text{CH}=\text{CH}_2$, $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}=\text{O}$, $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{O}$,
 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$;
 в) $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$, $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, $\text{H}_3\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3$.

1748. Для молекул, приведенных в таблице, определите общее число атомов в молекуле, число валентных электронов и число неподеленных пар каждого атома. Изобразите структурные формулы молекул, на которых укажите направление неподеленной пары в пространстве, например с помощью петлей. Полученные вами результаты внесите в таблицу. Объясните, как неподеленные пары «превращают» в связи $\text{X}-\text{H}$.

Молекула $\text{H}_n\text{X}-\text{YH}_m$	Общее число связей	Число валентных электронов	Число неподеленных пар атома		Структур- ная фор- мула
			X	Y	
F_2	2	14	3	3	
$\text{F}-\text{OH}$	?	?	?	?	?
$\text{F}-\text{NH}_2$	?	?	?	?	?
$\text{F}-\text{CH}_3$	?	?	?	?	?
$\text{HO}-\text{CH}_3$	?	?	?	?	?
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_3$	?	?	?	?	?
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	8	14	0	0	

1749. Известно, что иногда молекулы, имеющие схожий состав, отличаются пространственным строением. Объясните, почему молекулы: а) OPF_3 и OCIF_3 б) PF_3Cl_2 и PF_2Cl_3 имеют различное пространственное строение. Предскажите их геометрическую форму.

1750. Азот образует трифторид NF_3 , пентафторид фосфора PF_5 не существует. Однако для фосфора известны оба аналога PF_3 и PF_5 . Объясните такое различие свойств азота и фосфора. Будут ли одинаковыми длины связей в молекулах PF_3 и PF_5 ? Какова геометрическая форма этих молекул? Какие из молекул: OF_2 , OF_4 , OF_6 , O_2F , SF_2 , SF_4 , SF_6 действительно существуют? Укажите их геометрическую форму.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

1751. Энергия связи в молекулах водорода и галогенов характеризуется следующими значениями:

Молекула	H_2	F_2	Cl_2	Br_2	I_2
Энергия связи, кДж/моль	432	155	239	190	148

Объясните, почему молекула водорода имеет сравнительно большую энергию связи. Объясните, почему энергия связи в молекулах галогенов сначала увеличивается с возрастанием атомного номера, а затем уменьшается.

1752. Сравните электронные конфигурации атомов H и Li и объясните понижение энергии связи в молекуле Li_2 по сравнению с молекулой H_2 (432 и 110 кДж/моль).

1753. Расположите двухатомные молекулы K_2 , Li_2 , Na_2 , Cs_2 , Rb_2 в порядке возрастания энергии связи.

1754. Расположите следующие молекулы в порядке возрастания энергии связи:

а) O_2 , N_2 и F_2 ;

б) H_3C-CH_3 , $H_2C=CH_2$, $HC\equiv CH$.

1755. Сравните электронное строение молекул N_2 и CO и объясните, почему эти молекулы имеют близкие значения энергий связи.

1756. Опишите геометрическое строение молекулы CH_3COOH . Одинаково ли состояние гибридизации атомов углерода в этой молекуле? Какая из двух связей C—O в молекуле CH_3COOH длиннее?

1757. Предскажите, какая из молекул — P_2 или S_2 имеет большую длину связи?

1758. Расположите молекулы: N_2 , N_2H_4 , $N_2(CH_3)_2$ в порядке возрастания длин связей между атомами азота.

1759. Объясните, почему в молекуле $H_5IO_6 [(HO)_5IO]$ длина связи I—O (0,178 нм) меньше длины связи I—OH (0,189 нм).

1760. Предскажите, какая из двух кислот: H_4IO_6 или H_6TeO_6 является более сильной?

ДИПОЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ

1761. Электрические дипольные моменты молекул CO_2 и CS_2 равны нулю. Объясните, почему дипольный момент молекулы COS достаточно большой — 1,97 D.

1762. Объясните, почему молекула CH_4 имеет нулевой дипольный момент, а молекула CH_3Cl обладает большим дипольным моментом — 1,87 D.

1763. Дипольный момент молекулы H_2O равен 1,85 D, а молекулы OF_2 — только 0,297 D, хотя валентные углы в обеих молекулах приблизительно одинаковы. Объясните, почему дипольный момент молекулы OF_2 намного меньше момента молекулы H_2O .

1764. Объясните различие дипольных моментов следующих молекул:

- а) NH_3 и NF_3 (1,47 и 0,23D);
- б) NH_3 и AsH_3 (1,47 и 0,16D);
- в) NH_3 и PH_3 (1,47 и 0,55D).

1765. На основании приведенных дипольных моментов связей найдите зависимость между дипольными моментами связей μ_{AB} и разностью электроотрицательностей элементов А и В, $\Delta\chi = \chi_{\text{A}} - \chi_{\text{B}}$

Связь АВ	H—Cl	Cl—F	O—H	N—H	P—H	N—F	P—F
Дипольный момент связи, D	1,03	0,88	1,51	1,32	0,34	0,18	0,77

1766. Вычислите дипольный момент молекулы формальдегида, если $\mu_{\text{C=O}} = 1,94\text{D}$, $\mu_{\text{C—H}} = 0,4\text{D}$.

1767. Дипольный момент молекулы H_2O равен 1,85 D, а момент связи $\text{O—H} = 1,51\text{ D}$. Вычислите валентный угол H—O—H .

1768. Определите дипольные моменты *о*-, *м*-, *п*-производных бензола: а) с разными заместителями X_1 и X_2 , обладающими моментами связей C—X_1 и C—X_2 соответственно μ_1 и μ_2 ; б) с одинаковыми заместителями X, для которых момент связи C—X равен μ .

1769. Вычислите частичный заряд на атомах в молекуле $\text{Li}^{\delta+}\text{H}^{\delta-}$, дипольный момент которой равен 5,9D, а длина связи $\text{Li—H} = 1,60\text{Å}$.

1770. Степень ионности ρ связи в двухатомной молекуле АВ оценивается как отношение экспериментально определяемого момента $\mu_{\text{экспер}}$ к теоретическому моменту $\mu_{\text{теор}}$, который рассчитывают в

предположении, что связь имеет ионный характер: $\rho = \frac{\mu_{\text{экспер}}}{\mu_{\text{теор}}} \cdot 100\%$.

Используя приведенные данные, вычислите степени ионности связей в молекулах HF, HCl, HBr и HI.

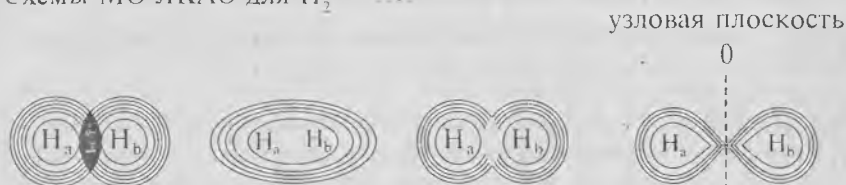
Молекула	HF	HCl	HBr	HI
Длина связи l, Å	0,92	1,27	1,41	1,60
Экспериментальный дипольный момент, $\mu_{\text{экспер}}$, D	1,82	1,07	0,79	0,38

МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛИЙ

При выполнении заданий этого раздела используйте данные таблицы 13 (см. Приложение).

1771. На рисунке представлены схемы образования молекулярных орбиталей для молекулы H_2 .

Схемы МО ЛКАО для H_2

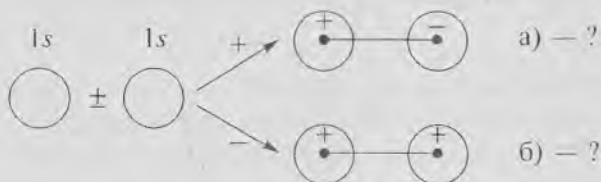


а) $(1s)_1 + (1s)_2 =$?

б) $(1s)_1 - (1s)_2 =$?

Расставьте знаки на атомных и молекулярных орбиталях и укажите тип каждой молекулярной орбитали.

1772. На рисунке представлены схемы образования молекулярных орбиталей для гомонуклеарных молекул A_2 .



Укажите тип (связывающая, разрыхляющая, σ -, π -МО) каждой молекулярной орбитали.

1773. Изобразите молекулярные орбитали: σ , σ^* , π , π^* . Укажите для них узловые плоскости.

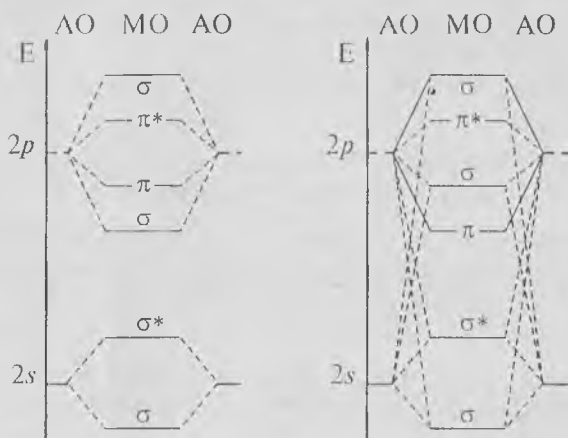
1774. Объясните, почему одинаковы энергии π_x - и π_y -молекулярных орбиталей. Чему равна кратность вырождения π -уровня?

1775. Приведите примеры: а) положительного; б) отрицательного; в) нулевого перекрывания атомных орбиталей.

1776. Постройте энергетические диаграммы МО для следующих молекул и молекулярных ионов: H_2^+ , H_2 , He_2 , H_2^+ , Li_2 и Be_2 . Вычислите для них порядки связи и предскажите их устойчивость.

1777. На рисунке представлены энергетические диаграммы молекулярных орбиталей гомонуклеарной двухатомной молекулы A_2 с учетом s - p -взаимодействия и без учета s - p -взаимодействия.

Энергетические диаграммы МО ЛКАО



а) без s - p -взаимодействия; б) с s - p -взаимодействием.

Постройте энергетические диаграммы молекулярных орбиталей и заполните их электронами для молекул B_2 , C_2 , N_2 , N_2^+ , O_2^+ , O_2 , F_2 , Ne_2 .

1778. Объясните, почему при переходе от N_2 к N_2^+ энергия связи уменьшается, а при переходе от O_2 к O_2^+ — увеличивается.

1779. Вычислите порядки связей и расположите в порядке возрастания энергии: а) O_2^+ , O_2 , O_2^- ; б) NO^+ , NO и NO^- .

1780. Постройте энергетические диаграммы молекулярных орбиталей для CO , N_2 , NO^+ , VO^- . Объясните, почему эти молекулы и ионы имеют близкие значения энергий связи.

РАДИКАЛЫ

1781. Какие частицы называют радикалами? Какие из приведенных формул соответствуют молекулам, а какие — радикалам: CH_3 , NH_3 , CN , PCl_3 , Al_2Cl_6 , C_2H_3 , C_2H_5 , $\text{OH}^\cdot$?

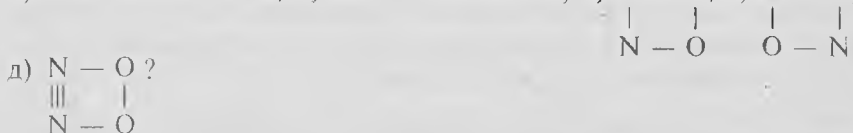
1782. Наличие у молекул одного или нескольких неспаренных электронов обуславливает их парамагнитные свойства. Однако не все парамагнитные молекулы можно описать с помощью электронно-точечных структур Льюиса. Так, молекула O_2 парамагнитна. Предложите электронно-точечную формулу молекулы O_2 , которая бы описывала парамагнитные свойства кислорода.

1783. Постройте энергетическую диаграмму молекулярных орбиталей для молекулы O_2 и объясните, почему кислород проявляет парамагнитные свойства.

1784. Постройте энергетические диаграммы молекулярных орбиталей пероксид-иона O_2^{2-} и супероксид-иона O_2^- . Какой из них парамагнитен?

1785. Постройте энергетическую диаграмму молекулярных орбиталей для молекулы NO и объясните, почему молекула NO имеет тенденцию к димеризации.

1786. Оксид азота NO способен образовывать неустойчивый димер $(\text{NO})_2$. Какая из возможных структур димера наиболее вероятна: а) $\text{O} = \text{N} - \text{N} = \text{O}$; б) $\text{O} = \text{N} \equiv \text{N} = \text{O}$; в) $\text{N} - \text{O}$; г) $\text{N} - \text{O}$;

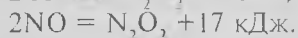


1787. Постройте энергетические диаграммы для частиц NF , NF^+ , NF^- . Какая из них обладает парамагнитными свойствами?

1788. Хлор образует оксиды Cl_2O , ClO_2 , ClO_3 . Изобразите их структурные формулы и укажите гибридизацию центрального атома. Какие из оксидов способны димеризоваться?

1789. Какие из семи возможных оксидов хлора: Cl_2O , ClO , Cl_2O_3 , ClO_2 , Cl_2O_5 , ClO_3 , Cl_2O_7 — существуют как индивидуальные вещества, а какие — как короткоживущие свободные радикалы? Известен оксид хлора Cl_2O_6 . Каково его строение в кристаллическом состоянии?

1790. Объясните, почему тепловые эффекты реакций димеризации молекул CN и NO существенно различаются:



СВОЙСТВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1791. Какие из следующих утверждений имеют смысл:

- а) атом кислорода;
- б) атом сахара;
- в) молекула азота;
- г) молекула воздуха;
- д) химический элемент бром;
- е) химический элемент калий-40?

1792. В начале XVIII столетия Гулливер посетил Великую академию наук в Лагадо и наблюдал, как ученые получают селитру из воздуха.

- 1) Какие вещества называют селитрами? Приведите примеры.
- 2) Какую из селитр можно получить из воздуха?
- 3) Какие операции осуществляли ученые при получении селитры? Напишите уравнения и укажите условия проведения реакций.
- 4) Какие свойства селитры позволили лагалийцам использовать ее в сельском хозяйстве, медицине и для увеселения населения?

1793. 1) Выпишите отдельно названия смесей и чистых веществ: воздух, морская вода, поваренная соль, минеральная вода, питьевая сода, дым, сахарный сироп, столовый уксус, бензин. 2) Укажите, какие смеси являются однородными (гомогенными), а какие — неоднородными (гетерогенными).

1794. В каких предложениях речь идет о химическом элементе, а в каких — о простом веществе?

- 1) натрий входит в состав глауберовой соли;
- 2) натрий растворяется в ртути, образуя амальгаму;
- 3) кислород необходим для дыхания;
- 4) кислород встречается в природе в виде нескольких изотопов;
- 5) кальций необходим для роста костей;
- 6) бром ядовит;
- 7) капуста содержит около 0,8 % серы.

1795. Соль X состоит из водорода, азота и кислорода, массовая доля азота составляет 44%, а кислорода — 50%. Определите формулу соли. Какие вещества образуются при ее нагревании?

1796. При растворении аммиака в воде раствор приобретает щелочную реакцию:

- 1) Объясните, какие процессы происходят при растворении аммиака.
- 2) Объясните, почему в водном растворе фосфина среда нейтральная.
- 3) Сравните пространственное строение молекул аммиака и фосфина и укажите причину отличия.

1797. Назовите вещества зашифрованные буквами. Учтите, что схема превращений описывает реальные процессы, происходящие при умеренных условиях (атмосферное давление, температура не более 1000 °С).

1. $A(\text{газ}) + B(\text{газ}) \rightarrow C(\text{жидк}) + D(\text{тврд})$.
2. $A(\text{газ}) + B(\text{газ}) \rightarrow C(\text{газ}) + E(\text{газ})$.
3. $B(\text{газ}) + D(\text{тврд}) \rightarrow E(\text{газ})$.
4. $A(\text{газ}) + E(\text{газ}) = C(\text{жидк}) + D(\text{тврд})$.
5. $B(\text{газ}) + F(\text{газ}) = C(\text{газ})$.
6. $D(\text{газ}) + F(\text{газ}) = A(\text{газ})$.
7. $B(\text{газ}) + E(\text{газ}) = G(\text{газ})$.
8. $C(\text{жидк}) + G(\text{жидк}) = H(\text{жидк})$.
9. $A(\text{газ}) + H(\text{жидк}) = C(\text{жидк}) + D(\text{тврд}) + E(\text{газ})$.

1798. В романе Ж. Верна «Таинственный остров» колонисты получали серную кислоту из сульфида железа. «В минерале к руде примешивалась порода, состоящая из углерода, кремнезема и алюминия... Колонисты разложили дрова, поверх навалили глыбы колчедана. Когда зажгли дрова, огонь сообщился породе, горючей благодаря содержащемуся в ней углероду. Оставалось ждать 10—12 дней, чтобы дать сернистому железу превратиться в железный купорос, а алюминию — в сернокислый алюминий... При прокаливании железного купороса в закрытых сосудах образуются окись железа и пары серной кислоты, которые после охлаждения конденсируются в жидкую серную кислоту».

- 1) Какие неточности допустил Ж. Верн? Какие реакции и в каких условиях на самом деле необходимо осуществить при получении серной кислоты из сульфида железа?
- 2) Как в наше время получают в промышленности серную кислоту, какое сырье для этого используется? Напишите необходимые уравнения реакций.

1799. Смесь оксида алюминия с углем нагрели в стеклянной трубке при 500 °С. Единственный твердый при н.у. продукт реакции

выделили и внесли в воду. Произошло резкое разогревание раствора, среда стала сильноокислой, наблюдалось помутнение раствора.

- 1) Какая реакция происходила в трубке?
- 2) Как объяснить явления, наблюдавшиеся при внесении продукта в воду? Напишите уравнения реакций.
- 3) Какие изменения можно заметить, если: а) полученный мутный раствор охладить; добавлять к охлажденному раствору по каплям растворы б) серной кислоты; в) аммиака; г) карбоната натрия; д) гидроксида натрия? Ответ подтвердите уравнениями реакций в ионном виде.

1800. Станислав Лем сообщил, что в одном из путешествий космопроходец Ийон Тихий попал на планету Огненную, где реки, моря и океаны заполнены жидким аммиаком, а суша образована нитратом натрия NaNO_3 . На Огненной аммиак выполняет ту же функцию, что и вода на Земле. Подобно воде, аммиак в небольшой степени автоионизирован: $2\text{NH}_3 = \text{NH}_4^+ + \text{NH}_2^-$. На консервной фабрике Тихого удивили такие факты: 1. Банки для консервирования огурцов моют разбавленным раствором амида натрия (NaNH_2) в жидком аммиаке. 2. Маринад для консервации готовят, добавляя к аммиаку хлорид натрия и немного хлорида аммония. 3. Лаборант, который не смог правильно определить содержание NaCl в маринаде, был отправлен под душ из жидкой воды.

- 1) К каким классам соединений на Огненной относятся NaNH_2 , NaCl , NH_4Cl ? Приведите уравнения реакций, характеризующих свойства этих соединений в жидком аммиаке и свойства самого жидкого аммиака.
- 2) С помощью каких из упомянутых реактивов определяют кислотность почв на Огненной?
- 3) Почему после мытья банки споласкивают жидким аммиаком?
- 4) Какова судьба лаборанта?
- 5) Какой способ, исходя из условий задачи, вы можете предложить для определения содержания хлорида натрия в маринаде?

СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1801. Ниже в произвольном порядке приведены константы диссоциации (K_a) в воде таких веществ: фенола, этанола, хлоруксусной кислоты, бензойной кислоты, угольной кислоты:

$1,8 \cdot 10^{-18}$; $4,9 \cdot 10^{-7}$; $1,3 \cdot 10^{-10}$; $1,41 \cdot 10^{-3}$; $6,30 \cdot 10^{-5}$.

Какое значение K_a соответствует каждому из этих соединений?

1802. Существует только три действительно эффективных способа неограниченно долго сохранять человеческое тело: замораживание, введение в кровеносные сосуды бактерицидной и антисептической жидкости и полное высушивание тела с последующим сохранением его в сухом состоянии. Именно последний способ и применяли древние египтяне, у которых высушивание было основным процессом подготовки тела к бальзамированию. Однако конкретные способы высушивания тел египтянами долгие столетия считались утраченными. Лишь в XX веке А. Лукас выяснил условия, позволявшие древним египтянам обезвоживать тело, и сумел их воспроизвести экспериментально. Вот краткое изложение одного из опытов Лукаса.

На дно глиняного сосуда насыпали толстый слой «соды» (смеси карбоната натрия, поваренной соли (массовая доля в смеси 30 %) и сульфата натрия (10 %)), положили в сосуд ошипанного и выпотрошенного голубя и засыпали его содой. Через 40 дней сосуд открыли и обнаружили, что голубь потвердел, стал сухим и сильно уменьшился в размерах. Сода в голубе не обнаружили, водная вытяжка из мумии голубя дала легкую кислую реакцию. Лукас не обнаружил никаких изменений в мумии на протяжении десятилетий (Lukas A. *Ancient Egyptian Materials and Industries*, London, 1948).

1) Как в физической химии называется процесс, являющийся причиной обезвоживания тела? В чем его сущность? (Обратите внимание на «усыхание» голубя и отсутствие даже следов соды в его теле).

2) В лабораторных условиях этот процесс впервые наблюдал французский ботаник аббат Нолле (1748), проводивший опыты с водными растворами сахарозы и чистой водой. Предложите простейшую схему прибора, позволяющего количественно изучать упомянутый процесс.

3) Как вы считаете, более или менее эффективным будет мумифицирование, если вместо соды использовать поваренную соль?

4) Как Вы думаете, почему водная вытяжка из мумии голубя (как и из человеческих мумий) дает кислую реакцию?



1803. Важное в народнохозяйственном отношении жидкое органическое соединение А впервые получили, перегоняя смолу рас-

тения *Storax*. 1 моль А легко реагирует с 1 моль азотной кислоты, образуя продукт В, который можно синтезировать также и при взаимодействии бензальдегида с нитрометаном.

- 1) Определите структуры веществ А и В.
- 2) Как сейчас в промышленности получают А и где используют?
- 3) Какие продукты образуются, если: а) облучить вещество А светом; б) провести реакцию 1 моль А с 1 моль хлора; в) провести реакцию 1 моль В с 1 моль азотной кислоты? Охарактеризуйте механизмы происходящих реакций.

1804. При взаимодействии монохлорида йода с фенолом в нитробензоле последовательно образуются три органические продукта.

- 1) Напишите схему превращений. Назовите вещества.
- 2) Почему на первой стадии образуется практически один изомер моногалогенпроизводного?
- 3) Рассмотрите механизм происходящих процессов. Как изменится химизм процессов, если заменить нитробензол на четыреххлористый углерод и проводить реакцию при облучении?

1805. Для лечения в домашних условиях часто используют жидкость для полоскания, которую готовят следующим образом: небольшое количество питьевой соды заливают горячей водой и прибавляют несколько капель спиртового раствора йода.

- 1) Опишите внешние признаки протекающих реакций, запишите уравнения реакций.
- 2) Предложите механизм реакций.

1806. Изобразите формулы Фишера *R*- и *S*-изомеров молочной кислоты.

1807. Какой вид имеют спектры ПМР а) метилхлорметилового эфира? б) 1,1 -дихлорэтана (с учетом расщепления)?

1808. Установите строение приведенных ниже соединений на основании их молекулярных формул и спектров ПМР: а) C_8H_{10} , $\delta = 1,2$ м.д. (триплет, 3 Н), $\delta = 2,6$ м.д. (квартет, 2 Н), $\delta = 7,1$ м.д. (синглет, 5 Н); б) $C_{10}H_{14}$, $\delta = 1,3$ м.д. (синглет, 9 Н), δ от 7,0 до 7,5 м.д. (мультиплет, 5 Н); в) $C_4H_6Cl_2$, $\delta = 2,2$ м.д. (синглет, 3 Н), $\delta = 4,1$ м.д. (дублет, 2 Н), $\delta = 5,7$ м.д. (триплет, 1 Н).

1809. Назовите по правилам *Z,E*-номенклатуры и запишите структурные формулы следующих веществ: а) *транс*-бутен-2; б) *транс*-2-хлор-бутен-2; в) *транс*-кроотоновая кислота; г) *транс*-3-бромкроотоновая кислота

1810. Установите строение вещества $C_5H_{10}O$, в ИК-спектре которого есть интенсивная полоса поглощения при 1720 см^{-1} , а в ПМР-спектре есть 2 сигнала: при $\delta = 0,9$ м.д (триплет) и $\delta = 2,4$ м.д. (квартет).

СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

При решении задач этого раздела используйте справочные данные (см. Приложение).

1811. Для реакции $2C_4H_6 + 11O_2 = 8CO_2 + 3H_2O$ заполните пропуски в соотношениях:

- а) количества вещества: $4\text{ моль} + \dots = \dots + \dots$;
- б) массы: $\dots + \dots = \dots + 54\text{ г}$;
- в) объёмы: $\dots + 33\text{ л} = \dots + \dots$;
- г) количества молекул: $\dots + \dots = 4 \cdot 10^{20}\text{ молекул} + \dots$

1812. Эквимольную смесь бромида и йодида калия нагрели с диоксидом марганца и серной кислотой. Смесь образовавшихся газообразных продуктов осушили и измерили ее давление при 200°C . Как изменится давление, если смесь охладить до 100°C ?

1813. «Новый русский» Федя занялся новым бизнесом — получением чистящего и отбеливающего порошка путем обработки кристаллической соды хлорной водой, но находил время и для занятий на химическом факультете университета. Однажды инспектор по защите прав потребителей решил проверить качество порошка (согласно Техническим условиям, массовая доля $NaClO$, $\omega(NaClO)$, в порошке должна быть не ниже 1%). Он растворил $15,00\text{ г}$ порошка в воде и добавил избыток раствора KI . На титрование выделившегося йода Федя затратил $36,3\text{ мл}$ раствора $Na_2S_2O_3$ с концентрацией $0,100\text{ моль/л}$. Инспектор запретил реализацию порошка и наложил на Федю штраф. Выполнив анализ по похожей методике (но растворив навеску порошка в избытке соляной кислоты), Федя определил объем раствора $Na_2S_2O_3$, пошедшего на титрование, $44,3\text{ мл}$ и обратился в арбитраж, протестуя против решения инспектора.

- 1) Запишите уравнения реакций, используемых в анализе.
- 2). Рассчитайте $\omega(NaClO)$ по данным двух определений.
- 3) Кто прав — инспектор или Федя? Ответ обоснуйте.

1814. При исследовании некоторого металла и его оксида получены такие данные:

- а) при взаимодействии 0,5630 г металла с водой выделяется 340,9 мл H_2 (температура 297,15 К; давление $9,943 \cdot 10^4$ Па);
- б) выдерживание 0,5160 г оксида металла в атмосфере сухого диоксида углерода приводит к увеличению массы твердого вещества на 0,4008 г;
- в) выдерживание 0,2305 г металла в атмосфере влажного диоксида углерода приводит к увеличению массы твердого вещества до 0,7709 г.

1) Назовите металл.

2) Считая молярную массу атомов металла неизвестной, по данным каждого опыта рассчитайте ее.

3) Сравните найденные значения с приведенными в Периодической таблице и определите относительные ошибки определения в каждом из описанных способов.

4) Составьте уравнения описанных в тексте реакций.

При расчетах используйте точные значения атомных масс.

Универсальная газовая постоянная $R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

1815. Вещества А и Б имеют одинаковый качественный состав, молярная масса А превышает молярную массу Б в 1,323 раза. При умеренном нагревании или действии органических растворителей вещество А разлагается с образованием эквимольных количеств бинарного соединения В и простого вещества Г. При электролизе 2,42 г расплава В на аноде выделяется 0,01 моль окрашенного простого газообразного при н.у. вещества Д (выход по току 100 %). В присутствии катализатора при комнатной температуре 10 г вещества Г энергично реагируют с 0,709 г алюминия.

1) Определите вещества, обозначенные буквами.

2) Какие продукты образуются при нагревании вещества Б или при действии на него органических растворителей?

3) Какие продукты образуются при электролизе раствора, полученного при действии нитробензола на вещество Б (раствор Р)?

4) Какой катализатор инициирует взаимодействие вещества Г с алюминием?

5) Как фенол будет взаимодействовать с раствором Р?

1816. Голубые кристаллы вещества А представляют собой кристаллогидрат сульфата металла Ме. Навеску А массой 10,14 г растворили в воде. Полученный раствор подвергли электролизу малым током, в результате чего на аноде выделилось 0,670 л (н.у.) газа, а масса катода увеличилась на 1,924 г. Если к исходному раствору

добавить избыток раствора щелочи, выпадает окрашенный осадок В, который после высушивания и прокаливания на воздухе дает 2,812 г оксида С.

- 1) Определите формулы всех веществ. Запишите уравнения реакций.
- 2) Как называют соли, имеющие общую с соединением А формулу? Приведите примеры таких солей.
- 3) Почему металл Ме можно выделить из водного раствора его соли электролизом? Какую среду должен иметь этот раствор для полного выделения Ме?

1817. При полном разложении без катализатора 98,00 г бертолетовой соли (KClO_3) выделилось 25,00 г кислорода. Анализом установлено, что твердый остаток представляет собой смесь двух веществ.

- 1) Напишите уравнения реакций, происходящих при прокаливании KClO_3 .
- 2) Рассчитайте массовые и молярные доли компонентов твердого остатка.
- 3) Рассчитайте массовую и молярную долю элемента калия в твердом остатке.
- 4) Определите, какую максимальную массу кислорода можно получить при прокаливании KClO_3 и укажите необходимые для этого условия.

1818. Фиолетовую аллотропную модификацию простого вещества Х впервые выделили перекристаллизацией из раствора в простом веществе Y. При нагревании А сублимируется, а охлаждение пара приводит к образованию вещества А. При действии на А избытка теплой щелочи выделяется газ В. Сгорая, газ В образует кислоту С, неограниченно смешивающуюся с водой, а образованные растворы имеют кислую реакцию. На титрование раствора, содержащего 100 мг С, с индикатором фенолфталеином расходуется 20,48 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,100 моль/л, а при добавлении к оттитрованному раствору нитрата серебра выпадает желтый кристаллический осадок D. Внесенное в атмосферу хлора, вещество А энергично сгорает, образуя вещество Е. При обработке 500 мг вещества Y избытком теплого раствора щелочи выделяется 59,00 мл водорода (25 °С, 1 атм), а прибавление к полученному раствору йодида калия вызывает образование желтого осадка F.

- 1) Расшифруйте вещества, обозначенные буквами.
- 2) Напишите уравнения реакций, о которых говорится в задаче.

3) Охарактеризуйте действие на В растворов серной кислоты (разбавленных и концентрированных), азотной кислоты (разбавленных и концентрированных), хлороводородной кислоты.

4) Укажите пространственное строение молекул веществ А, В, Е.

1819. Не обладающий оптической активностью алифатический алкалоид X, который можно в одну стадию синтезировать из триметиламина, впервые был выделен из желчи. В водных растворах X является сильным электролитом. При растворении 1,21 г вещества X в соответствующем количестве воды образуется 1 л раствора А, рН которого равняется 12,0; плотность 1,00 г/см³, а температура замерзания на 0,0372 К ниже температуры замерзания воды (криоскопическая константа воды 1,86). В результате прокаливании 1,21 г X с избытком оксида меди (II) образовалась газовая смесь (при 150 °С и давлении 1 атм ее объем равнялся V_0), которую последовательно пропустили через концентрированную серную кислоту (объем при 110 °С и давлении 1 атм составил после этого V_1) и через раствор гидроксида калия (объем при 80 °С и таком же давлении стал V_2), причем $V_0 : V_1 : V_2 = 31,156 : 11,933 : 1,000$.

1) Какие вещества относят к алкалоидам?

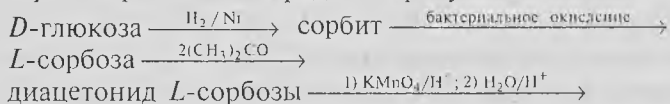
2) Приведите структурную формулу алкалоида X. Как он называется?

3) Рассчитайте рН раствора, полученного при смешивании 50 мл раствора А с 60 мл раствора уксусной кислоты с концентрацией 0,015 моль/л (pK_a уксусной кислоты 4,76).

4) Какие реагенты необходимы для синтеза X из триметиламина в одну стадию?

При расчетах пользуйтесь значениями атомных масс, округленными до целых чисел.

1820. «Неопознанный любимый объект». Альберт Сент-Дьерди, лауреат Нобелевской премии 1937 г., выделил это чрезвычайно важное в биологическом отношении вещество в 1928 г. из коры надпочечных желез и из апельсинов и назвал гексурановой кислотой. В молярном соотношении 1:1 она взаимодействует с йодом, обесцвечивая его раствор. На титрование 0,531 г этого вещества в присутствии избытка йодида калия затрачивается 20,1 см³ раствора с молярной концентрацией йодата калия 0,0500 моль/л. Современный процесс технического синтеза этой кислоты служит примером перехода от D-ряда к L-ряду и включает такие стадии:



[2-кето-*L*-гулоновая кислота] $\xrightarrow{-H_2O}$

γ -лактон $\xrightarrow{\text{таутомеризация}}$ гексуоновая кислота.

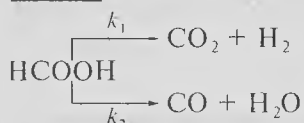
L-сорбоза — σ -диастереомер *D*-фруктозы, отличающийся от последней конфигурацией атома C-5.

- 1) Определите эмпирическую формулу гексуоновой кислоты.
- 2) Приведите формулу Фишера линейной формы *L*-сорбозы.
- 3) Приведите структурную формулу гексуоновой кислоты. Какое название этого вещества более известно?

КИНЕТИКА РЕАКЦИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

1821. Гидролиз инсектицида в воде при 12°C является реакцией первого порядка с константой скорости 1,45 год⁻¹. В результате летних дождей определенное количество этого инсектицида было смыто с полей и попало в водохранилище, в котором установилась средняя его концентрация 5,0 · 10⁻⁷ г/мл. Полагая, что эффективная температура водохранилища 12°C, вычислите концентрацию инсектицида в водохранилище через 1 год. Через какое время концентрация инсектицида в водохранилище уменьшится до 3,0 · 10⁻⁷ г/мл?

1822. Муравьиная кислота разлагается следующим образом:



Через 6,93 мин. после начала процесса разложения половина муравьиной кислоты разложилась, и реакционную смесь пропустили через избыток раствора гидроксида бария. При этом получили карбонат бария массой 19,7 г и формиат бария массой 34,05 г. Вычислите значения констант k_1 и k_2 .

1823. Покажите, что выражение для константы скорости реакции

первого порядка $A \rightarrow B$ имеет вид: $k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{1}{1 - x_t}$,

где x_t — степень превращения исходного вещества *A* к моменту времени *t*.

1824. Превращение перекиси бензоила в эфир при температуре 60°C произошло за 10 мин. на 75,2 %. Вычислите константу скорости, если известно, что данное превращение относится к реакциям первого порядка.

1825. Зависимость константы скорости k от температуры T описы-

вается уравнением Аррениуса $k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$,

где k_0 — предэкспоненциальный множитель, E_a — энергия активации. Вычислите константу скорости реакции при 300 К с предэкспоненциальным множителем 10^{13} с^{-1} и энергией активации: а) 75000 Дж/моль; б) 110000 Дж/моль.

1826. Мономолекулярные реакции при комнатной температуре (300К) протекают с умеренной скоростью при энергиях активации 75—110 кДж/моль. Используя данные задачи 1825, вычислите время, в течение которого мономолекулярная реакция проходит наполовину для энергии активации: а) 75 кДж/моль; б) 110 кДж/моль. Сравните полученные результаты.

1827. Покажите, что выражение для константы скорости газофаз-

ной реакции первого порядка $A \rightarrow 2B$ имеет вид $k = \frac{1}{t} \ln \frac{P_0}{2P_0 - P_t}$,

где P_0 — давление в реакционной системе в начальный момент времени, P_t — общее давление в системе в момент времени t .

1828. Покажите, что выражение для константы скорости газофазной реакции первого порядка $A \rightarrow B + C + D$ имеет вид

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{2P_0}{3P_0 - P_t},$$

где P_0 — давление в реакционной системе в начальный момент времени, P_t — общее давление в системе в момент времени t .

1829. Константа скорости для газофазной реакции первого порядка $2A \rightarrow 2B + 3C$ равна $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Начальное давление в системе 500 мм рт. ст. Вычислите давление в системе через а) 10 с и б) 10 мин после начала реакции.

1830. В реакционной системе $\text{CH}_3\text{NH}_2 \rightarrow \text{HCN} + 2\text{H}_2$ измерено общее давление через каждые 5 мин после начала реакции:

t , мин	0	5	10	15
P_t , мм рт. ст.	56	116	114	157

Вычислите среднее значение константы скорости k . Если давление в начальный момент времени увеличить в 2 раза, какое давление установится в системе при условии полного разложения метиламина?

**ПОРЯДОК РЕАКЦИИ,
ГЛУБИНА РЕАКЦИИ,
СТЕПЕНЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ,
СТЕПЕНЬ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДИССОЦИИИ**

1831. Вычислите константу скорости реакции первого порядка, если известно, что за 1 час концентрация исходного вещества А уменьшается на 20 %.

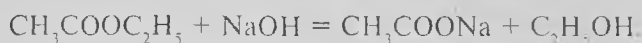
1832. Определите, на какую глубину пройдет реакция первого порядка, константа скорости которой $6,2 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, за 4 часа.

1833. Для того, чтобы установить порядок реакции, можно подставить экспериментальные данные по зависимости концентрации от времени в уравнении скорости реакции первого, второго и т.д. порядков. Если использование одного из этих уравнений дает постоянную величину константы скорости, реакция имеет соответствующий порядок.

Используя приведенные данные, покажите, что реакция инверсии сахарозы в присутствии соляной кислоты имеет первый порядок. Вычислите константу скорости реакции.

Время t , с	Наблюдаемый угол вращения α , град
0	11,20
1035	10,35
3113	8,87
4857	7,64
9231	5,19
12834	3,61
18520	1,60
26320	-0,16
32640	-1,10
76969	-3,26
∞	-3,37

1834. Используя приведенные данные, установите порядок реакции омыления эфира:



t, с	$c_{\text{эф}} = c_{\text{исх}}$	Для реакций первого порядка $k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{c_0}{c}, \text{с}^{-1}$	Для реакций второго порядка $k_2 = \frac{1}{t} \frac{c_0 - c}{c_0 \cdot c}, \text{с}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{л}$
0	0,0200 = c_0		
300	0,0128		
900	0,00776		
1380	0,00540		
2100	0,00426		
3300	0,00289		
7200	0,00138		

1835. Порядок реакции можно определить по зависимости периода полупревращения $t_{1/2}$ от концентрации c_0 . Для реакции первого порядка это время не зависит от начальной концентрации, для реакций второго порядка $t_{1/2}$ обратно пропорционально концентрации, а для третьего порядка — обратно пропорционально квадрату концентрации.

Используя приведенные данные, определите порядок реакции $\text{NH}_4\text{CNO} \rightarrow (\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

Начальная концентрация c_0 моль/л	Время полупревращения $t_{1/2}, \text{ч}$	Константа скорости $k = \frac{1}{c_0 t_{1/2}}, \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$
0,05	37,03	$1,50 \cdot 10^{-4}$
0,10	19,15	$1,45 \cdot 10^{-4}$
0,20	9,45	$1,47 \cdot 10^{-4}$

1836. В 1910 г. Боденштейн и Штарк установили, что при 842 °С и 101,3 кПа плотность йода в газоразрядном состоянии относительно воздуха равна 7,96, а при 1027 °С и таком же давлении — 7,31. Определите степень термической диссоциации йода и состав равновесной смеси (в массовых долях) при каждой температуре.

1837. Вычислите константы равновесия K_p и K_x для термической диссоциации водорода, используя следующие результаты

Давление, Па	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
Степень диссоциации, α	$7,83 \cdot 10^{-2}$	$2,46 \cdot 10^{-2}$	$7,86 \cdot 10^{-3}$

Зависят ли константы равновесия от давления? Почему с ростом давления степень диссоциации уменьшается?

1838. Реакция $2\text{H}_2\text{O}, \text{газ} \rightleftharpoons 2\text{H}_2, \text{газ} + \text{O}_2, \text{газ}$ протекает при постоянном давлении P . Выведите соотношение между константой диссоциации K_p и степенью диссоциации водяного пара α .

1839. Резервуар вместимостью 5 л наполнили при 300 К этаном под нормальным давлением и плотно закрыли. Резервуар с газом нагрели и измерили давление при разных температурах. Получили следующие результаты:

T, K	Измеренное давление P , атм	Расчетное давление P_0 , атм
300	1,000	
500	1,666	
800	2,725	
1000	4,912	

1) Вычислите P_0 по уравнению состояния идеальных газов и результаты внесите в таблицу. Объясните полученные результаты.

2) Рассчитайте степень превращения α и константу K_p реакции, протекающей при температурах 800 и 1000 К.

1840. При конверсии метана диоксидом углерода образуется синтез-газ, широко используемый в технологических процессах. При давлении 1 атм. и температуре 600 °С степень конверсии (превращения в водород и монооксид углерода) эквимолекулярной исходной смеси равна 50%. Вычислите константу равновесия K_p . Вычислите давление, при котором степень конверсии будет меньше 1 %.

РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД ЯДЕР

1841. Покажите, что период полураспада $t_{1/2}$ связан с константой скорости распада k соотношением $t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$.

1842. Время, за которое начальная удельная радиоактивность образца d_0 уменьшается до значения d , называют «возрастом» об-

разца. Покажите, что «возраст» образца, содержащего радионуклид, связан с периодом его полураспада соотношением

$$t = t_{1/2} \cdot 3,32 \lg \frac{d_0}{d}$$

1843. Радиоактивный тритий образуется в воде под действием космического излучения, период полураспада трития 12,3 лет. По содержанию трития в воде можно определить ее «возраст». Определите «возраст» коньяка, имеющего в 5 раз меньшую радиоактивность по тритию, чем свежеприготовленный.

1844. Покажите, что «возраст» образца, содержащего углерод-14, период полураспада которого 5730 лет, а начальная скорость распада $15,3 \text{ мин}^{-1} \text{ г}^{-1}$, можно определить по формуле

$$t = 19000 \lg \frac{15,3}{d} \text{ (лет)}.$$

1845. Образец дерева из саркофага египетской мумии имеет удельную активность по углероду-14 равную $9,4 \text{ мин}^{-1} \text{ г}^{-1}$. Определите «возраст» этого саркофага?

1846. Археологи обнаружили древесину, содержащую 75% углерода-14 по отношению к деревям, растущим на Земле в настоящее время. Рассчитайте «возраст» найденной древесины.

1847. Одним из опасных последствий аварии на Чернобыльской АЭС является образование радионуклида стронция-90, обладающего способностью замещать кальций в костях живых организмов. Период его полураспада 27,7 лет. Предположим, что стронций-90 массой 1,0 г был поглощен новорожденным. Рассчитайте, какая масса стронция останется в организме к а) 18 годам; б) 70 годам.

1848. Период полураспада радионуклида калия-42 равен 12,5 час. Калий-42 подвергается β -распаду, образуя стабильный нуклид кальция-42. Количество вещества калия-42 в начальный момент времени равно n_0 . Какая часть его распадается за 12,5 час; 25 час; 37,5 час; 50 час? Какое количество вещества кальция-42 образуется за это же время? Какая масса кальция-42 образуется за 50 часов или при β -распаде калия-42 массой 0,01 г?

1849. Изменение радиоактивности со временем описывает функ-

$$\text{ция } \alpha = \frac{n}{n_0} = e^{-kt}.$$

где n — число ядер радионуклида в момент времени t , а n_0 — число ядер в начальный момент времени.

Постройте график, который показывает изменение радиоактивности со временем образца, содержащего: а) нуклид йода-125 (период полураспада 60 сут); б) нуклид цезия-137 (период полураспада 30,0 лет).

1850. Оцените возраст Вселенной, предполагая, что количество вещества нуклидов урана-235 и урана-238 во время ее возникновения было одинаковым. При расчете используйте следующие данные:

Нуклид	Период полураспада, млн лет	Относительное содержание в земной коре, %
Уран-235	700	0,7
Уран-238	4500	99,3

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

1851. В сосуде при комнатной температуре находятся реагирующие друг с другом газы А и В:



Скорость реакции имеет первый порядок по веществу А и порядок $1/2$ — по веществу В. Заполните пропуски в тексте:

- а) При повышении давления в реакционной смеси вдвое, скорость реакции ...
- б) При увеличении концентрации газа А вдвое, скорость реакции ...
- в) При увеличении объема сосуда вдвое, скорость реакции ...

1852. Экспериментально определили, что скорость реакции между газами А и В увеличивается с ростом температуры реакционной смеси. Выберите правильное объяснение этого факта.

- а) Увеличивается концентрация молекул;
- б) увеличивается давление в реакционной смеси;
- в) уменьшается энергия активации;
- г) увеличивается доля активных молекул, обладающих избыточной энергией.

1853. Реакция $2NO + O_2 = 2NO_2$ имеет третий порядок. Выведите кинетическое уравнение, считая, что малые количества NO_3 находятся в мгновенном равновесии с NO и O_2 , а стадией, определяющей скорость всей реакции, является реакция $NO_3 + NO \rightarrow NO_2$.

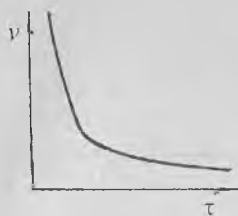
2) Получите выражение для датировки событий при помощи радиоактивного углерода (τ углерода-14 равен 5570 лет, а начальная скорость распада — $15,3 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$).

3) Образец дерева из саркофага египетской мумии имеет удельную активность по углероду-14, равную $9,4 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$. Каков возраст этого саркофага?

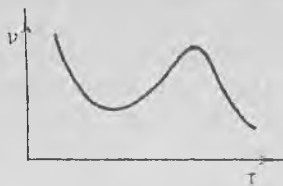
1854. Ю.Я. Фиалков в книге «Свет невидимого» вспоминает о напугавшей в свое время детективной истории. В Исландии, в местечке Акранес неподалеку от Рейкьявика, много десятилетий жила чета Ионсонов. А в 1957 году старики продали дом с прилегающим к нему наделом местному пастору и переехали в столицу, к сыну и внукам. Пастор решил перестроить дом. Рабочие начали копать яму для фундамента и — о ужас — почти сразу наткнулись на мертвое тело, закопанное в нескольких метрах от старого дома. У неизвестного было перерезано горло. Судебная экспертиза установила, что убийство совершено недавно, незадолго до отъезда четы Ионсонов. Полицией не оставалось ничего иного, как предъявить Ионсонам обвинение в убийстве и арестовать их. В деле, однако, было много неясного: как старики смогли справиться с молодым и крепким человеком? Кем был этот неизвестный, если он так и остался неопознанным? И почему на теле была древняя одежда, чуть ли не XIV века, украденная, похоже, из исторического музея? Каковы мотивы убийства?

Сидеть бы и сидеть Ионсонам в тюрьме, если бы о сенсации не написали европейские газеты. Известный датский биолог Тольдсон направил в Исландию письмо, в котором утверждал, что убийство произошло несколько столетий назад, а тело могло мумифицироваться гумусовыми кислотами болотисто-торфяных почв. Тольдсон посоветовал выполнить радиоуглеродную датировку тела. Необходимые измерения были проведены, и выяснилось, что содержание радиоактивного нуклида ^{14}C , приходящееся на единицу массы найденного тела, составляет 93 % от содержания ^{14}C в тканях живых организмов. Так сколько времени пролежало тело и были ли сняты с Ионсонов обвинения? Период полураспада нуклида ^{14}C ($\tau_{1/2}$) составляет 5600 лет.

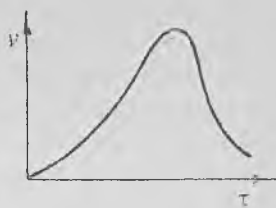
1855. Могут ли наблюдаться в эксперименте приведенные на рисунке ($a-c$) зависимости скорости гомогенной реакции (v) от времени (τ)? Если да, приведите по одному примеру таких реакций.



a

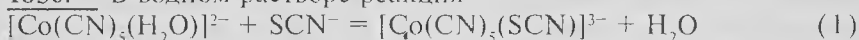


b

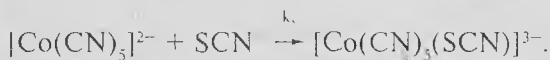
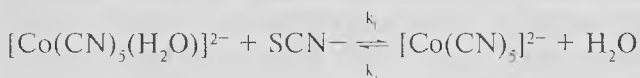


c

1856. В водном растворе реакция



происходит по механизму:



На основе этого механизма, применяя принцип стационарных концентраций к промежуточному продукту, выведите уравнение скорости реакции $r = d[\text{Co}(\text{CN})_5(\text{SCN})]^{3-} / dt$. Укажите размерности констант скорости, порядок реакции (1) по каждому из реагентов и общий порядок.

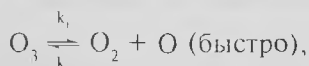
1857. Реакция рекомбинации атомов йода в присутствии аргона имеет общий третий порядок, а порядок по аргону равен единице. Кажущаяся энергия активации реакции

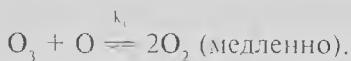


равна $-6 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$. Предложите механизм, объясняющий этот факт.

1858. В последнее время достигнут значительный прогресс в понимании химических процессов в атмосфере. В 1995 г. существенный вклад ученых П. Крутцена, М. Молина и Ф.Ш. Роуланда в химию атмосферы, особенно в исследование озонового слоя Земли, был отмечен Нобелевской премией по химии. Частью исследований было исследование кинетических закономерностей разложения озона. Известно, что при большом избытке кислорода кинетическое уравнение реакции имеет вид $v_1 = K_1 (\text{O}_3)^2 / (\text{O}_2)$, где круглыми скобками обозначены текущие концентрации; напротив, при большом избытке озона кинетическое уравнение имеет вид: $v_2 = K_2 (\text{O}_3)^2$.

Предлагается такой механизм реакции:





Используя принцип стационарных концентраций Боленштейна, выведите кинетическое уравнение, которое соответствует предложению механизму, и запишите уравнения связи экспериментальных констант K_1 и K_2 с константами скорости отдельных стадий k_1 , k_2 , k_3 .

1859. Пospорили как-то раз «новые русские» Боря и Федя. Федя хвастал, что легко возобновит производство полиэтилена на недавно купленном за бесценок химическом комбинате, мол. не нужны ему ни дорогая система автоматического регулирования запуска процесса полимеризации, ни опытный аппаратчик — нужно лишь довести температуру в реакторе до 200 °С. Боря же, магистр химии, предупреждал: «Рискуешь, Федя!»

И вот, в один прекрасный день, Федя решительно открыл три вентиля — подачи подогретой воды в систему внешнего терморегулирования реактора; пуска этилена из компрессора в реактор и подачи в реактор примесей кислорода (инициатора реакции полимеризации) — и стал наблюдать, как меняется в реакторе температура: 100, 200, 300, 500 (?) °С, ВЗРЫВ!

...Боря проведal друга в больницу и показал ему справочник: «Смотри, энергия двойной связи $\text{C}=\text{C}$ — 613 кДж/моль, а — одинарной $\text{C}-\text{C}$ — 345 кДж/моль. Теперь понимаешь, в чем ты был не прав?»

1) Оцените тепловой эффект реакции полимеризации этилена и объясните, почему все-таки произошел взрыв?

2) Процесс полимеризации происходит по цепному радикальному механизму и включает три главные стадии: инициирование (появление свободных радикалов), рост и обрыв цепи при столкновении радикалов в объеме реактора. Запишите кинетические уравнения этих стадий и, применяя к свободным радикалам принцип стационарных концентраций, выведите общее кинетическое уравнение для начального этапа полимеризации (когда изменением концентраций мономера и инициатора можно пренебречь).

3) Укажите, как зависят скорость реакции и средняя степень полимеризации от концентраций: а) инициатора, б) мономера?

1860. В школьных учебниках до сих пор как пример бимолекулярной реакции приводят взаимодействие H_2 и I_2 в газовой фазе: $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$. (1)

Скорость этой реакции достаточно точно описывается кинетическим уравнением

$$v = -\frac{dc_{\text{III}}}{dt} = k \cdot c_{\text{II}} \cdot c_{\text{I}_2} \quad (2)$$

Однако после работ Дж. Салливана (1963—1967) стало понятно, что реакция (1) происходит не в одну стадию, а по более сложному механизму. Основой для такого вывода являются данные а) о зависимости k от температуры и б) о зависимости от температуры константы равновесия реакции K_p

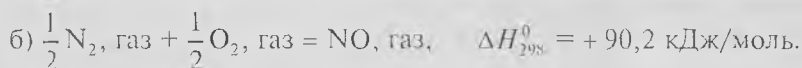
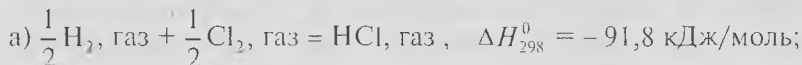
$$I_2 = 2 I. \quad (3)$$

T, K	$\lg K_p$	$k, 10^{-5}, \text{л}^2/\text{моль} \cdot \text{с}$	$\ln k$
633	—11,86	0,455	—12,300
667	—11,24	2,45	—10,617
710	—10,54	16,33	—8,720
738	—10,14	49,92	—7,6025
800	—9,34		

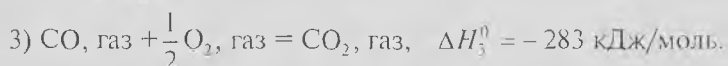
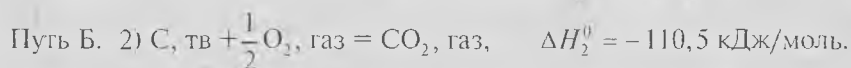
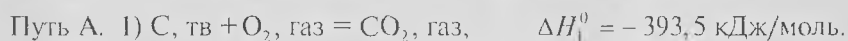
- 1) Оцените энергию активации E_a реакции (1) и ΔH^0 реакции (3).
- 2) Оцените погрешность E_a и ΔH^0 .
- 3) Объясните, почему полученные данные опровергают школьные представления о механизме реакции (1).
- 4) Предложите свой механизм, согласующийся с данными задачи. Определите, по возможности, константы скорости стадий в предложенном вами механизме.

ЭНТАЛЬПИЯ РАСТВОРЕНИЯ. ЭНТАЛЬПИЯ РЕШЕТКИ. ЭНТАЛЬПИЯ ГИДРАТАЦИИ

1861. Постройте энтальпийную диаграмму, используя следующие термодинамические данные:



1862. Постройте энтальпийную диаграмму образования диоксида углерода, используя следующие термодинамические данные:



1863. Используя энтальпийную диаграмму образования диоксида углерода (задача 1862), выполните следующие расчеты:

а) $\Delta H_1 = -393,5 \text{ кДж/моль}$,

$\Delta H_2 = -110,5 \text{ кДж/моль}$, $\Delta H_3 = ?$

б) $\Delta H_1 = -393,5 \text{ кДж/моль}$,

$\Delta H_3 = -283,0 \text{ кДж/моль}$, $\Delta H_2 = ?$

в) $\Delta H_2 = -110,5 \text{ кДж/моль}$,

$\Delta H_3 = -283,0 \text{ кДж/моль}$, $\Delta H_1 = ?$

1864. Постройте энтальпийную диаграмму и вычислите стандартную энтальпию реакции (путь А), используя следующие термодинамические данные:

Путь А. 1) $P_1, \text{ тв} + 2,5\text{Cl}_2, \text{ газ} = \text{PCl}_5, \text{ тв}$ $\Delta H_1^0 = ?$

Путь А. 2) $P_1, \text{ тв} + 1,5\text{Cl}_2, \text{ газ} = \text{PCl}_3, \text{ жидк}$

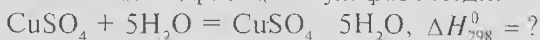
$\Delta H_2^0 = -17,5 \text{ кДж/моль}$;

3) $\text{PCl}_3, \text{ жидк} + \text{Cl}_2, \text{ газ} = \text{PCl}_5, \text{ тв}$

$\Delta H_3^0 = -137,3 \text{ кДж/моль}$.

1865. Растворение 1 моль кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ идет с поглощением теплоты ($\Delta H_{298}^0 = +67 \text{ кДж/моль}$), а растворение 1 моль безводной соли Na_2CO_3 — с выделением теплоты ($\Delta H_{298}^0 = -25 \text{ кДж/моль}$). Постройте энтальпийную диаграмму и вычислите стандартную энтальпию дегидратации кристаллогидрата: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_{298}^0 = ?$

1866. Растворение 1 моль медного купороса идет с поглощением теплоты ($\Delta H_{298}^0 = +11,5 \text{ кДж/моль}$), а растворение 1 моль сульфата меди — с выделением теплоты ($\Delta H_{298}^0 = -66,1 \text{ кДж/моль}$). Постройте энтальпийную диаграмму и рассчитайте стандартную энтальпию гидратации сульфата меди:



1867. Сравните энтальпии кристаллических решеток следующих соединений:

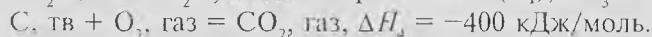
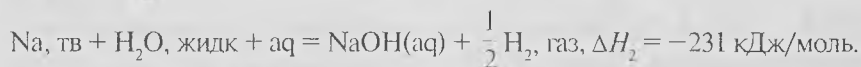
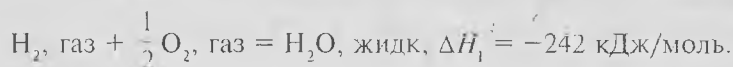
Кристалл	$\Delta H_{\text{решетка}}^0$	Кристалл	$\Delta H_{\text{решетка}}^0$
NaCl	-776	AgCl	-921
NaBr	-719	AgBr	-876
NaI	-670	AgI	-862

Почему энтальпии решетки всегда имеют отрицательные значения? Как они изменяются в пределах группы? Вычислите энергию, необходимую для разрушения 1 моль кристаллического хлорида натрия с образованием изолированных газообразных ионов.

1868. Запишите уравнения процессов, происходящих при растворении кристаллического хлорида натрия в воде. Как называются соответствующие им стандартные энтальпии? Постройте энтальпийную диаграмму растворения хлорида натрия в воде.

1869. Вычислите стандартную энтальпию гидратации хлорида натрия, используя следующие термодинамические данные:
 $\Delta H_{\text{решетки}}^0(\text{NaCl}) = -776 \text{ кДж/моль}$ и $\Delta H_{\text{раств}}^0(\text{NaCl}) = +4 \text{ кДж/моль}$.

1870. Вычислите энтальпии образования Na_2O , тв, NaOH(aq) и Na_2CO_3 , тв из простых веществ, используя следующие термодинамические данные

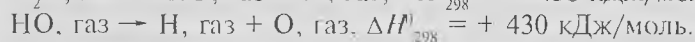


ЭНТАЛЬПИЯ ДИССОЦИИИ СВЯЗИ

1871. Стандартная энтальпия атомизации молекулярного водорода равна $\frac{1}{2} \text{H}_2, \text{ газ} \rightarrow \text{H}, \text{ газ}, \Delta H_{298}^0 = +218 \text{ кДж/моль}$.

Вычислите стандартную энтальпию диссоциации связи в молекулярном водороде.

1872. Вычислите среднее значение стандартной энтальпии диссоциации ОН-связи для молекулы воды, используя следующие данные:



Объясните, почему энтальпии диссоциации связей всегда имеют положительные значения.

1873. Вычислите разность между стандартными энтальпиями сгорания каждого двух последовательных членов ряда алканов, используя следующие данные (в скобках указаны энтальпии сгорания при стандартных условиях в кДж/моль): CH_4 (−890); C_2H_6 (−1560); C_3H_8 (−2220); C_4H_{10} (−2877); C_5H_{12} (−3520); C_6H_{14} (−4195). Объясните, почему эта величина имеет приблизительно одинаковое значение. Каким процессам она соответствует?

1874. Вычислите стандартную энтальпию атомизации метана и стандартную энтальпию диссоциации связи $\text{C} - \text{H}$, используя следующие данные:

1) Стандартная энтальпия атомизации графита

C , графит $\rightarrow \text{C}$, газ, $\Delta H_{298}^0 = +715$ кДж/моль.

2) Стандартная энтальпия атомизации водорода

$\frac{1}{2} \text{H}_2$ газ $\rightarrow \text{H}$, газ, $\Delta H_{298}^0 = +218$ кДж/моль.

3) Стандартная энтальпия атомизации метана

C , графит + 2H_2 , газ $\rightarrow \text{CH}_4$, газ, $\Delta H_{298}^0 = -75$ кДж/моль.

1875. Постройте энтальпийную диаграмму атомизации метана, используя данные задачи 1874.

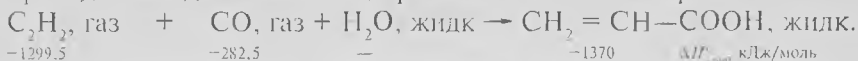
1876. Вычислите стандартную энтальпию гидрирования этилена, используя данные о стандартных энтальпиях связей:

Связь	ΔH_{298}^0 , кДж/моль
$\text{C}-\text{C}$	+347
$\text{C}=\text{C}$	+619
$\text{C}-\text{H}$	+413
$\text{H}-\text{H}$	+436

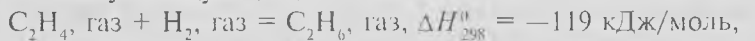
1877. Вычислите стандартную энтальпию делокализации (энергию делокализации) для бензола, используя следующие данные: Экспериментальное значение стандартной энтальпии гидрирования бензола — 208 кДж/моль; экспериментальное значение стандартной энтальпии гидрирования циклогексена — 121 кДж/моль.

1878. Вычислите стандартную энтальпию образования этилена, используя данные об энергии, выделяющейся при сгорании 1 г следующих веществ (в скобках указана выделяющаяся энергия в кДж/г): графит (32); водород (143); этилен (50).

1879. Вычислите стандартную энтальпию реакции, используя приведенные данные о стандартных энтальпиях сгорания:



1880. Вычислите энергии двойной C=C и тройной C≡C связей, используя следующие данные:



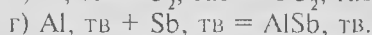
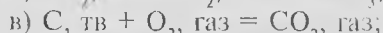
а также стандартные энтальпии связей, приведенные в задаче 1876.

ЭНТРОПИЯ

1881. Как изменяется энтропия системы при фазовых переходах:

а) твердое вещество → жидкость; б) жидкая вода → пар; в) кристаллическое состояние → аморфное состояние.

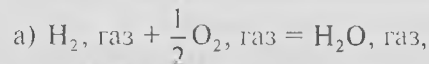
1882. Как изменяется энтропия системы, если в ней протекает реакция:



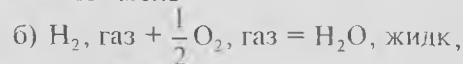
1883. У какого вещества при равных температурах и давлении и одинаковых агрегатных состояниях больше энтропия:

а) O_2 или O_3 ; б) C_2H_6 или C_2H_4 ; в) C_2H_4 или C_2H_2 ; г) алмаз или графит?

1884. Вычислите изменение стандартной энтропии для полного сгорания 1 моль водорода, используя следующие термодинамические данные:



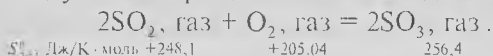
$$S_{298}^0, \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} + 130,52 + 205,04 + 188,72;$$



$$S_{298}^0, \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} + 130,52 + 205,04 + 70,08.$$

Почему при вычислениях $\Delta S_{\text{реакции}}$ необходимо указывать агрегатное состояние реагентов и продуктов?

1885. Вычислите стандартную энтропию реакции, используя следующие термодинамические данные:



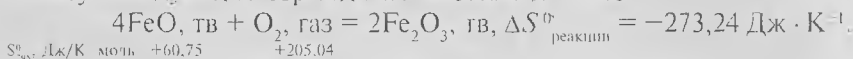
S_{298}° , Дж/К · моль +248,1

+205,04

256,4

Будет ли данная реакция протекать самопроизвольно в изолированной системе при стандартных условиях?

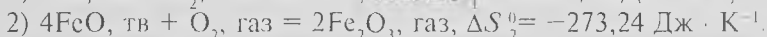
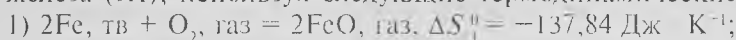
1886. Вычислите стандартную энтропию оксида железа (III), используя следующие термодинамические данные:



S_{298}° , Дж/К · моль +60,75

+205,04

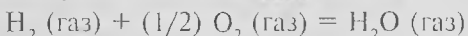
1887. Вычислите стандартную энтропию образования оксида железа (III), используя следующие термодинамические данные:



1888. Предскажите, какие значения — положительные или отрицательные — имеет стандартная энтальпия реакции, если известно, что:

- а) реакция возможна при любой температуре и $\Delta S_{\text{реакции}}^\circ > 0;$
- б) реакция невозможна ни при какой температуре и $\Delta S_{\text{реакции}}^\circ < 0;$
- в) реакция возможна при низких температурах и $\Delta S_{\text{реакции}}^\circ < 0;$
- г) реакция возможна при высоких температурах и $\Delta S_{\text{реакции}}^\circ > 0;$

1889. Юный Химик купил новый учебник физической химии, полистал его страницы и узнал, что самопроизвольные процессы происходят с ростом энтропии. На следующий день он увидел в справочнике, что для реакции



ΔS_{298}° равняется $-44,5 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Юный химик воскликнул: — Но вот же написано: «В самопроизвольных процессах энтропия не может уменьшаться!» Неужели взаимодействие водорода с кислородом с точки зрения термодинамики невозможно?

В том же справочнике Юный Химик прочитал, что для процесса кристаллизации переохлажденной воды при -5°C $\Delta S_{298}^\circ = -21 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

— Выходит, что ниже 0°C вода не замерзает? — еще больше удивился Юный Химик.

Укажите, что ошибочно в рассуждениях Юного Химики, и почему данные термодинамики вовсе не противоречат обычному химическому опыту.

1890. Энтропия n моль идеального газа, занимающего при температуре T объем V

$$S = n \cdot (c_v \cdot \ln T + R \cdot \ln \frac{V}{N} + S_0),$$

где R — универсальная газовая постоянная, N — число молекул газа. $N = n \cdot N_A$, S_0 — постоянная величина, не зависящая от числа частиц N .

Смесь различных идеальных газов можно обратимо разделить на компоненты, каждый из которых имеет объем смеси таким образом, что не требуется сообщение теплоты и затрата работы. Следовательно, энтропия системы не изменяется. Отсюда следует *теорема Гиббса об энтропии газовой смеси*: энтропия смеси идеальных газов равна сумме энтропии этих газов, когда каждый из них в отдельности занимает при температуре смеси тот же объем, что и вся смесь.

Пользуясь этой теоремой, можно вычислить увеличение энтропии при смешении двух различных газов, разделенных вначале перегородкой, занимающих объемы V_1 и V_2 и имеющих одинаковую температуру T (n_1 и n_2 — количества вещества каждого из газов (моль)).

Энтропия газов до смешения

$$S^{\text{печ}} = n_1 \cdot (c_{v1} \cdot \ln T + R \cdot \ln \frac{V_1}{N_1} + S_{01}) + n_2 \cdot (c_{v2} \cdot \ln T + R \cdot \ln \frac{V_2}{N_2} + S_{02}),$$

а после смешения, когда каждый газ занимает весь объем $(V_1 + V_2)$,

$$S^{\text{конечн}} = n_1 \cdot (c_{v1} \cdot \ln T + R \cdot \ln \frac{V_1 + V_2}{N_1} + S_{01}) + n_2 \cdot (c_{v2} \cdot \ln T + R \cdot \ln \frac{V_1 + V_2}{N_2} + S_{02}).$$

Изменение энтропии системы после смешения равно:

$$\Delta S = S^{\text{конечн}} - S^{\text{печ}} = n_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{N_1} + n_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{N_2}.$$

В частном случае равных количеств газов ($n_1 = n_2 = n = N / N_A$), находящихся при одинаковых объемах ($V_1 = V_2 = V$) получаем: $\Delta S = 2 n R \ln 2 = 2 k N \ln 2$.

Таким образом, возрастание энтропии при смешении двух идеальных газов зависит только от количества вещества газов, но не зависит от их природы.

В предельном случае смешения двух идентичных газов энтропия не увеличивается, так как при этом после удаления разделяющей перегородки никакого термодинамического процесса в системе не

происходит. Таким образом, смешение двух идентичных газов нельзя рассматривать как предельный случай смешения двух различных газов и, следовательно, при переходе от смеси сколь угодно близких по своим свойствам и разделяемых из этой смеси газов к смеси одинаковых газов величина ΔS испытывает скачок. Этот результат носит название *парадокса Гиббса* (*парадокс* — истинное утверждение, которое необычно, противоречит общепринятому и про которое хочется сказать, что этого не может быть). Попробуйте предложить свое объяснение парадокса Гиббса.

§ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КОНСТАНТАМИ РАВНОВЕСИЯ K_c , K_p и K_x .

1891. Выведите соотношение между константами равновесия K_c и K_p для реакции 3H_2 , газ + N_2 , газ $\rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, газ.

1892. Выведите соотношение между константами равновесия K_p и K_x для реакции $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$.

1893. Выведите соотношение между константами K_p и K_c , K_p и K_x для реакции для реакции $a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$. Запишите соответствующие соотношения для гомофазных реакций:

- а) $\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$;
- б) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$;
- в) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$.

1894. Запишите выражение для константы равновесия K_p следующих гетерофазных реакций:

- а) C , тв + O_2 , газ $\rightleftharpoons \text{CO}_2$, газ;
- б) Fe_3O_4 , тв + H_2 , газ $\rightleftharpoons 3\text{FeO}$, тв + H_2O , газ;
- в) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, тв $\rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, тв + $2\text{H}_2\text{O}$, газ.

1895. Какую размерность имеют константы K_c и K_p для следующих реакций:

- а) H_2 , газ + I_2 , газ $\rightleftharpoons 2\text{HI}$, газ;
- б) PCl_5 , газ $\rightleftharpoons \text{PCl}_3$, газ + Cl_2 , газ;
- в) C , тв + 2H_2 , газ $\rightleftharpoons \text{CH}_4$, газ.

1896. Вычислите константу равновесия K_c при температуре 600K для реакции H_2 , газ + I_2 , газ $\rightleftharpoons 2\text{HI}$, газ, если известны равновесные концентрации: $[\text{H}_2] = 1,71 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $[\text{I}_2] = 2,91 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $[\text{HI}] = 1,65 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

1897. Вычислите константу равновесия K_c для реакции CO , газ + Cl_2 , газ $\rightleftharpoons \text{COCl}_2$, газ,

если равновесные концентрации при определенной температуре равны: $[\text{CO}] = 0,55$ моль/л; $[\text{Cl}_2] = 0,05$ моль/л; $[\text{COCl}_2] = 0,95$ моль/л. Чему равны концентрации хлора и монооксида углерода в начальный момент времени?

1898. Константа равновесия K_p для реакции $\text{CO, газ} + \text{Cl}_2, \text{ газ} \rightleftharpoons \text{COCl}_2, \text{ газ}$ при 873 К равна 12,12. Вычислите константу K_p и укажите ее размерность.

1899. В вакуумированный сосуд поместили определенное количество карбоната кальция и графита и нагрели до 727°C. После установления равновесия давление в сосуде оказалось равным 0,8 атм. Вычислите константу равновесия реакции образования монооксида углерода из диоксида, если константа равновесия карбоната равна 0,5 атм.

1900. Константа равновесия K_p реакции $\text{N}_2\text{O}_4, \text{ газ} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2, \text{ газ}$ при определенной температуре равна 1. Определите состав равновесной смеси (в процентах по объему) при общем давлении: а) 0,5 атм.; б) 10 атм.

ТЕРМОХИМИЯ. РАСЧЕТ РАВНОВЕСИЙ В ГАЗАХ

При выполнении заданий данного раздела используйте следующие соотношения.

Уравнения связи различных констант равновесия реакций в газовой фазе:

$$\text{стандартная константа } K_a = \prod_i \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{\nu_i},$$

где P_i — парциальное давление i -го реагента, P_0 — стандартное давление (1 атм = 1,01325 Бар = 1,01325 · 10⁵ Па), ν_i — стехиометрический коэффициент, положительный для продукта реакции и отрицательный для исходного вещества,

$$K_a = K_p \cdot (P_0)^{-\Delta\nu} \text{ (Па или Бар) } (\Delta\nu = \sum_i \nu_i),$$

$$K_p = \prod_i (P_{\text{общ}} \cdot \chi_i)^{\nu_i} = (P_{\text{общ}})^{\Delta\nu} \cdot K_x,$$

где χ_i — молярная доля i -го реагента,

$$K_x = K_p \cdot (P_{\text{общ}})^{-\Delta\nu} = K_a \cdot \left(\frac{P_{\text{общ}}}{P_0} \right)^{-\Delta\nu},$$

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta\nu},$$

$$K_c = K_a \cdot (P_0/RT)^{\Delta\nu} \text{ [(моль/м}^3\text{)}^{\Delta\nu}\text{]}.$$

1901. 80,00 г раствора хлороводородной кислоты с массовой долей 0,548 % прореагировало с кусочком металлического калия. При этом выделилось 6,153 кДж теплоты. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

Стандартные энтальпии образования из простых веществ:

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{H}_2\text{O, жидк.}) = -285,9 \text{ кДж/моль}; \Delta_f H_{298}^0 (\text{H}^+, \text{p-p}) = 0;$$

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{OH}^-, \text{p-p}) = -228,6 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{K}^+, \text{p-p}) = -252,5 \text{ кДж/моль}.$$

1902. На уроке биологии Юный Химик узнал, что объемная доля углекислого газа в воздухе, которым мы дышим, равна 0,03%, а в воздухе, который мы выдыхаем — 4,50 %.

1) Считая, что весь углекислый газ образуется за счет окисления глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, рассчитайте объемные доли кислорода и водяного пара в выдыхаемом воздухе.

2) Определите, какое количество теплоты выделяется при окислении глюкозы за 1 час, если за минуту человек делает 10 вдохов. Какую массу жидкой воды можно нагреть от 0 до 100 °С за счет такого количества теплоты?

Примите, что вдыхаемый воздух сухой и содержит, кроме углекислого газа, кислород (объемная доля 21,00 %), азот и благородные газы (сумма объемных долей 78,97 %). Объем вдоха 500,00 см³, температура воздуха 25 °С, давление 1 атм.

Теплоты образования из простых веществ, кДж/моль:

$$Q(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6, \text{тв}) = 993,58; Q(\text{H}_2\text{O газ}) = 241,82; Q(\text{CO}_2, \text{газ}) = 393,51.$$

1903. В таблице приведена зависимость теплоты растворения серной кислоты в воде в зависимости от концентрации образующегося раствора:

Молярное соотношение, X^*	1	2	4	6	8
Теплота растворения кислоты, Q , кДж/моль	29,26	41,80	53,92	59,36	62,70

$X^* =$ количество вещества воды / количество вещества кислоты. Определите количества теплоты, которые выделяются: а) при смешивании 50 г кислоты с 50 г воды; б) при смешивании 80 г кислоты с 20 г воды и в) при смешивании растворов, приготовленных в пунктах а) и б).

1904. В сосуде объемом 1 л при н.у. находится смесь водорода с кислородом общей массой 600 мг. Смесь взорвалась.

1) Какое количество теплоты выделилась при взрыве?

2) Рассчитайте давление в сосуде после взрыва при температуре 700 °С.

3) Сосуд охладили до 5 °С. Какое давление установится в сосуде? Теплота образования $\text{H}_2\text{O}(\text{газ})$ 285,8 кДж/моль.

Температура, °С	Давление паров воды, мм рт. ст.
0	4,6
10	9,0
20	18,0

1905. Определите $\Delta_f H_{298}^0$, $\Delta_f U_{298}^0$, $\Delta_f F_{298}^0$, $\Delta_f G_{298}^0$, и $\Delta_f S_{298}^0$ для реакции $\text{C}_2\text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}_{\text{жидк}} = \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{жидк}} + \text{H}_2$
Справочные данные:

Вещество	$\Delta_f H_{298}^0$, кДж/моль	$\Delta_f G_{298}^0$, кДж/моль	$S_{f, 298}^0$, кДж/моль · К
$\text{C}_2\text{H}_2_{\text{газ}}$	226,75	209,25	200,8
$\text{H}_2\text{O}_{\text{жидк}}$	-285,84	-334,46	69,96
$\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{жидк}}$	-484,90	-576,64	159,8
$\text{H}_2_{\text{газ}}$			130,6

1906. В вакуумированный сосуд поместили 1 моль N_2O_4 и нагрели до температуры 336,2 К. Со временем в сосуде установилось давление $2,02 \cdot 10^5$ Па. Константа равновесия K_p реакции $\text{N}_2\text{O}_4 = 2 \text{NO}_2$ при температуре опыта равняется $1,27 \cdot 10^5$ Па.

- 1) Определите состав равновесной смеси в молярных долях.
- 2) Рассчитайте константы равновесия K_c , K_x , K_a (стандартную) и ΔG^0 указанной реакции.
- 3) Для частиц NO_2^+ , NO_2 , и NO_2^- укажите пространственное строение, полярность, магнитные свойства, состояние гибридизации атомов азота и порядки связей N—O.
- 4) Запишите уравнение автоионизации жидкого N_2O_4 , приведите пример кислотно-основного взаимодействия в этом растворителе, указав кислоту и основание.

1907. При 2773 К вода частично диссоциирует на кислород и водород. 1 м³ получившейся смеси при этих условиях весит 0,7757 кг. Степень диссоциации равна 4,1 %. Определите значения и укажите размерности констант равновесия K_c , K_p , K_x и K_a (стандартной) для реакции диссоциации воды.

1908. В 1933—1934 г.г. Эммет и Капустинский изучили равновесие в системе, содержащей железо, оксид железа(II), воду и водород. По их данным, если в сосуд объемом 10,00 л внести 4,000 г железа и 1,000 г воды, то при 600 °С равновесное парциальное давление воды ($P(\text{H}_2\text{O})$) составит 0,100 атм, а при 800 °С — 0,163 атм.

- 1) Определите общее давление в сосуде при 600, 800 и 1000 °С.

2) Каким станет $p(\text{H}_2\text{O})$ при 800°C , если в сосуд дополнительно внести: а) 0,100 г железа; б) 0,100 г оксида железа(II); в) 0,100 г воды?

3) Каким будет $p(\text{H}_2\text{O})$ при 1000°C ?

Объемом твердых веществ можно пренебречь.

1909. В вакуумированный сосуд объемом 1 л, нагретый до 500 К, внесли 0,344 г хлорида фосфора(III), 2,085 г хлорида фосфора(V) и 0,355 г хлора.

1) Определите, в каком направлении (разложения или образования PCl_5) будет происходить реакция в сосуде.

2) Рассчитайте константы равновесия K_p , K_c и K_x при температуре 500 К.

3) Во сколько раз нужно изменить объем сосуда, чтобы реакция изменила направление?

4) Изобразите графически структуру молекул PCl_3 и PCl_5 . Являются ли они полярными? В каком состоянии гибридизации находятся атомы фосфора в этих соединениях?

5) Охарактеризуйте отношение хлоридов фосфора к холодной и горячей воде и объясните, почему, в отличие от CCl_4 , пентахлорид фосфора гидролизуеться очень легко.

Справочные данные: $\Delta_f G_{298}^0 (\text{PCl}_3, \text{газ}) = -268 \text{ кДж/моль}$;

$\Delta_f G_{298}^0 (\text{PCl}_5, \text{газ}) = -305 \text{ кДж/моль}$,

$\Delta_r H_{298}^0 (\text{PCl}_3, \text{газ} = \text{PCl}_5, \text{газ} + \text{Cl}_2, \text{газ}) = 87,3 \text{ кДж/моль}$.

Считайте, что тепловой эффект реакции в интервале 298 К — 500 К не зависит от температуры.

1910. Ниже приведены константы равновесия химической реакции



при разных температурах:

T, K	$\lg K_p$
300	24,67
1000	0,52
1052	0,03
1060	-0,06
1070	-0,15

1) Найдите тепловой эффект реакции, считая его постоянным в изученном интервале температур.

2) Рассчитайте константу равновесия K_p для температуры 600°C .

3) Каталитическое окисление диоксида серы до триоксида — важное звено процесса производства серной кислоты. Реакцию уско-

ряют платина, ортованадат серебра, оксиды ванадия (V) и железа (III). Температуры, при которых эти вещества начинают проявлять каталитическую активность («температуры зажигания»), равны соответственно ~280, ~350, ~430 и ~600 °С. Выберите катализатор для использования в промышленности.

ТЕОРИИ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

1911. Приведите определение кислоты и основания согласно классической теории С. Аррениуса. Какие из приведенных соединений относятся к кислотам, а какие — к основаниям: HCl , NaOH , H_2SO_4 , Ca(OH)_2 , H_3PO_4 , La(OH)_3 ?

1912. Приведите определение кислоты и основания согласно протонной теории Брёнстеда-Лоури. Укажите кислоты и основания в реакциях:

- а) $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 = \text{OH}^- + \text{NH}_4^+$;
 б) $\text{H}_2\text{O} + \text{PO}_4^{3-} = \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$;
 в) $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$;
 г) $\text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_4^{2-} = \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$.

1913. В соответствии как с классической теорией, так и с протонной теорией кислот и оснований, HCl — это кислота. В чем состоит различие в определениях HCl как кислоты в этих теориях?

1914. Проиллюстрируйте протонную теорию кислот и оснований Брёнстеда-Лоури, заполнив пропуски в таблице

Кислота 1, донор протонов, сопряженная кислота основания 1	Основание 1, акцептор протонов, сопряженное основание кислоты 1	Кислота 2, донор протонов, сопряженная кислота основания 2	Основание 2, акцептор протонов, сопряженное основание кислоты 2
HCl	H_2O	H_3O^+	Cl^-
H_2O	H_2O	?	?
NH_4^+	OH^-	?	?
HCl	NH_3	?	?
HBr	NH_3	?	?

1915. Приведите определение кислоты и основания согласно электронной теории Льюиса. Укажите кислоты и основания Льюиса в реакциях:

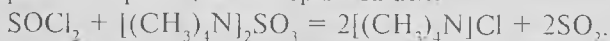
- а) $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$;
 б) $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$;
 в) $\text{AlCl}_3 + \text{Cl}^- = \text{AlCl}_4^-$;
 г) $\text{PCl}_5 + \text{Cl}^- = \text{PCl}_6^-$;
 д) $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 = \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$;
 е) $\text{BF}_3 + \text{F}^- = \text{BF}_4^-$.

1916. Составьте уравнения автоионизации жидкой воды, жидкого аммиака NH_3 , жидкого трихлорида сурьмы SbCl_3 , жидкого фтороводорода HF .

1917. Профессор Харьковского университета Н. А. Измайлов предложил называть катион, который образуется при автоионизации растворителя, ионом лиония, а анион — ионом лиата. Заполните пропуск в таблице

Растворитель	Ион лиония	Ион лиата
SO_2	SO^{2+}	SO_3^{2-}
H_2SO_4	H_2SO_4^+	?
?	$\text{CH}_3\text{COOH}_2^+$	CH_3COO^-
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	?	?
NH_3	?	NH_2^-
?	I^+	I^-
SbCl_5	?	?

1918. Приведите определение кислоты и основания согласно теории сольвосистем. Укажите кислоту, основание, соль и растворитель в реакции нейтрализации:



1919. Заполните пропуски в таблице.

Растворитель	Ион лиония	Ион лиата	Реакция нейтрализации
CH_3COOH	$\text{CH}_3\text{COOH}_2^+$	CH_3COO^-	$\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COONa} = \text{NaCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$
H_2O	?	?	$\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
NH_3	NH_4^+	NH_2^-	?
SO_2	SO^{2+}	?	?

1920. Укажите среди перечисленных ниже веществ кислоты и основания Льюиса.

B_2H_6 , CH_4 , CO , CO_2 , NH_3 , NH_2OH , PH_3 .

ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ

1921. К каким процессам — экзо- или эндотермическим — относится диссоциация воды? При ответе используйте справочные данные (таблица 11 Приложения).

1922. Используя данные таблиц, рассчитайте равновесную концентрацию ионов водорода и гидроксид-ионов в чистой воде при 0, 25, 40 и 60 °С.

1923. В таблице приведены значения рН для некоторых растворов:

N	Раствор	рН
1	Лимонный сок	2,1
2	Апельсиновый сок	2,8
3	Томатный сок	4,1
4	Шампунь	5,5
5	Черный кофе	6,0
6	Молоко	7,0
7	Раствор пищевой соды	8,5
8	Известковая вода	10,5
9	Раствор аммиака в воде	11,9

- а) Какой раствор более кислый — лимонный или томатный сок?
б) Какой раствор более щелочной — раствор пищевой соды или известковая вода?
в) Какие из растворов называют слабокислыми, слабощелочными, практически нейтральными?
г) Чему равна концентрация ионов водорода в черном кофе?
д) Каково соотношение ионов водорода H^+ и гидроксид-ионов OH^- в молоке?

1924. Вычислите рН растворов, молярная концентрация растворенного вещества в которых равна: а) $1,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л HCl ; б) $1,0 \cdot 10^{-10}$ моль/л $HClO_4$; в) 0,05 моль/л H_2SO_4 (предположите, что кислота диссоциирует полностью); г) 0,050 моль/л $NaCl$.

1925. Используя ионное произведение воды при 25°C (задача 1921), покажите, что $pH + pOH = 14$.

1926. Во сколько раз изменится концентрация ионов водорода, если pH некоторого раствора: а) увеличивается на единицу; в) уменьшается на единицу; в) увеличивается на две единицы? Как изменится pH раствора при добавлении равного объема воды?

1927. С помощью калькулятора произведите следующие вычисления:

- | | | | |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| а) $\text{pH} = 1,9$ | $[\text{H}^+] = ?$ | б) $\text{pOH} = 3,1$ | $\text{pH} = ?$ |
| в) $K = 9,0 \cdot 10^{-4}$ | $\text{p}K = ?$ | г) $c = 0,5$ моль/л | $\text{p}c = ?$ |
| д) $\text{p}K = 0,9$ | $K = ?$ | е) $K = 2,0 \cdot 10^{-15}$ | $\text{p}K = ?$ |
| ж) $\text{pOH} = 1,2$ | $[\text{H}^+] = ?$ | з) $\text{pH} = 9,8$ | $[\text{OH}] = ?$ |

1928. Рассчитайте pH раствора, образовавшегося после смешивания равных объемов азотной и серной кислот. Молярные концентрации исходных растворов одинаковы и равны 0,02 моль/л. Предположите, что кислоты диссоциируют полностью.

1929. Вычислите pH раствора, массовая доля хлороводородной кислоты в котором равна 0,2 %, плотность раствора 1,0 г/мл.

1930. Если к 100 мл раствора сильной одноосновной кислоты с концентрацией 1,28 г/л добавить 20 мл 0,4%-го раствора гидроксида натрия (плотность 1,00 г/мл), то в полученном растворе $\text{pH} = 11,92$. Вычислите pH исходного раствора кислоты. Какую кислоту добавили?

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ. ВЫЧИСЛЕНИЯ pH

При решении задач этого раздела используйте справочные данные (табл. 12 Приложения).

1931. Вычислите pH раствора слабой одноосновной кислоты, степень диссоциации которой равна 0,03. Молярная концентрация кислоты: а) 0,1 моль/л; б) 0,2 моль/л; в) 0,4 моль/л.

1932. Вычислите pH раствора, молярная концентрация уксусной кислоты в котором равна 0,1 моль/л.

1933. Вычислите pH раствора, молярная концентрация щавелевой кислоты в котором равна 0,02 моль/л.

1934. Вычислите начальную концентрацию аммиака в растворе, pH которого равен 11.

1935. Приготовили раствор, молярная концентрация азотистой кислоты в котором равна 0,1 моль/л. При каком значении pH равновесная концентрация нитрит-ионов будет равна 0,005 моль/л?

1936. Вычислите pH раствора, образовавшегося при смешивании 20 мл раствора с молярной концентрацией роданистоводородной

кислоты 0,03 моль/л и 10 мл раствора с молярной концентрацией роданида калия 0,06 моль/л.

1937. Вычислите pH буферного раствора, содержащего в 1 л 0,1 моль уксусной кислоты и 0,01 моль ацетата натрия.

1938. Покажите, что pH водного раствора слабой одноосновной кислоты HA равен:
$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_a + \text{p}c),$$

где K_a — константа диссоциации кислоты, а c — ее начальная концентрация.

1939. Покажите, что pH водного раствора натриевой соли слабой одноосновной кислоты HA равен:
$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} (\text{p}K_a - \text{p}c),$$
 где K_a — константа диссоциации кислоты HA, а c — начальная концентрация соли NaA.

1940. Слабую одноосновную кислоту массой 0,72 г растворили в воде и получили 50 мл раствора, pH которого 5,82. Затем 20 мл приготовленного раствора оттитровали 20 мл раствора гидроксида натрия. В точке эквивалентности pH раствора равен 11,68. Определите константу диссоциации кислоты. Расшифруйте кислоту, если массовая доля кислорода в ней 0,1111.

Занимательное задание

Пропитайте полоски фильтровальной бумаги размером 10 × 2 см соком черной смородины или отваром красной свеклы. Высушите их в тени и положите в темные склянки.

Приготовленные индикаторы окрашиваются в кислой среде в красный цвет, а в щелочной — в зеленый или синий.

Приготовьте растворы мыла, стиральной соды Na_2CO_3 , питьевой соды NaHCO_3 , поваренной соли NaCl , аммиака в воде $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Каждый исследуемый раствор разделите на две части, одну испытывайте раствором лакмуса, а другую — приготовленным вами индикатором. Какие произошли изменения? Результаты ваших наблюдений занесите в таблицу.

ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ. МОЛЯРНАЯ РАСТВОРИМОСТЬ

При решении задач этого раздела используйте справочные данные (табл. 7)

1941. Покажите, что молярная растворимость S малорастворимого электролита A_aB_b равна: $S = \sqrt[a+b]{\frac{K_s}{a^a b^b}}$ (моль/л),

где K_s — произведение растворимости A_aB_b .

1942. Во сколько раз молярная растворимость хлорида серебра в кипящей воде больше его растворимости при 25 °С (при 100 °С $K_s = 1,4 \cdot 10^{-10}$).

1943. Вычислите молярную растворимость гидроксида алюминия при 25 °С.

1944. Вычислите массу сульфата бария, содержащегося в 100 мл насыщенного раствора при 25 °С.

1945. Какой объем воды необходим для полного растворения 0,1 г хлорида свинца (II) при 25 °С?

1946. Вычислите произведение растворимости гидроксида железа (III), если его растворимость при комнатной температуре равна $4,8 \cdot 10^{-9}$ г в 100 г раствора. Сравните полученное значение с приведенным в табл. 7.

1947. Вычислите молярную растворимость хромата серебра в чистой воде при 25 °С. Как изменится молярная растворимость при введении в раствор: а) ионов серебра; б) хромат-иона?

1948. Вычислите молярную растворимость хромата серебра в 0,01 моль/л растворе нитрата серебра при 25 °С.

1949. Вычислите молярную растворимость хромата серебра в 0,01 моль/л растворе хромата калия при 25 °С.

1950. Агата Кристи в романе «Таинственное приключение в Стайлз-Корте» описывает утонченное убийство. Миссис Инглторп принимала лекарства: одно — раствор гидросульфата стрихнина $[C_{21}H_{23}O_2N_2]^+ \cdot HSO_4^-$ (стрихнин $C_{21}H_{22}O_2N_2$, алкалоид, органическое основание) и другое — таблетки бромиды калия. Убийцы подложили в баночку с алкалоидом две таблетки бромиды. Приняв последнюю порцию микстуры, миссис Инглторп скончалась в страшных муках. Эркюль Пуаро раскрыл преступление, поскольку был знаком с химией и знал, что «соединения брома при добавлении в раствор, содержащий стрихнин, вызывают выпадение последнего в осадок».

Вычислите произведение растворимости гидробромиды стрихнина $[C_{21}H_{23}O_2N_2]^+ Br^-$, если известно, что объем баночки с микстурой равен 200 мл. Смерть миссис Инглторп вызвана приемом 3/4 гра-

на стрихнина. Масса одной таблетки бромида калия составляет 1 г, полнота осаждения стрихнина 90%, 1 гран равен 64,80 мг.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДКА

При решении задач этого раздела используйте справочные данные (табл. 7)

1951. В какой последовательности должны выпадать осадки, если к раствору, содержащему ионы Ca^{2+} , Ba^{2+} и Sr^{2+} постепенно прибавлять раствор сульфата натрия?

1952. В какой последовательности должны выпадать осадки, если к раствору, содержащему ионы Cl^- , I^- и Br^- постепенно прибавлять раствор нитрата серебра?

1953. Выпадает ли осадок при сливании насыщенных растворов а) SrCl_2 и CaSO_4 ; б) CaCl_2 и SrSO_4 ?

1954. При какой наименьшей концентрации бромида натрия происходит реакция $\downarrow \text{AgI} + \text{Br}^- \rightleftharpoons \text{AgBr} + \text{I}^-$?

1955. Образуется осадок при смешении равных объемов раствора нитрата марганца (II) с молярной концентрацией 0,002 моль/л и сульфида натрия с молярной концентрацией 0,0003 моль/л.

1956. К 40 мл раствора, содержащего 0,1 г $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 0,01 г SrCl_2 добавили одну каплю концентрированной серной кислоты. Объем капли 0,02 мл, плотность 1,8 г/мл. Образуется ли осадок в этом случае?

1957. При каком соотношении концентраций ионов Sr^{2+} и Ba^{2+} их сульфаты при введении ионов SO_4^{2-} будут выпадать одновременно?

1958. К 0,2 моль/л раствору, содержащему комплексный ион $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ добавили такой же объем 0,2 моль/л раствора хлорида калия. Выпадет ли осадок?

1959. К раствору, содержащему 0,2 моль/л $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ и избыток аммиака добавили такой же объем 0,2 моль/л раствора хлорида калия. Какой должна быть концентрация аммиака в растворе для того, чтобы выпал осадок?

1960. К раствору, содержащему 0,2 моль/л $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ и избыток аммиака добавили такой же объем 0,2 моль/л йодида калия. Выпадет ли осадок в этом случае, если концентрация аммиака 4 моль/л?

РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ

1961. Выберите из приведенных ниже значений pH те, которые следует вставить в соответствующие клетки таблицы
pH: 8,82; 7,12; 7,00; 6,65; 5,44; 3,67

Титруемый раствор	Титрант	Индикатор	pH в точке эквивалентности
0,200 моль/л раствор уксусной кислоты	0,200 моль/л раствор NaOH	фенолфталеин	
0,200 моль/л раствор NaOH	0,200 моль/л раствор уксусной кислоты	метиловый оранжевый	

1962. 50,00 мл раствора NaCN с концентрацией 0,050 моль/л титруют 0,100 моль/л раствором HCl. Рассчитайте pH после добавления: а) 0,00; б) 10,00; в) 25,00 и г) 26,00 мл кислоты. $K_a(\text{HCN}) = 2,1 \cdot 10^{-9}$.

1963. Рассчитайте растворимость AgBr а) в воде, б) в растворе NaBr с концентрацией 0,100 моль/л, в) в растворе аммиака с концентрацией 0,100 моль/л. Укажите, какие приближения Вы использовали при расчетах и проверьте их справедливость.

Справочные данные: $K_{\text{sp}}(\text{AgBr}) = 5,2 \cdot 10^{-13}$,

$\beta_1(\text{Ag}^+ + \text{Br}^- = \text{AgBr}_{\text{aq}}) = 100$, $\beta_2(\text{Ag}^+ + 2 \text{Br}^- = \text{AgBr}_2^-) = 300$,

$K_b(\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-) = 1,76 \cdot 10^{-5}$,

$K_b(\text{Ag}^+, \text{NH}_3) = 2,0 \cdot 10^3$, $K_2(\text{AgNH}_2^+, \text{NH}_3) = 6,9 \cdot 10^3$.

1964. Смешали 25 мл раствора $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 0,30 моль/л и 50 мл раствора аммиака с концентрацией 3,00 моль/л.

1) Оцените pH раствора и равновесную концентрацию ионов Zn^{2+} .

2) Как изменится равновесная концентрация ионов Zn^{2+} , если pH раствора довести до 9,0?

Отличием коэффициентов активности от 1 пренебречь.

Четко сформулируйте сделанные вами упрощающие предположения и проверьте их справедливость.

Справочные данные: $\lg K_{\text{H}}(\text{NH}_3, \text{H}^+) = 9,24$; $\lg K_{\text{H}}(\text{Zn}^{2+}, \text{NH}_3) = 2,18$;

$\lg K_{21}(\text{ZnNH}_3^{2+}, \text{NH}_3) = 2,25$; $\lg K_{31}(\text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+}, \text{NH}_3) = 2,31$;

$\lg K_{41}(\text{Zn}(\text{NH}_3)_3^{2+}, \text{NH}_3) = 1,96$; $\lg K_{\text{w}} = -14,00$.

1965. Рассчитайте растворимость CdS в растворе, насыщенном сероводородом до концентрации 0,1 моль/л, при pH = 2 и концентрации хлорид-ионов 4 моль/л. Во сколько раз эта величина превышает растворимость CdS в таком же растворе, но не содержа

шем хлорид-ионов? Отличием коэффициентов активности от 1 пренебречь.

Справочные данные:

$\lg K_{11}(\text{Cd}^{2+}, \text{Cl}^-) = 1,95$; $\lg K_{21}(\text{CdCl}^+, \text{Cl}^-) = 0,54$; $\lg K_{31}(\text{CdCl}_2, \text{Cl}^-) = -0,15$;

$\lg K_{31}(\text{CdCl}_3^-, \text{Cl}^-) = -0,70$; $\lg K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = -7,05$; $\lg K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = -12,90$.

1966. Рассчитайте pH растворов, образовавшихся после прибавления к 25,00 мл 0,100 моль/л раствора малеиновой кислоты: а) 0 мл; б) 5 мл; в) 25 мл; г) 25,5 мл и д) 50 мл раствора 0,100 моль/л NaOH. Обоснуйте выбор индикатора, подходящего для титриметрического определения малеиновой кислоты.

Константы диссоциации $K_{a1} = 0,012$; $K_{a2} = 5,96 \cdot 10^{-7}$.

1967. Изучая распределение масляной кислоты (НА) между равными объемами воды и фенилэтилового эфира, получили набор данных о зависимости коэффициента распределения R от концентрации недиссоциированных молекул в водной фазе:

$[\text{HA}]_{\text{в}}$, моль/л	0,020	0,047	0,065	0,100
R	0,56	0,83	0,98	1,33

1) Запишите выражения для коэффициента распределения R и константы распределения K_d масляной кислоты.

2) По данным таблицы рассчитайте константу K_d и оцените погрешность ее определения.

3) Рассчитайте R , если $\text{pH} = 5,0$, а общая концентрация всех форм масляной кислоты (в пересчете на объем водной фазы) $c(\text{НА}) = 0,05$ моль/л.

Константа диссоциации масляной кислоты K_a в водном растворе равна $1,54 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

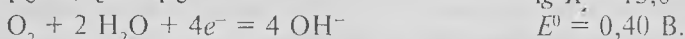
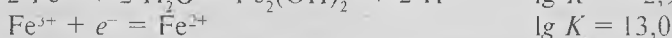
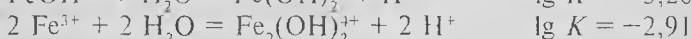
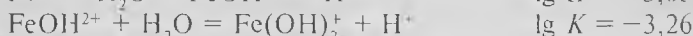
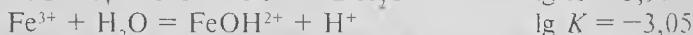
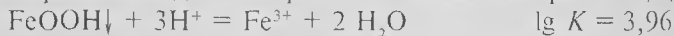
1968. Знаменитый шведский химик Ларе Гуннар Силлен в 60-х годах XX в. исследовал океан как равновесную химическую систему. В первом приближении модель океана можно получить, смешав HCl , H_2O , KOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$ и SiO_2 и дождавшись достижения системой равновесного состояния. При самых разных соотношениях количеств вещества смешиваемых компонентов в равновесии сосуществуют следующие фазы: газовая (в основном пар H_2O), водный раствор, кварц, каолинит $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ и калиевая слюда $\text{KAl}_3\text{Si}_2\text{O}_8(\text{OH})_2$.

1) Каково число термодинамических степеней свободы рассматриваемой системы?

2) Запишите уравнение гетерогенной реакции превращения слюды в каолинит. Рассмотрев эту реакцию и учтя условие электро-

нейтральности фаз, объясните, что произойдет со значениями pH водной фазы при добавлении в систему: а) KOH, б) HCl ($T = \text{const}$)? 3) Приписывая, что в равновесии с водным раствором и атмосферным воздухом находится донная фаза FeOOH , оцените общую (суммарную) концентрацию растворимых форм железа.

Справочные данные: pH океанской воды равен 8,1,



Какой вывод можно сделать, сравнив вашу оценку с результатами измерений, согласно которым концентрация в океане растворимых форм железа и марганца составляет $\sim 10^{-7}$ моль/л.

1969. Морская вода содержит карбонаты и бораты (анионы и протонированные формы). Шведский химик Дэвид Дирссен, отфильтровав осадки, оттитровал пробу морской воды (объем 150 мл, pH 8,02) раствором HCl с концентрацией 0,100 моль/л. Измеряли э.д.с. цепи, включавшей стеклянный электрод с водородной функцией, каломельный электрод сравнения и солевой мостик, заполненный насыщенным раствором хлорида калия (см. табл.).

По результатам титрования: а) определите pH в точках эквивалентности; б) укажите, оттитровке каких компонентов они соответствуют и в) рассчитайте молярные концентрации компонентов и содержание бора и углерода (мг/л) в морской воде.

Справочные данные: показатели константы диссоциации:

угольная кислота: $pK_{a1} = 6,0$; $pK_{a2} = 9,4$;

борная кислота: $pK_a = 8,8$;

для каломельного полужлемента сравнения $E^0 = 350,3$ мВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТИТРОВАНИЯ ПРОБЫ МОРСКОЙ ВОДЫ

$V(\text{HCl})$, мл	E , мВ	$V(\text{HCl})$, мл	E , мВ
0	-106,6		
0,2	-83,7	3	43,8
0,4	-56,9	3,2	55,4
0,6	-40	3,4	70,3
0,8	-30,9	3,6	103,8
1	-21,8	3,8	129,4
1,6	-1	4	144,1
2,6	29,1	4,2	155,7
2,8	35,3	4,4	161,7

1970. Равновесие адсорбции молекул уксусной кислоты (НА) на активированном угле из растворов в неводном неполярном растворителе описывает уравнение Ленгмюра

$$\theta = \frac{[\overline{\text{НА}}]}{t} = \frac{K \cdot [\text{НА}]}{1 + K \cdot [\text{НА}]}, \quad (1)$$

где НА — молекула кислоты в растворе, $[\text{НА}]$ — равновесная концентрация НА в растворе, моль/л; $\overline{\text{НА}}$ — молекула НА на поверхности активированного угля, $[\overline{\text{НА}}]$ — концентрация сорбированной НА, моль/г; t — максимальная емкость сорбента по отношению к НА, $5 \cdot 10^{-4}$ моль/г; K — константа сорбционного равновесия (л/моль) $\text{НА} + \overline{\square} = \overline{\text{НА}}$,

где $\overline{\square}$ — сорбционный центр активированного угля, не занятый молекулой НА.

При некоторой температуре для адсорбции НА из раствора объемом 100 мл на образце сорбента массой 1 г получены следующие данные:

	Исходная концентрация НА (с), моль/л						
	10^{-4}	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$
Эксперимент	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$4,15 \cdot 10^{-2}$	$8,20 \cdot 10^{-2}$	0,16	0,60	0,78	0,925
Расчет							

- 1) Определите константу K , пользуясь данными таблицы, отмеченными символом *.
- 2) Считая, что в системе раствор — сорбент устанавливается единственное равновесие (сорбция $\rightleftharpoons$ десорбция) и пользуясь уравнением Ленгмюра, заполните пропуски в таблице.
- 3) Объясните полученные результаты. Ответ подтвердите расчетом.
- 4) Предложите независимый экспериментальный метод, применение которого может подтвердить Ваш ответ на вопрос 3.

НАПРАВЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ. ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Число Фарадея $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл = 26,8 А · час.

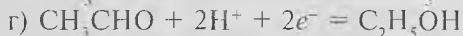
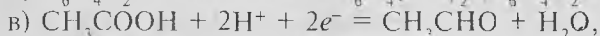
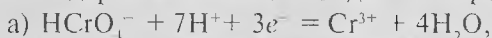
1971. На экзамене по физической химии студент Федя следующим образом изобразил элемент Даниеля:



за что был немедленно удален из аудитории. Исправьте Федины ошибки.

1972. 1) Определите интервал pH, в котором при 25 °С можно при помощи хромата окислить этанол до уксусной кислоты, но не окислить при этом гидрохинон до хинона, если в реакционной смеси отношения концентраций всех окисленных форм к концентрациям соответствующих восстановленных форм равны единице.
2) Рассчитайте $\Delta_r G^0$ реакции окисления гидрохромат-ионом этанола до уксусного альдегида в кислой среде.

Стандартные потенциалы для электродных процессов:



равны соответственно: а) +1,13 В; б) +0,699 В; в) -0,12 В; г) +0,19 В.

1973. Раствор 1,4-нафтохинона с концентрацией 0,05 моль/л титровали раствором FeCl_2 с концентрацией 0,033 моль/л. Оба раствора содержали 1 моль/л HCl и этанол (50 об. %). Измеряли разность потенциалов между платиновым электродом в титруемом растворе и каломельным электродом в этом же растворе. После добавления к 17,1 мл раствора 1,4-нафтохинона 0,25 мл раствора FeCl_2 э.д.с. цепи составляла 264 мВ.

Средний коэффициент активности HCl в растворе равен 0,81; стандартный потенциал каломельного электрода равен 253,1 мВ (относительно водородного электрода в том же растворителе).

1) Запишите уравнение реакции между 1,4-нафтохиноном и Fe (II).

2) Какая реакция происходит при прохождении тока через каломельный полуэлемент? Запишите выражение, определяющее потенциал каломельного электрода.

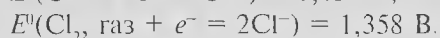
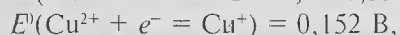
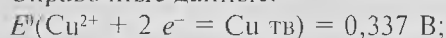
3) Рассчитайте стандартный окислительно-восстановительный потенциал 1,4-нафтохинона, считая коэффициенты активности органических веществ равными 1.

1974. $[\Delta_r G_{298}^0]_{\text{CuCl}_2, \text{тв}} = -118,41 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$.

1) Рассчитайте произведение растворимости CuCl в воде, $\Delta_r G_{298}^0$ реакции $\text{CuCl}_{\text{тв}} = \text{Cu}^+ + \text{Cl}^-$ и стандартную э.д.с. (ΔE^0 , В) соответствующего гальванического элемента.

2) Предложите пару полуреакций, происходящих в этом элементе, и рассчитайте их стандартные электродные потенциалы. Запишите этот элемент.

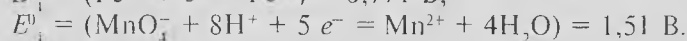
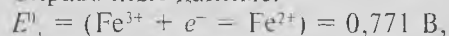
Справочные данные:



1975. 15,0 мл раствора, содержащего соль Мора (0,01 моль/л) титровали при $\text{pH} = 1$ раствором перманганата калия (0,01 моль/л).

1) Рассчитайте кривую окислительно-восстановительного титрования.
2) Какой окислительно-восстановительный индикатор подошел бы для определения точки эквивалентности, если бы перманганат-ион не имел собственной окраски? Учтите, что приемлемым считают индикатор, который меняет окраску в пределах $\pm 0,1 \%$ от точки эквивалентности.

Справочные данные:



Индикатор	Цвет форм		E^0 , В при $[\text{H}^+] = 1$ моль/л
	восстановленной	окисленной	
Моносультфониндиг	Бесцветный	Синий	0,26
Метиленовый синий	»	Сине-зеленый	0,36
Нафтолсульфоновая кислота	»	Красный	0,67
Дифениламин	»	Фиолетовый	0,76
Дифениламинсульфоновая кислота	»	Красно-фиолетовый	0,85
Эриоглуцин А	Зеленый	Красный	1,00
Ферроин	Красный	Бледно-синий	1,05
<i>n</i> -Нитродифениламин	Бесцветный	Фиолетовый	1,06
<i>N</i> -Фенилантрапиловая кислота	»	Красный	1,08
<i>n</i> -Нитроферроин	Фиолетово-красный	Бледно-синий	1,25
о,о'-Дифениламиндикарбоновая кислота	Бесцветный	Сине-фиолетовый	1,26

1976. Образец натриевой селитры содержал примеси $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Навеску селитры массой 0,2125 г растворили в 50 мл дистиллированной воды, погрузили в полученный раствор кальций-селективный электрод и измерили при 25 °С э.д.с. цепи с переносом с кальций-селективным электродом, хлоридсеребряным полуэлементом сравнения и соевым мостиком, заполненным насыщенным раствором KCl (E_1). К пробе прибавили 1,0 мл раствора CaCl_2 с концентрацией 0,016 моль/л и снова измерили э.д.с. (E_2).

- 1) Запишите схему использованной цепи с переносом.
- 2) Какая окислительно-восстановительная реакция происходит при прохождении тока через хлоридсеребряный полуэлемент? Запишите выражение, определяющее электродный потенциал хлоридсеребряного электрода.
- 3) Определите массовую долю $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ в образце селитры, если э.д.с. равнялись: $E_1 = -6,8$ мВ, $E_2 = 3,0$ мВ.
- 4) Какие из приведенных ниже аналитических методик обеспечивают высокую точность определения содержания кальция в исходном растворе: комплексонометрическое титрование при pH 10 с металлохромным индикатором эриохром черный Т (концентрация трилона Б 0,100 моль/л); гравиметрическое определение при помощи оксалата натрия при взвешивании осадка на обычных аналитических весах; атомно-абсорбционное определение? Ответ обоснуйте.
- 5) Если к исходному раствору прибавить 0,201 г $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, то э.д.с. цепи составит $E_3 = -110,4$ мВ. Рассчитайте произведение растворимости оксалата кальция (учтите, что кальций-селективный электрод можно использовать в кальций-буферных растворах для измерения $p\text{Ca} < 10,00$).

1977. В промышленности гидроксид натрия обычно получают электролизом достаточно концентрированного водного раствора хлорида натрия в электролизерах с диафрагмой, стальным катодом и угольным анодом.

- 1) 1 л раствора NaCl с концентрацией 311,2 г/л подвергли электролизу постоянным током силой 2 А в течение 2 час при напряжении 4 В. По окончании электролиза объем раствора практически не изменился. На титрование аликвоты 10,00 мл полученного раствора расходуется 13,40 мл раствора хлороводородной кислоты с концентрацией 0,100 моль/л. Рассчитайте выход NaOH по току.
- 2) Рассчитайте минимальное теоретически необходимое напряжение, которое следует приложить к электролитической ячейке с описанным раствором, чтобы процесс электролиза начался (температура 25°C , парциальные давления газов над раствором $p(\text{H}_2) = p(\text{Cl}_2) = 1$ атм, среда раствора нейтральная — $p\text{H} = 7$).
- 3) Оцените, какова доля полезно израсходованной при электролизе раствора NaCl электроэнергии.
- 4) Рассчитайте энергию (Дж; кВт · час), необходимую для производства в указанных условиях 1 т NaOH .
- 5) Запишите уравнения основных и побочных реакций, происходящих на электродах при электролизе.
- 6) Какие еще способы производства гидроксида натрия вам известны? Запишите соответствующие уравнения реакций, укажите условия их проведения.

Справочные данные: энергия Гиббса образования ионов в водных растворах из простых веществ при стандартных условиях: $\Delta G_{298}^0(\text{H}^+) = 0$; $\Delta G_{298}^0(\text{Cl}^-) = -131,17$ кДж/моль. Число Фарадея $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль.

1978. Водный раствор массой 1 кг, содержащий 0,1775 г вещества А и 0,85 г вещества Б, внесли в электролизер с платиновыми электродами. Через раствор в течение 8 минут пропускали постоянный ток силой 0,1 А. В результате электролиза на катоде выделилось 0,0537 г простого вещества В, а на аноде — 0,01765 г газа Г (выход по току 100 %). В растворе после электролиза, кроме А и Б, нет никаких растворенных веществ, причем масса вещества А равна 0,0892 г, а масса Б — 0,867 г.

- 1) Определите вещества А — Г.
- 2) Напишите уравнения реакций, происходящих при электролизе на электродах.
- 3) Рассчитайте молярные концентрации веществ А и Б в исходном растворе.

1979. Докажите, что 0,1 моль CuS растворяется в 1 л раствора азотной кислоты с концентрацией 1 моль/л, но не растворяется в 1 л хлороводородной кислоты такой же концентрации.

Справочные данные:

$$E^0(\text{S}/\text{S}^{2-}) = -0,48 \text{ В}; \quad E^0(\text{NO}_3^-/\text{NO}_{(\text{гк})}) = 0,96 \text{ В}$$

$$\text{p}K_{a_1}(\text{H}_2\text{S}) = 7; \quad \text{p}K_{a_2}(\text{HS}^-) = 13; \quad K_{sp}(\text{CuS}) = 10^{-35}.$$

Образованием комплексов Cu^{2+} с хлорид-ионами можно пренебречь.

1980. Найдите электродвижущую силу (э.д.с.) гальванического элемента



при 25 °С по термодинамическим данным, напишите уравнения электродных реакций и суммарной реакции.

Вещество	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	ΔS_{298}^0 , Дж/моль · К
$\text{Hg}_2\text{Br}_2 \downarrow$	-206,77	212,97
$\text{AgBr} \downarrow$	-99,50	15,4
Hg		77,40
Ag		42,68

СОСТАВ И НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1981. Приведите название следующих комплексных соединений, укажите внутреннюю и внешнюю сферы, комплексообразователь

и лиганды, степень окисления комплексообразователя и его координационное число.

а) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$;

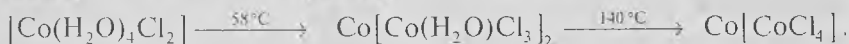
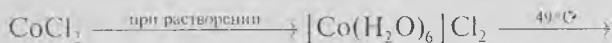
б) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;

в) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$, $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$;

д) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, $\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$.

1982. Если смочить раствором хлорида кобальта (II) фильтровальную бумагу, а затем осторожно высушить ее над пламенем горелки, то бумага посинеет.

Это связано со следующими превращениями:



Назовите комплексные соединения и укажите, к какому типу комплексов они относятся.

1983. Составьте молекулярные уравнения реакций, по которым можно получить:

а) тетрагидроксоцинкат калия при растворении гидроксида цинка в водном растворе гидроксида калия;

б) сульфат тетрааквамеди (II) при растворении безводного сульфата меди в воде;

в) сульфат тетраамминмеди (II) при добавлении к раствору сульфата меди водного раствора аммиака;

г) хлорид диамминсеребра при растворении хлорида серебра в водном растворе аммиака.

1984. Определите заряды комплексных ионов, образованных хромом (III):

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]$, $[\text{Cr}(\text{OH})_6]$, $[\text{Cr}(\text{CN})_6]$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$, $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$.

1985. На какие ионы в водных растворах полностью диссоциируют комплексные соединения: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{SCN})_6]$.

1986. На какие ионы в водных растворах диссоциируют комплексные соединения, состав которых выражается следующими молекулярными формулами:

а) $\text{CoBr}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{NH}_3$, $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ (координационное число кобальта (III) равно 6);

б) $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$, $\text{PtCl}_4 \cdot 3\text{NH}_3$ (координационное число платины (IV) равно 6);

в) $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$, $\text{PtSO}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ (координационное число платины (II) равно 4).

1987. Золото растворяется в царской водке, образуя комплексное соединение, растворимое в воде:



Какие элементы изменяют степени окисления в приведенном уравнении реакции? Подберите коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

1988. Для кобальта (III) известны соединения состава $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$, $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$, $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ (координационное число кобальта равно 6). При действии раствора AgNO_3 на растворы, содержащие по 1 моль этих соединений, обнаружено, что из первых двух растворов легко осадить 3 моль хлорид-ионов, из третьего — 2 моль, из четвертого — 1 моль. Составьте координационные формулы приведенных соединений.

1989. Известно, что соединение состава $\text{Co}(\text{SO}_4)\text{Br} \cdot 5\text{NH}_3$ имеет два изомера. Из раствора первого изомера при добавлении избытка AgNO_3 выпадает желтый осадок AgBr , а из раствора второго изомера — белый осадок AgSO_4 . Составьте координационные формулы изомеров.

1990. Предложите координационную формулу соединения $\text{CoCl}_3\text{H}_{15}\text{N}_5$, если известно, что при действии на 100 мл 0,1 моль/л раствора этого вещества раствором нитрата серебра на холоду образуется 2,87 г осадка, а при прибавлении нитрата серебра к такому же количеству горячего раствора выпадает 4,305 г осадка. Запишите уравнение соответствующей реакции. Какую роль играет нагревание?

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1991. Напишите формулы:

- хлоропентамминкобальта (III) хлорида,
- октахлорогексааквагексамолибдена (II) бромид,
- μ -амидо- μ -гидроксооктаминдикобальта (III) нитрата.

1992. Заполните таблицу:

№	Комплекс	Состояние гибридизации центрального иона	Геометрия	Число неспаренных электронов
1	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$			
2	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_4]^+$			
3	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$			
4	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_3]^{2+}$			

1993. Заполните таблицу:

№	Комплекс	Состояние гибридизации центрального иона	Геометрия	Число неспаренных электронов
1	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$			
2	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$			
3	$[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$			
4	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$			
5	$[\text{NiCl}_4]^{2-}$			

1994. Заполните пропуски в таблице.

№	Комплекс	Число неспаренных электронов	Гибридизация орбиталей центрального иона
1	FeEn_3^{2+}		
2	FeF_6^{3-}		
3	NiCl_4^{2-}		
4	$\text{Co}_2(\text{CO})_8$		
5	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$		
6	SbF_6^-		

1995. В таблице приведены значения эффективных магнитных моментов некоторых комплексных соединений. Продолжите заполнение таблицы.

№	Комплекс	μ , м.Б.	Число неспаренных электронов	Внешне или внутриорби- тальный (+/-)	μ (вы- чис- лено), м.Б.	Гибридиза- ция орбита- лей цент- рального иона
1	$\text{Cr}(\text{dipy})_3^{3+}$	3,3				
2	$\text{Mn}(\text{CN})_6^{4-}$	1,8				
3	$\text{Mn}(\text{CN})_6^{3-}$	3,2				
4	$\text{Mn}(\text{Acac})_3^0$	5,0				
5	FeEn_3^{2+}	5,5				
6	FeDipy_3^{2+}	0				
7	FeFe_6^{3-}	6,0				
8	$\text{Ni}(\text{CO})_4$	0				
9	FePhen_3^{3+}	2,5				

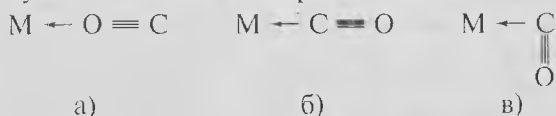
1996. Известен нейтральный карбонил никеля (0).

1) Каков его стехиометрический состав? (Для ответа воспользуйтесь «правилом 18 электронов».)

2) Запишите формулы изоэлектронных ему карбонилы кобальта и железа.

3) Каково пространственное строение этих трех карбонилы?

4) Можно представить 3 возможных способа координации молекулы CO комплексообразователями:



а)

б)

в)

Запишите электронную формулу молекулы CO и на основе ее обсуждения объясните, почему способ координации б) более вероятен, чем а). Как экспериментально установить, какой из вариантов координации [а), б) или в)] имеет место в действительности?

5) Для свободной молекулы CO частота валентных колебаний связи C—O равна 2155 см^{-1} . Расположите CO и изоэлектронные карбонилы никеля, кобальта и железа в ряд по уменьшению ν_{CO} , объясните свой ответ.

6) В карбониле никеля одну из молекул CO можно заместить хлорид-ионом. Как Вы считаете, повлияет ли это на ν_{CO} молекул, оставшихся координированными, и если да — то как?

1997. «Соберите в одном зале приглашенных наудачу 100 химиков и спросите их, что они предпочитают: приступить к разделению смеси соединений ниобия и тантала или отправиться сейчас на товарную станцию целую ночь таскать мешки с цементом. Можете добавить, что станционный транспортер испорчен, половина мешков дырявые и что вообще ожидается проливной дождь с градом. Не сомневаюсь, что после секундной паузы из всех глоток вырвется дружный крик: — На станцию!..» (Ю.Я. Фиалков, из книги «Свет невидимого»).

Ниже приведены некоторые характеристики элементов VB-группы:

Характеристика	V	Nb	Ta
Атомный радиус, нм	0,134	0,145	0,146
Ионный радиус, E(+5), нм	0,040	0,068	0,068
Сумма первых пяти потенциалов ионизации атома, эВ	169	135	121
Объем водорода, мл, поглощаемый 1 г металла (25°C, P = 1 атм)	157	104	55,6
Фторокомплексы E(+5)	$[\text{VF}_6]^-$	$[\text{NbF}_7]^{2-}$	$[\text{TaF}_7]^{2-}$

1) Объясните, почему свойства элементов ниобия и тантала почти совпадают, и, напротив, резко отличаются от свойств ванадия.

2) Для всех элементов VA-группы, даже для висмута, известны летучие соединения EH_3 , а элементы группы VB таких соединений не образуют. Почему? По данным таблицы определите состав соединений ванадия, ниобия и тантала с водородом. Укажите, к какому классу веществ они принадлежат и какого типа связей следует ожидать в этих соединениях.

3) Укажите характерные степени окисления элементов VB-группы и приведите по одному примеру соответствующих соединений.

4) Укажите геометрию ионов $[\text{VF}_6]^-$, $[\text{EF}_7]^{2-}$ и состояние гибридизации центральных атомов. Объясните, почему состав комплексов ванадия(V) с фторид-ионами отличается от состава подобных комплексов ниобия и тантала.

5) Для разделения Nb и Ta используют экстракцию соединений H_2EF_7 некоторыми органическими растворителями. При смешивании водного раствора с концентрациями: HNO_3 3 моль/л, HF 0,05 моль/л и $E(\text{V})$ 0,01 моль/л с равным объемом органического растворителя остаточная концентрация Nb в водном растворе составляет 0,009 моль/л, а Ta — 0,0005 моль/л. Рассчитайте, какой фактор разделения Nb и Ta будет достигнут, если последовательно трижды выполнить экстракцию металлов из водных растворов? Считайте, что начальные концентрации $c^0(\text{Nb}) = c^0(\text{Ta}) = 0,01$ моль/л.

Фактор разделения $S_{\text{B/A}} = \frac{Q_{\text{B}} / Q_{\text{A}}}{Q_{\text{B}}^0 / Q_{\text{A}}^0}$, где Q_{B}^0 и Q_{A}^0 — начальные количества вещества компонентов A и B; Q_{B} и Q_{A} — количества вещества компонентов A и B после разделения.

1998. Растворимость (S) хлорида серебра в воде немонотонно меняется с ростом равновесной концентрации хлорид-ионов.

1) Укажите, какие слагаемые входят в выражение для S .

2) С использованием произведения растворимости (K_{sp}) и общих констант устойчивости хлорокомплексов $\text{Ag}(\text{I})$ (β_i) запишите уравнение зависимости S от $[\text{Cl}^-]$.

1999. В 1951 г. Н.П. Комарь и В.Н. Толмачев исследовали взаимодействие кобальта (II) с нитрозо-Р-солью (1,2,3,6-нитрозо-нафтолдисульфонатом натрия). В этой реакции Co (II) в присутствии растворенного кислорода образует с нитрозо-Р-солью одно окрашенное комплексное соединение Co (III). Через 16—18 часов после смешивания реагентов при 570 нм измеряли светопоглощения растворов в кювете длиной $l = 2,1$ см. Измерения проводили при $\text{pH} = 4,12$, общем объеме растворов 50,0 мл; рабочие растворы Co (II) и нитрозо-Р-соли имели концентрацию $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

В условиях эксперимента нитрозо-Р-соль находится в форме аниона NR^{2-} , а в состав комплекса с Co(III) входит лиганд R^{3-} . Экспериментальные данные приведены в таблицах. Постоянная Генри для растворимости кислорода в воде при 28°C $\lambda = 861 \text{ атм} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{л}$.

- 1) Назовите ограничения метода Остромысленского-Жоба.
- 2) Определите стехиометрический состав комплекса.
- 3) Найдите молярный коэффициент поглощения комплекса.
- 4) Запишите уравнение реакции образования комплекса и рассчитайте константу ее равновесия, оцените погрешность определения.

ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА КОМПЛЕКСА ПО МЕТОДУ ОСТРОМЫСЛЕНСКОГО-ЖОБА И РАСЧЕТА МОЛЯРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ

№	Объемы растворов, мл			Светопоглощения растворов
	Co^{2+}	NR^{2-}	буфер	
1	24,0	6	20	0,28
2	19,5	10,5	20	0,62
3	15,0	15,0	20	0,95
4	12,0	18,0	20	1,14
5	10,0	20,0	20	1,32
6	7,5	22,5	20	1,48
7	6,0	24,0	20	1,29
8	3,0	27,0	20	0,64
9	1,0	29,0	20	0,23

Данные для определения константы равновесия

№	Начальные концентрации, моль/л		Светопоглощения растворов
	Co^{2+}	NR^{2-}	
10	0,00005	0,00015	0,18
11	$6,67 \cdot 10^{-5}$	0,0002	0,33
12	0,0001	0,0003	0,63
13	0,000133	0,0004	0,96
14	0,000167	0,0005	1,27

2000. В работе красноярских химиков В.А. Федорова и соавт. (Координационная химия, 1984, 10, С. 497) изучена растворимость хлорида таллия (I) в растворах с суммарной концентрацией $\text{KF} + \text{KCl}$ 4 моль/л. Зависимость растворимости от равновесной концентрации хлорид-ионов в растворе над осадком TlCl приведены в таблице.

1) Предложите метод, позволяющий определить состав таллий-содержащих форм в растворе и рассчитать константы равновесия реакций, ответственных за переход таллия из твердой фазы в раствор.

2) Рассчитайте соответствующие константы равновесия.

3) В чем состоит роль фторида калия, добавленного в раствор?

$[\text{Cl}^-]$, моль/л	Растворимость PbCl_2 (S), моль/л
0,04	0,0194
0,065	0,0127
0,13	0,00676
0,255	0,00378
0,5	0,00277
1	0,00178
2	0,00173

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

2001. Устройте «извержение вулкана». Для этого приготовьте пластилин, соду, уксус, жидкость для мытья посуды, красный пищевой краситель, глубокую тарелку.

Сначала «изготовьте вулкан». Слепите из пластилина плоское основание и полый конус для верха с дырочкой, защепите их вместе по краям. Размер «вулкана» должен быть таким, чтобы в него поместилось 2—3 столовые ложки воды. Поставьте «вулкан» на тарелку.

Зарядите «вулкан». Для этого смешайте чайную ложку жидкости для мытья посуды с небольшим количеством красного пищевого красителя и добавьте туда одну чайную ложку соды, перемешайте и вылейте в «вулкан». А затем в жерло «вулкана» налейте немного уксуса. Практически сразу начнется «извержение вулкана».

Объясните, что происходит на самом деле и составьте уравнение соответствующей химической реакции.

2002. Хроматография.

А. Возьмите стеклянную трубку длиной 20 см, диаметром 1 см. Нижний конец ее закройте ватным тампоном и насыпьте слой сорбента (обыкновенный крахмал) высотой 10 см. Приготовьте раствор хлорофилла. Налейте в трубку 2 мл этого раствора. Когда хлорофилл пропитает слой сорбента наполовину, пропустите через трубку 3—4 мл спирта. В этом слое появятся два кольца, окрашенные в разные цвета, нижнее — в желто-зеленый, верхнее — серо-зеленый. Это можно объяснить тем, что хлорофилл разделился на две модификации.

Б. Разболтайте в спирте крахмал, вылейте его на предметное стекло и высушите. На эту пластинку капните 1 каплю исследуемого вещества (можно взять чернила или настойку валерианы). Когда пят-

но высохнет, нанесите в середину 1 каплю спирта. Вы получите хроматограмму с разноцветными кольцами. В данном опыте можно использовать также фильтровальную бумагу.

В. Налейте в стакан спирт, опустите в него пластинку с ранее нанесенным крахмалом и каплей исследуемого вещества. Накройте стакан крышкой. Спирт будет подниматься по сорбенту и разделять смесь на составные части. На хроматограмме появятся разноцветные полосы.

Г. Оказывается обычный школьный мел можно использовать для хроматографии. Возьмите длинный кусок мела, на одной его стороне нанесите карандашом линейку, ставя метки через 2 мм. На расстоянии 1 см от конца мела нанесите полосу синим, а поверх — желтым фломастером. В результате смешения цветов получилась зеленая полоска. Поместите в небольшую коническую колбу кружок фильтровальной бумаги, налейте в колбу 4—5 мл смеси ацетона и воды (10:1). Вертикально опустите на дно колбы кусок мела, чтобы цветная полоска не касалась поверхности жидкости, и прикройте горло колбы фильтровальной бумагой. Приблизительно через час на куске мела образуются два кольца синего и желтого цвета — смесь хроматографически разделилась.

ЧАСТЬ 2

ОТВЕТЫ
И КОММЕНТАРИИ
К ЗАДАЧАМ



ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

ВЕЩЕСТВА И ИХ СВОЙСТВА

1. Все перечисленные вещества широко используются в современной жизни: ртуть — для производства термометров, манометров, ламп дневного света; уксус и сода — при приготовлении пищи; квасцы — при выделке кожи; купорос — для борьбы с вредителями и болезнями растений; бура — при приготовлении эмалей, глазурей, в производстве оптического и цветного стекла; свинцовые белила — для изготовления красок; сажа — для изготовления печатных красок; медь — для изготовления сплавов, труб, арматуры; олово — в производстве белой жести для консервной промышленности; сера — для производства спичек, пороха, для вулканизации каучука; соединения мышьяка — в стоматологической практике; железо — основа чугуна и стали; нашатырь — при пайке металлов; свинец — для производства аккумуляторов, кабелей, подшипниковых сплавов; золото и серебро — для изготовления ювелирных изделий; соляная кислота — для чистки поверхности металлов, посуды, паровых котлов, кипятильников; царская водка растворяет золото, платину, металлы и сплавы, нерастворимые в обычных кислотах.

2. Малахит, хлопок, жемчуг, мел. Витамин С можно выделить из растительного сырья, а можно получить искусственным путем. Натуральный шелк и бумагу изготавливают из природных веществ.

3. Золото — твердое вещество желтого цвета, блестящий, мягкий, самый ковкий и пластичный металл.

Серебро — твердое вещество белого цвета с характерным «серебристым» блеском, мягкий и пластичный металл.

Олово — твердое вещество белого цвета с серебристым блеском, очень мягкий, ковкий и пластичный металл.

Свинец — твердое вещество серого цвета с синеватым оттенком, очень мягкий, ковкий и пластичный металл.

Медь — твердое вещество красноватого цвета, блестящий, мягкий, ковкий и пластичный металл.

Железо — твердое вещество белого цвета с серебристым блеском, относительно мягкий, ковкий и пластичный металл.

4. _____ 1 — графит, 2 — кислород, 3 — ртуть.

5. _____ 1 — физическое, 2 — физическое, 3 — химическое, 4 — физическое.

6. _____ 1, 2, 3 — физические; 4, 5, 6 — химические.

7. _____ 1, 2, 3, 4 — физические; 5, 6 — химические.

8. _____ Растворение сахара; плавление масла, заваривание чая, засахаривание варенья.

9. _____ Физические явления: накаливание, нагревание, выпаривание, дистилляция. Посуда: песчаная баня, реторта. Вещества: философская ртуть (ртуть), красный лев (киноварь), виноградный спирт.

10. _____ Окраска, плотность, температура плавления, температура кипения, электропроводность, теплопроводность, ковкость. Химические свойства двух образцов алюминия будут одинаковыми.

ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ, СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ

11. _____ Чистые вещества: озон, дистиллированная вода, парафин, ртуть, железо, тиган, уксусная кислота, сахар, сера, сода, йод, лед.

12. _____

Агрегатное состояние веществ в смеси	Неоднородные смеси	Однородные смеси
Твердое — твердое	гранит	латунь, бронза, золото 583 пробы
Жидкое — твердое	грунт	морская вода
Жидкое — жидкое	молоко	водка
Газообразное — жидкое	туман	—
Газообразное — газообразное	—	воздух

13. _____ а) просивание (размер частиц); б) и в) отстаивание (плотность); г) разделение под действием магнита (магнетизм); д) и е) фильтрование (размер частиц) и выпаривание, осушка (температура кипения жидкости).

14. _____ Железо — разделение с помощью магнита; поваренная соль — растворение в воде, фильтрование, выпаривание; йод — возгонка.

15. _____



а)



б)

16. _____ г), д) и е).

17. _____ а) и б) — воспользоваться магнитом.

18. _____ Из-за отсутствия силы тяжести эти методы применять нельзя.

19. _____ Например, для отделения виноградного сока.

20. _____ В состав морской воды входят соли натрия, калия, магния, кальция (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, бромиды, йодиды), органические вещества и другие компоненты. Чистую воду из морской можно получить методом перегонки. Для того чтобы получить чистый хлорид натрия, нужно упарить морскую воду до начала образования осадка, а затем насытить раствор хлороводородом, что вызовет выпадение хлорида натрия в осадок. Метод перекристаллизации сухого остатка после выпаривания морской воды до суха является непригодным, поскольку растворимость хлорида натрия мало зависит от температуры.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА

21. _____ А. Атом. Б. Молекула. В. Атом. Г. Ион.

22. _____ А. Простые вещества; Б, В, Г — элементы.

23. _____ в) и г).

24. _____ А и В.

25. _____ Б, В, Г.

26. _____ б) и в).

27. _____ а) и г).

28. _____ Г.

29. _____ а), б), в), г) — вещество; а) — молекула.

30. _____ в) или г).

МЕТАЛЛЫ КАК ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

- 31. Литий.
- 32. Иридий, осмий.
- 33. Галлий.
- 34. Вольфрам.
- 35. Ртуть.
- 36. Медь.
- 37. Золото, цезий.
- 38. Технеций.
- 39. Натрий, калий, кальций.
- 40. Медь, серебро, золото.

НЕМЕТАЛЛЫ КАК ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

- 41. Водород, азот, кислород, хлор, фтор, благородные газы.
- 42. Бор, углерод, кремний, фосфор, сера, германий и др.
- 43. Бром.
- 44. Графит.
- 45. Кремний, германий.
- 46. Сера, фосфор, йод и др.
- 47. Благородные газы.
- 48. Фтор.
- 49. Углерод, азот, кислород, сера, благородные газы.
- 50. Фтор, хлор, бром, йод.

ХИМИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

- 51. C, O, Mg, Ar, Ti, As, Cu, Au, Am.
- 52. S, H, C, Cl, O, N.

53. Натрий, кальций, хром, марганец, железо, вольфрам, ртуть, серебро, лантан.
54. He, Ne, Ar, Kr, Xe, Ar.
55. а) F_2 ; б) O_3 ; в) P_4 ; г) S_8 .
56. а) CO_2 ; б) CO ; в) $C_2H_4O_2$; г) $C_6H_{12}O_6$.
57. Три атома кислорода; одна молекула озона; два атома водорода; одна молекула водорода; три молекулы пероксида водорода; одна молекула серной кислоты; пять молекул серной кислоты
58. В двух молекулах CO_2 содержится два атома С и четыре атома О; в трех молекулах H_2S содержатся шесть атомов Н и три атома S; в десяти молекулах C_3H_6O содержатся 20 атомов С, шестьдесят атомов Н и десять атомов О.
59. CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_6H_6 .
60. C_{60} — содержит 60 атомов, а C_{70} — 70 атомов углерода.

ВАЛЕНТНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ. СОСТАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

61. Одновалентны (I).
62. Двухвалентны (II).
63. Трехвалентный (III).
64. Cl(I).
65. S(II).
66. O(II), C(IV), S(IV), Mn(IV), Pb(IV).
67. Na_2O , MgO , Al_2O_3 , CO_2 , N_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 .
68. Cs_2O , Cu_2O , CuO , FeO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , CrO_3 , Mn_2O_7 .
69. NH_3 , $MgCl_2$, Na_2S , Ca_3P_2 , P_2O_5 , KI , SiH_4 .
70. а) A_2O ; б) AO ; в) A_2O_3 ; г) A_2O_b .

АТОМНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ АТОМНЫЕ МАССЫ

71. $A_r(H) = 1$; $A_r(O) = 16$; $A_r(N) = 14$; $A_r(S) = 32$; $A_r(P) = 31$.

$$72. \quad m(\text{C}) = 12,011 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,994 \cdot 10^{-26} \text{ кг} = 1,994 \cdot 10^{-23} \text{ г.}$$

$$m(\text{Pb}) = 207,2 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 3,44 \cdot 10^{-25} \text{ кг} = 3,44 \cdot 10^{-22} \text{ г.}$$

73. _____

Элемент	Атомная масса A , а. е. м.	Молярная масса атомов M , г/моль	Масса атома m , кг
F	19	19	$3,15 \cdot 10^{-26}$
Cl	35,5	35,5	$5,88 \cdot 10^{-26}$
Br	80	80	$1,33 \cdot 10^{-25}$
I	127	127	$2,11 \cdot 10^{-25}$

74. _____ а) Ne, Ca (или Ar), Br, Hg;

б) $A(\text{O}) : A(\text{S}) = 16 : 32 = 1 : 2$ (возможны другие примеры);

в) $A(\text{C}) : A(\text{Ti}) = 12 : 48 = 1 : 4$ (возможны другие примеры).

75. _____ На аналитических весах масса вещества измеряется с точностью до 0,0001 г.

а) $2,66 \cdot 10^{-23} \cdot 10\,000 = 2,66 \cdot 10^{-19} \text{ г}$ (нет);

б) $2,66 \cdot 10^{-23} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 16,01 \text{ г}$ (да).

$$76. \quad A(\text{H}) = \frac{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г/а.е.м.}} = 1 \text{ а.е.м.}$$

$$M(\text{H}_2) = \frac{3,32 \cdot 10^{-27} \text{ г}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г/а.е.м.}} = 2 \text{ а.е.м.}$$

$$A(\text{O}) = 16 \text{ а.е.м.}; M(\text{O}_2) = 32 \text{ а.е.м.}$$

77. _____ Средневзвешенная масса равна сумме произведений атомной массы каждого нуклида на его относительное содержание:

$$A = \omega(^{35}\text{Cl})A(^{35}\text{Cl}) + \omega(^{37}\text{Cl})A(^{37}\text{Cl}).$$

а) 35; б) 35,5; в) 36; г) 36,5; д) 37.

$$78. \quad A = \frac{0,340 \cdot 36 + 0,060 \cdot 38 + 99,6 \cdot 40}{100} = 39,9852.$$

79. _____ Относительное содержание ^1H обозначим x , тогда относительное содержание $^2\text{H} - (1 - x)$.

$$1 \cdot x + 2(1 - x) = 1,008, \text{ откуда } x = 0,992.$$

$$80. \quad A = \frac{56 \cdot 45,8 + 57 \cdot 54,2}{100} = 56,5 \text{ (железо)}.$$

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАССЫ

81. а) 71, 48, 124, 256; б) 36,5; 81; 128; в) 47, 63; г) 98, 98.

82. а) 159,5; 142; 342; б) 106, 286; в) 180.

83. а) Примерно одинаковы; б) U.

84. а) Примерно одинаковы; б) 6 молекул HCl.

85. $M(\text{CH}_4) = 16$ а. е. м.

86. $n = \frac{278 - 152}{18} = 7.$

87. Сравните молекулярные массы:
 $M(\text{HgS}) = 232$ а. е. м., $M(\text{SiO}_2) = 60$ а. е. м.

88. $M_{\text{взв.}} = 28 \cdot 0,7551 + 32 \cdot 0,2315 \approx 29$ (а. е. м.).

89. $M_r(\text{C}_2\text{H}_2) = 26$; $M_r(\text{C}_4\text{H}_4) = 56$; $M_r(\text{C}_6\text{H}_6) = 78$.

90. Атомная масса A — x, атомная масса B — y.

$$\begin{cases} \frac{x}{y} = 1,4375 \\ x + y = 39 \end{cases}, \text{ откуда } x = 23, y = 16.$$

$M_r(\text{Na}_2\text{O}) = 62.$

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА, МОЛЯРНАЯ МАССА, МОЛЯРНЫЙ ОБЪЕМ, ПОСТОЯННАЯ АВОГАДРО

91. $n(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})}$

а) $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$ г/моль, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1$ моль;

б) $M(\text{KClO}_3) = 122,5$ г/моль, $n(\text{KClO}_3) = 0,1$ моль.

в) $M(\text{CaCO}_3) = 100$ г/моль, $n(\text{CaCO}_3) = 3$ моль.

92. $n(\text{A}) = \frac{N(\text{A})}{N_A}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

а) $n(\text{H}_2) = 2$ моль;

б) $n(\text{CO}_2) = 10$ моль;

в) $n(\text{H}_2\text{S}) = 20$ моль.

93. $n(\text{A}) = \frac{V(\text{A})}{V_m}$, $V_m = 22,4$ л/моль при н. у.

а) $n(\text{N}_2) = 5,0 \cdot 10^{-5}$ моль;

б) $n(\text{CO}_2) = 2$ моль;

в) $n(\text{O}_2) = 4,46 \cdot 10^{-3}$ моль.

94. $m(\text{A}) = M(\text{A}) \cdot n(\text{A})$, где $M(\text{A})$ — молярная масса вещества А.

а) $m(\text{O}_2) = 64$ г;

б) $m(\text{NH}_3) = 8,5$ г;

в) $m(\text{CH}_4) = 51,2$ г.

95. $N(\text{A}) = N_A \cdot n(\text{A})$, где N_A — постоянная Авогадро.

а) $N(\text{O}_2) = 1,204 \cdot 10^{24}$ молекул;

б) $N(\text{NH}_3) = 3,01 \cdot 10^{23}$ молекул;

в) $N(\text{CH}_4) = 1,926 \cdot 10^{24}$ молекул.

96. $V(\text{A}) = V_m \cdot n(\text{A})$, где V_m — молярный объем.

а) $V(\text{O}_2) = 44,8$ л;

б) $V(\text{NH}_3) = 11,2$ л;

в) $V(\text{CH}_4) = 71,68$ л.

97. $m(\text{Cl}_2) = 49,7$ г, $N(\text{Cl}_2) = 4,2 \cdot 10^{23}$ молекул, $V(\text{Cl}_2) = 15,68$ л;

$n(\text{CO}) = 0,15$ моль, $N(\text{CO}) = 9,03 \cdot 10^{22}$ молекул, $V(\text{CO}) = 3,36$ л;

$n(\text{NO}_3) = 0,005$ моль, $m(\text{NO}_3) = 0,23$ г; $V(\text{NO}_3) = 112$ мл;

$n(\text{HCl}) = 0,0005$ моль, $m(\text{HCl}) = 0,0182$ г, $N(\text{HCl}) = 3,01 \cdot 10^{20}$ молекул.

98. а) $N(\text{глюк.}) = \frac{100 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,34 \cdot 10^{23}$ молекул.

б) $N(\text{H}_2\text{O}) = \frac{100 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,34 \cdot 10^{24}$ молекул.

в) $N(\text{сах.}) + N(\text{H}_2\text{O}) = 3,68 \cdot 10^{24}$ молекул.

99. $V_{\text{комн}} = 7,5 \text{ м}^3$, $V(\text{O}_2) = 1,575 \text{ м}^3$,

$N(\text{O}_2) = \frac{1575 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 4,23 \cdot 10^{25}$ молекул.

100. а) $M = \frac{m}{n} = \frac{142 \text{ г}}{4 \text{ моль}} = 35,5 \text{ г/моль}$ (хлор);

б) 31 г/моль (фосфор);

в) 28 г/моль (кремний).

ПЛОТНОСТЬ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ГАЗА

101. а) Легче в 0,96 раз;

б) тяжелее в 1,1 раза;

в) тяжелее в 1,38 раз;

г) тяжелее в 1,52 раза.

102. Сравните молярные массы газов с молярной массой воздуха, легче воздуха: H_2 , CH_4 ; тяжелее воздуха: H_2S , NO_2 , SO_2 .

103. а) $\rho = \frac{m}{V} = \frac{1,806 \text{ г}}{0,5 \text{ л}} = 3,612 \text{ г/л}$;

б) $M = \rho V_m = 3,612 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 80,91 \text{ г/моль}$.

в) $D_{\text{нол}} = \frac{80,91 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 2,79$.

104. а) 0,965; б) 7; в) 0,552; г) 0,5.

105. 16 г/моль.

106. $M_{\text{газ}} = 37,8 \text{ г/моль}$, $n_{\text{газ}} = 0,25 \text{ моль}$, $m_{\text{газ}} = 9,45 \text{ г}$.

107. $M = 1,518 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 34 \text{ г/моль}$; PH_3 .

108. а) O_3 ; б) SO_2 .

109. а) $M_{\text{газ}} = 17 \text{ г/моль}$, $m_{\text{газ}} = \frac{1 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 17 \text{ г/моль} = 0,76 \text{ г}$.

б) $V_{\text{газ}} = \frac{5,1 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 6,72 \text{ л}$.

110. Для сухого льда $V_{\text{тл}} = \frac{44 \text{ г/моль}}{1,56 \text{ г/см}^3} = 28,2 \text{ см}^3/\text{моль}$;

Для углекислого газа $V_{\text{газ}} = \frac{44 \text{ г/моль}}{1,977 \text{ г/л}} = 22,26 \text{ л/моль}$ $\frac{V_{\text{газ}}}{V_{\text{тл}}} = 790$.

МАССОВЫЕ ДОЛИ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЕДИНЕНИЯХ

111. $\omega(\text{H}) = 0,111$ или 11,1%; $\omega(\text{O}) = 0,889$ или 88,9%.

112. В CO $\omega(\text{O}) = 0,571$, в CO_2 $\omega(\text{O}) = 0,727$.

113. а) $\omega(\text{O}) = 20\%$; б) $\omega(\text{O}) = 19,7\%$.

114. В FeO $\omega(\text{O}) = 22,3\%$, в Fe_2O_3 $\omega(\text{O}) = 30,0\%$, в Fe_3O_4 $\omega(\text{O}) = 27,6\%$.

115. $\omega(\text{N}) = \frac{M(2\text{N})}{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)} \cdot 100\% = 35,0\%$.

116. $\omega(\text{K}_2\text{O}) = \frac{M(\text{K}_2\text{O})}{M(2\text{KOH})} \cdot 100\% = 83,9\%$.

117. $\omega(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{M(\text{P}_2\text{O}_5)}{M(2\text{K}_2\text{HPO}_4)} \cdot 100\% = 40,8\%$.

118. $\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(7\text{H}_2\text{O})}{M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} \cdot 100\% = 45,3\%$.

119. $\omega(\text{Na}) = 14,3\%$, $\omega(\text{S}) = 9,9\%$, $\omega(\text{O}) = 69,6\%$ и $\omega(\text{H}) = 6,2\%$.

120. В CuFe_2S $\omega(\text{Cu}) = 30,6\%$, в $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ $\omega(\text{Cu}) = 57,5\%$, в Cu_2S $\omega(\text{Cu}) = 79,9\%$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА ПО ДАННЫМ О ЕГО КОЛИЧЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ

121. По данным количественного анализа определяют эмпирические формулы. Для неорганических соединений эмпирические формулы, как правило, совпадают с истинными. Если такого совпадения нет, необходимы дополнительные данные о молекулярной массе вещества.

Для химического соединения A_aB_b массовое отношение для элементов А и В равно отношению их атомных масс, умноженных на соответствующие нижние индексы а и b:

$$\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \frac{aA_r(\text{A})}{bA_r(\text{B})}, \text{ откуда } \frac{a}{b} = \frac{m(\text{A})A_r(\text{B})}{m(\text{B})A_r(\text{A})}.$$

$$\text{a) } \frac{a}{b} = \frac{1 \cdot 16}{8 \cdot 1} = \frac{2}{1} (\text{H}_2\text{O});$$

$$\text{б) } \frac{a}{b} = \frac{1 \cdot 16}{16 \cdot 1} = \frac{1}{1} (\text{HO}).$$

НО — эмпирическая формула пероксида водорода H_2O_2 .

122. Для решения этой задачи отношение нижних индексов

полезно переписать в форме
$$a : b = \frac{m(\text{A})}{A_r(\text{A})} : \frac{m(\text{B})}{A_r(\text{B})}$$

Определите массы серы:

$$m(\text{S}) = 0,75 \text{ г} - 0,27 \text{ г} = 0,48 \text{ г}.$$

Формула сульфида: Al_aS_b

Определение нижних индексов:
$$a : b = \frac{0,27}{27} : \frac{0,48}{32} = 0,01 : 0,015.$$

Нижние индексы должны быть целочисленными, поэтому их отношение нужно преобразовать к отношению целых чисел:

$$a : b = 0,01 : 0,015 = 2 : 3.$$

Формула сульфида алюминия: Al_2S_3 .

123. Пусть образец вещества A_aB_b массой m содержит (в массовых долях) $\omega(\text{A})$ элемента А и $\omega(\text{B})$ элемента В, тогда массовое отношение равно отношению массовых долей:

$$\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \frac{\omega(\text{A})m}{\omega(\text{B})m}, \text{ откуда } \frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \frac{\omega(\text{A})}{\omega(\text{B})}.$$

Тогда отношение нижних индексов можно записать в виде:

$$a : b = \frac{\omega(A)}{A_r(A)} : \frac{\omega(B)}{A_r(B)}$$

Данные для расчета:

$\omega, \%$	49,55	50,45
	Mn_a	O_b
A_r	55	16

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{49,55}{55} : \frac{50,45}{16} = 0,90 : 3,15 = 1 : 3,5 = 2 : 7.$$

В этом случае каждый индекс нужно разделить на наименьшее из всех значений (0,90), полученное отношение $1 : 3,5$ нужно умножить на такое число (2), чтобы значение $2 \cdot 3,5$ оказалось близким к целому (7).

Формула соединения Mn_2O_7 .

124. Данные для расчета формулы

первого хлорида:

$\omega, \%$	31,0	69,0
	Ti	Cl_b
A_r	48	35,5b

Формула расчета:

$$\frac{31,0}{48} = \frac{69,0}{35,5 \cdot b},$$

откуда $b = 3$

$TiCl_3$

второго хлорида:

$\omega, \%$	25,2	74,8
	Ti	Cl_b
A_r	48	35,5b

Формула расчета:

$$\frac{25,2}{48} = \frac{74,8}{35,5 \cdot b},$$

откуда $b = 4$

$TiCl_4$.

125. Данные для расчета:

$\omega, \%$	20,0	26,7	53,3
	Mg_a	S_b	O
A_r	24	32	16

Определение нижних индексов:

$$a : b : c = \frac{20,0}{24} : \frac{26,7}{32} : \frac{53,3}{16} = 0,83 : 0,83 : 3,33 = 1 : 1 : 4.$$

Формула соединения: $MgSO_4$.

126. Данные для расчета:

$\omega, \%$	11,8	19,5	68,7
	xNa_2O	yAl_2O_3	$zSiO_2$
M_r	62	102	60

Определите x , y и z :

$$x : y : z = \frac{11,8}{62} : \frac{19,5}{102} : \frac{68,7}{60} = 0,19 : 0,19 : 1,15 = 1 : 1 : 6$$

Формула минерала: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$.

127. Данные для расчета:

$\omega, \%$	25,5	12,8	25,6	36,1
	Cu_a	S_b	O_c	$x\text{H}_2\text{O}$
A_r	63,5	32	16	18

$$\text{Определение нижних индексов: } a : b : c : x = \frac{25,5}{63,5} : \frac{12,8}{32} : \frac{25,6}{16} : \frac{36,1}{18} = 0,40 : 0,40 : 1,60 : 2,00 = 1 : 1 : 4 : 5$$

Формула кристаллогидрата: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

128. Данные для расчета:

$\omega, \%$	43,6	56,4
	P_a	O_b
A_r	31	16

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{43,6}{31} : \frac{56,4}{16} = 1,4 : 3,5 = 1 : 2,5 = 2 : 5$$

Эмпирическая формула: P_2O_5 , молекулярная масса $M_r(\text{P}_2\text{O}_5) = 142$. Поскольку молекулярная масса оксида по условию задачи равна 280, истинная формула — P_4O_{10} .

129. Основными компонентами минерала являются алюминий и кислород.

Данные для расчета:

$\omega, \%$	52,684	46,786
	Al_a	O_b
A_r	27	16

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{52,684}{27} : \frac{46,786}{16} = 1,95 : 2,92 = 2 : 3$$

Эмпирическая формула минерала — Al_2O_3 . Из примесей наиболее существенна примесь хрома, обуславливающая окраску минерала. Минерал — рубин.

130. Данные для расчета:

$\omega, \%$	26,0	2,2	35,0	36,8
	Na_a	H_b	P_c	O_d
A_r	23	1	31	0

Определение нижних индексов: $a:b:c:d = \frac{26}{23} : \frac{2,2}{1} : \frac{35}{31} : \frac{36}{16} = 1,13 : 2,2 : 1,13 : 2,25 = 1 : 2 : 1 : 2$.

Эмпирическая формула: NaH_2PO_2 .

На основании уравнения реакции

$\text{PH}_3 + 2\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HPO} + 4\text{HI}$, кислота HPO неизвестна.

$\text{PH}_3 + 2\text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_2 + 4\text{HI}$, кислота H_3PO_2 существует.

Следовательно, эмпирическая формула совпадает с истинной

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА ПОДБОРОМ АТОМНОЙ МАССЫ

131. Данные для расчета:

$\omega, \%$	94,12	5,88
	A	H_b
A_r	A	$b \cdot 1$

Формула для расчета: $\frac{94,12}{A} = \frac{5,88}{b \cdot 1}$, откуда $A = 16 \cdot b$.

Подбор атомной массы.

Нижние индексы a и b в формуле химического соединения A_aH_b принимают целочисленные значения, поэтому $b = 1, 2, 3, 4 \dots 8$. В решении важно перебрать все значения валентности, кроме тех, которые исключаются по химическому смыслу.

Подбор атомной массы удобно проводить с помощью следующей таблицы:

Индекс b	1	2	3	4
Атомная масса A	16 — O	32 — S	48 — Ti	64 —
Формула AH_b	OH	H_2S	TiH_3	—

Условию задачи удовлетворяет соединение H_2S .

132. Данные для расчета:

$\omega, \%$	87,5	12,5
	A	H_b
A_r	A	$b \cdot 1$

Формула для расчета: $\frac{87,5}{A} = \frac{12,5}{b \cdot 1}$, откуда $A = 7b$.

Подбор атомной массы:

Индекс b	1	2	3	4	5
Атомная масса A	7 — Li	14 — N	21 —	28 — Si	35 —
Формула AH_b	LiH	NH_2	—	SiH_4	—

Условию задачи удовлетворяют три соединения: LiH , N_2H_4 (гидразин) и SiH_4 .

133. Данные для расчета:

$\omega, \%$	77,73	22,27
	A_a	O_b
A_r	$a \cdot A$	$b \cdot 16$

Формула для расчета: $\frac{77,73}{a \cdot A} = \frac{22,27}{b \cdot 16}$, откуда $A = 55,8 \frac{a}{b}$.

При $a = b = 1$ металл — Fe.

Формулы оксидов: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 .

134. Атомная масса неметалла: $A = 16 \frac{a}{b}$. При $a = 1$ и $b = 2$ неметалл — сера. Формулы оксидов: SO_2 и SO_3 .

135. $A(A) = 11,97 \frac{a}{b}$ при $a = 1$ и $b = 1$ A — углерод, CO .

$A(B) = 103,4 \frac{b}{a}$ при $a = 1$ и $b = 2$ B — свинец, PbO_2 .

136. Данные для расчета:

$\omega, \%$	20,2	79,8
	A	Cl_b
A_r	A	$35,5 \cdot b$

Формула для расчета:

$\frac{20,2}{A} = \frac{79,8}{35,5 \cdot b}$, откуда $A = 8,99 \cdot b$. При $b = 3$ металл — алюминий.

137. Данные для расчета:

$\omega, \%$	13,6	86,4%
	A	F_b
A_r	A	$19 \cdot b$

Формула для расчета: $\frac{13,6}{A} = \frac{86,4}{19 \cdot b}$, откуда $A = 2,99 \cdot b$

При $b = 3$ $A \approx 10$, следовательно, A — бор, BF_3 .

При $b = 4$ $A \approx 12$, следовательно, A — углерод CF_4 .

138. Данные для расчета:

$\omega, \%$	29,1	40,5	30,4
	Na_a	A_b	O_c
A_r	23	A	16

Отношение нижних индексов:

$$a : c = \frac{29,1}{23} : \frac{30,4}{16} = 1,26 : 1,9 = 1 : 1,5 = 2 : 3.$$

Следовательно, формула соли: $\text{Na}_2\text{A}_3\text{O}_3$.

Формула для расчета атомной массы A : $\frac{40,5}{b \cdot A} = \frac{30,4}{3 \cdot 16}$, откуда $A = \frac{64}{b}$.

При $b = 2$ $A = 32$, следовательно, A — сера.

Формула соли: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

139. Данные для расчета:

$\omega, \%$	32,4	22,5	45,1
	Na_a	A_b	O_c
A_r	23	A	16

Отношение нижних индексов: $a : c = \frac{32,4}{23} : \frac{45,1}{16} = 1 : 2$.

Следовательно, формула соли: NaA_2O_2 .

Формула для расчета атомной массы: $\frac{22,5}{b \cdot A} = \frac{45,1}{2 \cdot 16}$, откуда $A = \frac{16}{b}$.

При таких условиях элемент подобрать не удастся. Однако это легко сделать, если удвоить отношение нижних индексов a и c , тогда формула соли $\text{Na}_2\text{A}_4\text{O}_4$.

Формула для расчета атомной массы: $\frac{22,5}{b \cdot A} = \frac{45,1}{4 \cdot 16}$, откуда $A = \frac{32}{b}$.

При $b = 1$ $A = 32$, следовательно, A — сера.

Формула соли: Na_2SO_4 .

140. В составе исходной соли могла быть вода, тогда в 27 мл раствора содержится 27 г воды и $74,4 - 27 = 47,4$ г соли. Поскольку концентрация раствора известна (11,1 моль/л), можно вычислить

молярную массу соли: $C = \frac{m(\text{соль})}{M(\text{соль}) \cdot V(\text{р-р})}$, откуда

$$M(\text{соль}) = \frac{47,4 \text{ г}}{0,027 \text{ л} \cdot 11,1 \text{ моль/л}} = 158 \text{ г/моль}.$$

На основе стехиометрического соотношения определим, какое количество вещества воды связано с 1 моль соли:

$$\frac{47,4 \text{ г}}{158 \text{ г/моль}} = \frac{27 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } n = 5.$$

Следовательно, в состав исходной соли входит $5\text{H}_2\text{O}$, тогда молярная масса соли равна $158 + 5 \cdot 18 = 248$ (г/моль).

Определим отношение количеств атомов серы и кислорода:

$$\frac{25,81}{32} : \frac{51,61}{16} = 1 : 4.$$

Определим, сколько атомов кислорода содержит эта соль:

$$\frac{0,5161 \cdot 248}{16} = 8.$$

Следовательно, соль содержит 8 атомов О и $\frac{8}{4} = 2$ атома S, т. е.

имеет формулу $A \cdot S_2O_3 \cdot 5H_2O$, где A — или Me_2 или MeH .

Для $Me_2S_2O_3$:

$$A(Me) = (158 - M(S_2O_3))/2 = 23 \text{ (натрий)}.$$

Для $MeHS_2O_3$:

$$A(Me) = 158 - M(HS_2O_3) = 45 \text{ (такого щелочного металла не существует).}$$

Следовательно, соль — $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РАСТВОРОВ

141. а) 0,012 кг; б) 5130 г; в) 22400 мл; г) 0,0224 м³; д) 0,185 л;
е) 0,315 л; ж) $8,99 \cdot 10^{-5}$ г/мл; з) $1,1 \cdot 10^3$ кг/м³.

142. а) $V = 25,2$ мл; б) $\rho = 1,2$ г/мл; в) $m = 113,6$ г; г) $V =$
 $= 9,09 \cdot 10^{-5}$ м³ = 90,9 мл.

143.

Номер раствора	Масса, г		
	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄
I	0,36	0,3296	0,261
II	22,43	19,33	16,20
III	—	39,53	33,26
IV	—	—	176,64

144. Разбавленный раствор I H₂SO₄ (объем 100 мл, масса 100 г) содержит 0,261 г H₂SO₄ и 99,739 г H₂O. Концентрированный раствор IV H₂SO₄ (объем 100 мл, масса 184 г) содержит 176,64 г H₂SO₄ и 7,37 г H₂O.

145. а) Масса борной кислоты: $0,03 \cdot 50 = 1,5$ г.

1,5 г борной кислоты растворить в таком количестве воды, чтобы объем раствора равнялся 50 мл.

б) Масса хлорида натрия: $0,009 \cdot 250 = 2,25$ г.

2,25 г хлорида натрия растворить в таком количестве воды, чтобы объем раствора равнялся 50 мл.

146. а) $\omega = \frac{a}{a+b} = \frac{30}{30+270} = 0,1$ (или 10%);

б) $a = \frac{\omega b}{1-\omega} = \frac{0,1 \cdot 405}{0,9} = 45$ г;

$$в) \quad b = \frac{(1 - \omega)a}{\omega} = \frac{0,9 \cdot 15}{0,1} = 135 \text{ г}$$

147. Масса 1 л воды в Мертвом море $1,3 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1300 \text{ г}$.
Масса 1 л воды в Черном море $\sim 1000 \text{ г}$.

	Натрий	Калий	Кальций	Магний	Хлор	Бром	Гидрокарбонат
Мертвое море	3,01	0,61	1,32	3,49	17,5	0,41	0,02
Черное море	0,511	0,04	0,02	0,06	0,96	—	0,001

148. Общая масса всех элементов в Мертвом море — $342,7 \text{ г}$ в 1 л или 264‰ , в Черном море — $16,12\text{‰}$. Соленость Мертвого моря превышает соленость Черного моря $\sim$ в 16 раз.

149. Масса соли в исходном растворе: $0,2 \cdot 1,14 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 45,6 \text{ г}$.

Массовая доля соли в полученном растворе:

$$\omega = \frac{45,6 \text{ г}}{1,19 \text{ г/мл} \cdot 150 \text{ мл}} = 0,25.$$

150. Массовая доля вещества А в исходном растворе — 1% , после испарения воды — 2% . Следовательно, массовая доля вещества А увеличилась в 2 раза, а масса раствора уменьшилась в 2 раза.

СМЕШИВАНИЕ РАСТВОРОВ

151.

Масса растворенного вещества
в первом растворе

$$\omega_1 m_1$$

Масса растворенного вещества
во втором растворе

$$\omega_2 m_2$$

Масса полученного раствора

$$m_1 + m_2$$

Масса растворенного вещества
в полученном растворе

$$\omega_3(m_1 + m_2)$$

Алгебраическое уравнение

$$\omega_1 m_1 + \omega_2 m_2 = \omega_3(m_1 + m_2)$$

$$\omega_1 m_1 - \omega_3 m_1 = \omega_3 m_2 - \omega_2 m_2$$

$$(\omega_1 - \omega_3)m_1 = (\omega_3 - \omega_2)m_2$$

Отношение масс исходных
растворов

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3}$$

152. На основе правила смешивания: массы смешиваемых растворов m_1 и m_2 обратно пропорциональны разности между их

массовыми долями ω_1 и ω_2 и массовой доли ω_3 в смеси (см. решение задачи 151):

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3}$$

При решении задач удобно применять наглядный вариант правила смешивания — «правило креста»:

$$\begin{array}{ccc} \omega_1 & \searrow & \omega_3 \\ \omega_2 & \nearrow & \omega_3 \end{array} \begin{array}{l} \omega_1 - \omega_3 \\ \omega_3 - \omega_2 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} m_1 \\ m_2 \end{array} \right. \quad \omega_1 > \omega_3$$

По диагонали от большей массовой доли вычитают меньшую, получают $(\omega_1 - \omega_3)$, $\omega_1 > \omega_3$ и $(\omega_3 - \omega_2)$, $\omega_3 > \omega_2$. Затем составляют от-

ношение масс исходных растворов: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3}$

$$\begin{array}{ccc} 0,2 & \searrow & 0,02 \\ 0,1 & \nearrow & 0,08 \end{array} \left| \begin{array}{l} m_1 = x \\ m_2 = 200 - x \end{array} \right. \quad \frac{x}{200 - x} = \frac{0,02}{0,08}, \text{ откуда } x = 40 \text{ г.}$$

153.

$$\begin{array}{ccc} 90\% & \searrow & \omega_3 \\ 10\% & \nearrow & \omega_3 \end{array} \begin{array}{l} \omega_3 - 10 \\ 90 - \omega_3 \end{array} \left| \begin{array}{l} m_1 = 125 \text{ г} \\ m_2 = 375 \text{ г} \end{array} \right. \quad \frac{125}{375} = \frac{\omega_3 - 10}{90 - \omega_3}, \text{ откуда } \omega_3 = 30\%.$$

154. Из уксусной эссенции нужно приготовить столовый уксус. Эту задачу также можно решить на основе «правила креста», т. к. воду можно рассматривать как раствор с массовой долей растворенного вещества, равной нулю.

$$\begin{array}{ccc} 80\% & \searrow & 9 \\ 0 & \nearrow & 71 \end{array} \left| \begin{array}{l} m_1 = 90 \text{ г} \\ m_2 \end{array} \right. \quad \frac{90}{m_2} = \frac{9}{71}, m_2 = 710 \text{ г.}$$

К уксусной эссенции нужно добавить 710 г воды.

155. Эта задача также может быть решена на основе «правила креста», т. к. твердую соль можно рассматривать как раствор с массовой долей растворенного вещества равной 100%.

$$\begin{array}{ccc} 100\% & \searrow & \omega_2 - \omega_1 \\ \omega_1 & \nearrow & 100 - \omega_2 \end{array} \left| \begin{array}{l} m_1 = x \\ m_2 = m \end{array} \right. \quad \frac{x}{m} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{100 - \omega_2}, \text{ откуда}$$

$$x = \frac{(\omega_2 - \omega_1) m}{100 - \omega_2}, x = \frac{(45 - 15) \cdot 150}{(100 - 45)} = 81,8 \text{ г.}$$

156. Если в условии задачи даны молярные концентрации, массовые доли можно выразить через молярные концентрации: $\omega = \frac{cM}{\rho}$,

после подстановки в «правило креста», $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_3}$,

можно получить отношением объемов смешиваемых растворов

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{c_3 \rho_2 - c_3 \rho_3}{c_1 \rho_3 - c_3 \rho_1}$$

Следовательно, при использовании молярных концентраций «правило креста» не выполняется. Оно пригодно только для приближительных расчетов (для разбавленных растворов плотности можно считать примерно одинаковыми), и для растворов, молярные концентрации которых близки.

157. а) Разбавить пресной водой в 2 раза;

$$\begin{array}{c} \omega \\ 0 \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} \frac{\omega}{2,5} \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{\omega}{2,5} = \frac{2\omega}{5} \quad \left| \begin{array}{c} m \\ x \end{array} \right.$$

$$\frac{2}{3} = \frac{m}{x}, \text{ откуда } x = \frac{3}{2}m, \text{ т. е. разбавить пресной водой в 1,5 раза.}$$

158. Эта задача может быть решена на основе «правила креста». Здесь роль концентрации играет плотность, поэтому объемы золота и серебра характеризуют «количество вещества» в сплаве.

$$\begin{array}{c} 19,3 \\ 8,96 \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} 14,13 \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{5,17}{5,17} \quad \left| \begin{array}{c} V_{\text{Au}} \\ V_{\text{Cu}} \end{array} \right. \quad \frac{V_{\text{Au}}}{V_{\text{Cu}}} = \frac{5,17}{5,17} = 1.$$

Объемы золота и серебра в сплаве равны. Тогда масса 1 см³ сплава равна 19,30 + 8,96 = 28,26 г.

Массовые доли:

$$\omega(\text{Au}) = \frac{19,3 \text{ г}}{28,26 \text{ г}} = 68,3\%, \quad \omega(\text{Cu}) = 100 - 68,3 = 31,7\%.$$

159.

$$\begin{array}{c} 750 \\ 375 \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} 500 \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{125}{250} \quad \left| \begin{array}{c} m_1 \\ m_2 \end{array} \right. \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{125}{250} = \frac{1}{2}.$$

160. Наименьшая концентрация при смешивании 100 г 30%-, 100 г 60%- и 50 г 70%-ного раствора.

$$\begin{array}{c} 60 \\ 30 \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} x \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{x-30}{60-x} \quad \left| \begin{array}{c} 100 \\ 100 \end{array} \right. \quad \frac{x-30}{60-x} = 1, \text{ откуда } x = 45\%.$$

$$\begin{array}{c} 70\% \\ 45\% \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} y \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{y-45}{70-y} \quad \left| \begin{array}{c} 50 \\ 200 \end{array} \right. \quad \frac{y-45}{70-y} = \frac{50}{200}, \text{ откуда } y = 50\%.$$

Наибольшая концентрация при смешивании 100 г 70%-ного, 100 г 60%-ного и 50 г 30%-ного раствора

$$\begin{array}{c} 70 \\ 60 \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} x \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{x-60}{70-x} \quad \left| \begin{array}{c} 100 \\ 100 \end{array} \right. \quad \frac{x-60}{70-x} = 1, \text{ откуда } x = 65\%.$$

$$\begin{array}{c} 65 \\ 30 \end{array} \begin{array}{c} > \\ < \end{array} y \begin{array}{c} < \\ > \end{array} \frac{y-30}{65-y} \quad \left| \begin{array}{c} 200 \\ 50 \end{array} \right. \quad \frac{y-30}{65-y} = \frac{200}{50}, \text{ откуда } y = 58\%.$$

МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА В РАСТВОРЕ

$$161. \quad c(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})V(\text{p-p})};$$

$$V(\text{p-p}) = \frac{m(\text{p-p})}{\rho} = \frac{(11,01 + 200) \text{ г}}{1,06 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}} = 0,2 \text{ л};$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{11,01 \text{ г}}{40 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ л}} = 1,4 \text{ моль/л}.$$

$$162. \quad M = \frac{m}{cV}; V = \frac{(500 + 15,46) \text{ г}}{1,032 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}} = 0,499 \text{ л};$$

$$M = \frac{15,46 \text{ г}}{0,77 \text{ моль/л} \cdot 0,499 \text{ л}} = 40,2 \text{ г/моль}.$$

$$163. \quad m(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot V(\text{p-p}) = \\ = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,5 \text{ л} = 4,9 \text{ г}.$$

$$164. \quad \omega(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{\rho V(\text{p-p})}, \text{ откуда } m(\text{A}) = \omega(\text{A}) \rho V(\text{p-p});$$

$$c(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})V(\text{p-p})} = \frac{\omega(\text{A}) \rho V(\text{p-p})}{M(\text{A})V(\text{p-p})} = \frac{\omega(\text{A}) \rho}{M(\text{A})};$$

$$\text{a) } c(\text{HCl}) = \frac{0,1 \cdot 1,047 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}}{36,5 \text{ г/моль}} = 2,87 \text{ моль/л};$$

$$\text{б) } c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,09 \text{ моль/л};$$

$$\text{в) } c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,07 \text{ моль/л}.$$

$$165. \quad c(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})V(\text{p-p})},$$

$$\text{откуда } m(\text{KOH}) = c(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) \cdot V(\text{p-p}).$$

$$\omega = \frac{c(\text{KOH}) M(\text{KOH}) V(\text{p-p})}{\rho V(\text{p-p})} = \frac{c(\text{KOH}) M(\text{KOH})}{\rho} =$$

$$= \frac{10 \text{ моль/л} \cdot 56 \text{ г/моль}}{1,4 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}} = 0,4.$$

$$166. \quad c(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})V(\text{p-p})}, \text{ откуда } m(\text{A}) = c(\text{A}) M(\text{A})V(\text{p-p});$$

$$\omega(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{\rho V_x(\text{p-p})}, \text{ откуда } V_x(\text{p-p}) = \frac{m(\text{A})}{\rho \omega(\text{A})} = \frac{c(\text{A}) M(\text{A})V(\text{p-p})}{\rho \omega(\text{A})};$$

$$а) V(H_2SO_4) = \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 98 \text{ г/моль} \cdot 0,5 \text{ л}}{1,84 \text{ г/мл} \cdot 0,96} = 2,8 \text{ мл};$$

$$б) V(NaOH) = \frac{0,1 \text{ моль/л} \cdot 40 \text{ г/моль} \cdot 0,3 \text{ л}}{1,35 \text{ г/мл} \cdot 0,321} = 2,8 \text{ мл}.$$

167. $\omega(HCl) = \frac{m(HCl)}{\rho V_1(p-p)}$, откуда $m(HCl) = \omega(HCl)\rho V_1(p-p)$;

$$c(HCl) = \frac{\omega(HCl)\rho V_1(p-p)}{M(HCl)V_2(p-p)} = \frac{0,37 \cdot 1,19 \text{ г/мл} \cdot 24,8 \text{ мл}}{36,5 \text{ г/моль} \cdot 1,5 \text{ л}} = 0,2 \text{ моль/л}.$$

168. $c = \frac{n_{\text{общ}}(A)}{V_{\text{общ}}} = \frac{c_1 V_1 + c_2 V_2}{V_1 + V_2}$

а) 0,3 моль/л; б) 0,1 моль/л; в) 0,2 моль/л.

169. Количество вещества NaCl в первом растворе:

$$n_1(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl)} = \frac{\omega \rho V_1(p-p)}{M(NaCl)} = \frac{0,03 \cdot 1 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл}}{58,5 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}.$$

Количество вещества NaCl во втором растворе:

$$n_2(NaCl) = c(NaCl)V_2 = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,02 \text{ моль}.$$

Количество вещества NaCl в образовавшемся растворе:

$$n_{\text{общ}} = n_1 + n_2 = 0,07 \text{ моль}.$$

Объем раствора после смешивания: $V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 = 0,3 \text{ л}.$

Молярная концентрация NaCl в образовавшемся растворе:

$$c(NaCl) = \frac{n_{\text{общ}}}{V_{\text{общ}}} = \frac{0,07 \text{ моль}}{0,3 \text{ л}} = 0,23 \text{ моль/л}.$$

170. $n(CH_3COOH) = \frac{5 \text{ г}}{60 \text{ г/моль}} = 0,08 \text{ моль};$

$$m(C_2H_5OH) = 0,798 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 798 \text{ г} = 0,798 \text{ кг}.$$

$$c_m(CH_3COOH) = \frac{0,08 \text{ моль}}{0,798 \text{ г}} = 0,1 \text{ моль/г}.$$

Молярную концентрацию определить невозможно, т. к. неизвестен объем уксусной кислоты. Неизвестно также, выполняется ли приближение аддитивности объемов при смешивании уксусной кислоты в этиловой спирте.

РАСТВОРИМОСТЬ ВЕЩЕСТВ

171. $\frac{4,8 \text{ л} \cdot 32 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль} \cdot 100 \text{ л}} = 6,86 \cdot 10^{-2} \text{ г/л}.$

172. Эндотермическим.

$$173. \quad \omega(\text{KNO}_3) = \frac{31,6}{100 + 31,6} \cdot 100\% = 24\%.$$

$$174. \quad S = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{воды})} \cdot 100, \text{ откуда}$$

$$m(\text{воды}) = \frac{m(\text{соли}) \cdot 100}{S} = \frac{150 \cdot 100}{45,7} = 328,2 (\text{г}).$$

175. Насыщенный раствор содержит 93 г соли и $343 - 93 = 250$ (г) воды, тогда растворимость равна: $S = \frac{93 \text{ г} \cdot 100 \text{ г}}{250 \text{ г}} = 37,2 \text{ г}.$

176. Масса соли в m г раствора, насыщенного при t_2 :

$$m_2 = \frac{mS_2}{100 + S_2}.$$

Масса воды в этом растворе: $m - \frac{mS_2}{100 + S_2} = \frac{100m}{100 + S_2}.$

Масса соли, которая останется в растворе при t_1 :

$$m_1 = \frac{100m}{100 + S_2} \cdot \frac{S_1}{100} = \frac{mS_1}{100 + S_2}.$$

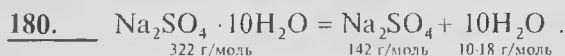
Масса соли, которая выкристаллизуется из раствора при охлажде-

нии: $m = m_2 - m_1 = \frac{mS_2}{100 + S_2} - \frac{mS_1}{100 + S_2} = \frac{m(S_2 - S_1)}{100 + S_2}.$

$$177. \quad m = \frac{500(77,3 - 37,2)}{177,3} = 113 (\text{г})$$

178. 586 г, 572 г, 357 г, 44 г, 132 г.

179. 624,4 г.



В насыщенном растворе на 180 г воды приходится $\frac{180}{0,75} \cdot 0,25 = 60$ г

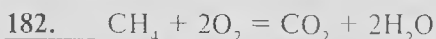
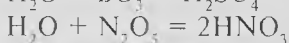
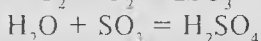
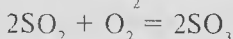
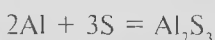
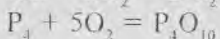
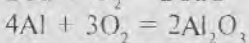
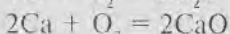
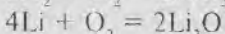
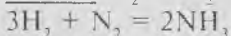
соли. Следовательно, 1 моль кристаллогидрата дает $142 - 60 = 82$ (г)

осадка Na_2SO_4 . В безводную соль перейдет $\frac{82 \text{ г}}{322 \text{ г}} \cdot 100\% =$

$= 25,5$ (масс. %) исходного кристаллогидрата.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ В ХИМИИ

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ



а) 2; б) 6; в) $12,04 \cdot 10^{23}$ молекул; г) 2,5 моль.

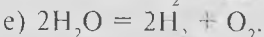
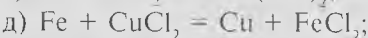
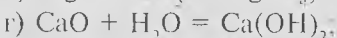
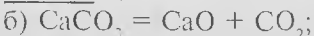
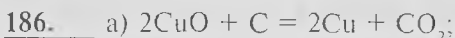


а) В избытке — Fe_2O_3 , в недостатке — H_2 ;

б) в избытке — H_2 , в недостатке — Fe_2O_3 .

184. Реакции соединения — а) и б); реакции замещения — в) и г); реакции обмена — в) и г).

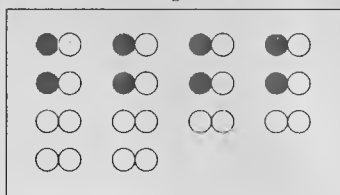
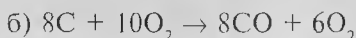
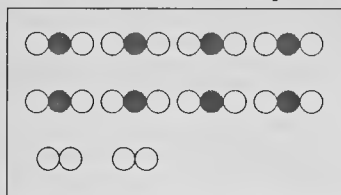
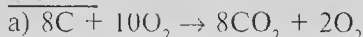
185. Реакция соединения — а); реакции замещения — б) и г); реакции разложения — в) и д).



187. Экзотермические — а) и б); эндотермические — в) и г)

188. Экзотермические — а), б), г); эндотермические — в), д), е).

189.



КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ: ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ, ЗАКОН ПОСТОЯННЫХ ОТНОШЕНИЙ

191. Измерение 2: $m(H_2O) = 13,5$ г.Измерение 3: $m(O_2) = 19,2$ г.Измерение 4: $m(H_2) = 5,1$ г.

192. Массовое отношение равно отношению массы вещества А, $m(A)$ к массе вещества В, $m(B)$. Его записывают в виде обычной дроби или с помощью символа «:» — $\frac{m(A)}{m(B)}$ или $m(A) : m(B)$.

Измерение 1: $\frac{m(H_2)}{m(O_2)} = \frac{0,9 \text{ г}}{7,2 \text{ г}} = \frac{1}{8}$ (отношение масс нужно привести к обычной дроби).

Измерение 2: $\frac{m(H_2)}{m(O_2)} = \frac{1,5 \text{ г}}{12 \text{ г}} = \frac{1}{8}$.

Измерение 3: $\frac{m(H_2)}{m(O_2)} = \frac{2,4 \text{ г}}{19,2 \text{ г}} = \frac{1}{8}$.

Измерение 4: $\frac{m(H_2)}{m(O_2)} = \frac{5,1 \text{ г}}{40,8 \text{ г}} = \frac{1}{8}$.

Отношение массы водорода к массе кислорода постоянно и равно 1 : 8.

193. Молярное отношение равно отношению количества вещества А, $n(A)$ к количеству вещества В, $n(B)$. Его записывают в виде обычной дроби или с помощью символа «:» — $\frac{n(A)}{n(B)}$ или $n(A) : n(B)$.

Стехиометрическое отношение равно отношению соответствующих стехиометрических коэффициентов a и b в уравнении химической реакции.

Измерение 1: $n(H_2) = \frac{0,9 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 0,45 \text{ моль}$.

$n(O_2) = \frac{7,2 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,225 \text{ моль}$.

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{0,45 \text{ моль}}{0,225 \text{ моль}} = \frac{2}{1}.$$

Измерение 2: $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{0,75 \text{ моль}}{0,375 \text{ моль}} = \frac{2}{1}.$

Измерение 3: $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{1,2 \text{ моль}}{0,6 \text{ моль}} = \frac{2}{1}.$

Измерение 4: $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{2,55 \text{ моль}}{1,275 \text{ моль}} = \frac{2}{1}.$

Для реакции горения водорода $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ мольное отношение равно стехиометрическому: $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{2}{1}.$

194. Измерение 1:

$$n(\text{O}_2) = \frac{7,2 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,225 \text{ моль}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8,1 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,45 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{0,9 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 0,45 \text{ моль}.$$

$$\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,225 \text{ г}}{0,45 \text{ моль}} = \frac{1}{2}; \quad \frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,45 \text{ г}}{0,45 \text{ моль}} = 1.$$

Для реакции горения водорода $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ для каждого измерения мольное отношение равно отношению соответствующих стехио-

метрических коэффициентов: $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{O}_2)} = \frac{2}{1}; \quad \frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1}{2}; \quad \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1}{1} = \frac{2}{2}.$

195. Измерение 1:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,45 \text{ моль} : 0,225 \text{ моль} : 0,45 \text{ моль} = 2 : 1 : 2.$$

Измерение 2:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,75 \text{ моль} : 0,375 \text{ моль} : 0,75 \text{ моль} = 2 : 1 : 2.$$

Измерение 3:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1,2 \text{ моль} : 0,6 \text{ моль} : 1,2 \text{ моль} = 2 : 1 : 2.$$

Измерение 4:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 2,55 \text{ моль} : 1,275 \text{ моль} : 2,55 \text{ моль} = 2 : 1 : 2.$$

196. $2\text{Al} + 3\text{S} = \text{Al}_2\text{S}_3.$

а) $\frac{m(\text{Al})}{m(\text{S})} = \frac{2,7 \text{ г}}{4,8 \text{ г}} = \frac{9}{16}$ (отношение масс нужно привести к обычной

доби); $\frac{m(\text{Al})}{m(\text{Al}_2\text{S}_3)} = \frac{2,7 \text{ г}}{7,5 \text{ г}} = \frac{9}{25}; \quad \frac{m(\text{S})}{m(\text{Al}_2\text{S}_3)} = \frac{4,8 \text{ г}}{7,5 \text{ г}} = \frac{16}{25};$

б) $n(\text{Al}) = 0,1 \text{ моль}; \quad n(\text{S}) = 0,15 \text{ моль}; \quad n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,05 \text{ моль};$

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{S})} = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,15 \text{ моль}} = \frac{2}{3}, \quad \frac{n(\text{Al})}{n(\text{Al}_2\text{S}_3)} = \frac{0,1 \text{ моль}}{0,05 \text{ моль}} = \frac{2}{1};$$

$$\frac{n(\text{S})}{n(\text{Al}_2\text{S}_3)} = \frac{0,15 \text{ моль}}{0,05 \text{ моль}} = \frac{3}{1};$$

$$\text{в) } n(\text{Al}) : n(\text{S}) : n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,1 \text{ моль} : 0,15 \text{ моль} : 0,05 \text{ моль} = 2 : 3 : 1.$$

197. $\frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} + \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})} = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})}.$

а) Закон сохранения массы: $m(\text{A}) + m(\text{B}) = m(\text{C}).$

Закон постоянных отношений: $\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \text{const}$, где const — постоянная.

б) Закон сохранения массы: $aM(\text{A}) + bM(\text{B}) = cM(\text{C}).$

Закон постоянных отношений: $\frac{aM(\text{A})}{bM(\text{B})} = \text{const}$, где const — постоянная.

198. Закон постоянных отношений можно записать в двух формах (см. задачу 197):

$$\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \text{const} \quad \text{и} \quad \frac{aM(\text{A})}{bM(\text{B})} = \text{const}.$$

Для каждой реакции постоянная величина (const) имеет определенное значение, поэтому можно приравнять $\frac{m(\text{A})}{m(\text{B})} = \frac{aM(\text{A})}{bM(\text{B})}.$

199. Для химической реакции $a\text{A} + b\text{B} = c\text{C}$ мольное отношение равно стехиометрическому отношению:

$$\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})} = \frac{a}{b}.$$

Этот результат легко перенести в виде соотношения: $\frac{n(\text{A})}{a} = \frac{n(\text{B})}{b},$ которое называют стехиометрическим соотношением. На его основе решают расчетные химические задачи.

200. а) $n(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})}$ и $n(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})},$ поэтому из стехиометрического соотношения

$$\frac{n(\text{A})}{a} = \frac{n(\text{B})}{b} \quad \text{следует} \quad \frac{m(\text{A})}{aM(\text{A})} = \frac{m(\text{B})}{bM(\text{B})};$$

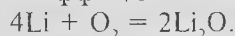
б) $n(\text{A}) = \frac{V(\text{A})}{V_m}$, поэтому из стехиометрического соотношения $\frac{n(\text{A})}{a} = \frac{n(\text{B})}{b}$ следует $\frac{V(\text{A})}{a} = \frac{V(\text{B})}{b};$

в) $n(A) = \frac{V(A)}{V_m}$ и $n(B) = \frac{V(B)}{V_m}$, поэтому из стехиометрического соотношения $\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$ следует $\frac{V(A)}{aV_m} = \frac{V(B)}{bV_m}$ или $\frac{V(A)}{a} = \frac{V(B)}{b}$.

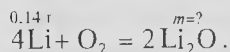
ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

201. При выполнении расчетов по уравнениям химических реакций рекомендуем придерживаться следующего порядка действий.

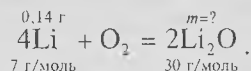
1) Составьте уравнение реакции, подберите стехиометрические коэффициенты.



2) Запишите над формулами необходимые для расчета веществ их массы (или объемы или количества вещества), которые даны в условии задачи, а для неизвестных величин введите буквенные обозначения:



3) Вычислите молярные массы веществ и запишите их под соответствующими формулами:



$\begin{matrix} 7 \text{ г/моль} & 30 \text{ г/моль} \end{matrix}$

4) Составьте формулы для определения количеств веществ, разделите их на соответствующие стехиометрические коэффициенты:

$$\begin{aligned} n(\text{Li}) &= \frac{0,14 \text{ г}}{7 \text{ г/моль}} & n(\text{Li}_2\text{O}) &= \frac{m}{30 \text{ г/моль}} \\ \frac{n(\text{Li})}{4} &= \frac{0,14 \text{ г}}{4 \cdot 7 \text{ г/моль}} & \frac{n(\text{Li}_2\text{O})}{2} &= \frac{m}{2 \cdot 30 \text{ г/моль}} \end{aligned}$$

5) Приравняйте указанные в п. 4 выражения и вы получите стехиометрическое соотношение:

$$\frac{n(\text{Li})}{4} = \frac{n(\text{Li}_2\text{O})}{4} \quad \text{или} \quad \frac{0,14 \text{ г}}{4 \cdot 7 \text{ г/моль}} = \frac{m}{2 \cdot 30 \text{ г/моль}}$$

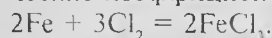
6) Получите выражение для неизвестной величины, сопоставьте размерности и выполните необходимые вычисления:

$$m = \frac{0,14 \text{ г} \cdot 2 \cdot 30 \text{ г/моль}}{4 \cdot 7 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ г}.$$

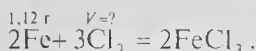
Предложенный алгоритм решения рассчитан на использование калькуляторов. В связи с этим поэтапные расчеты, например, чис-

ленного значения $n(A)$, если известно значение $m(A)$, лишены смысла. Назначение алгоритма — составить стехиометрическое соотношение, на основе которого получить решение в виде алгебраической формулы для вычисления неизвестной величины. Такой подход к решению задач называют алгебраическим.

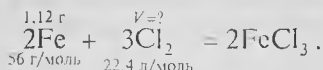
202. 1) Составьте уравнение реакции, подберите стехиометрические коэффициенты:



2) Запишите над формулами необходимые для расчета веществ их массы и объемы, а для неизвестных величин введите буквенные обозначения:



3) Вычислите молярные массы веществ и запишите их под соответствующими формулами, для газов запишите значение молярного объема (22,4 л/моль при н. у.):



4) Составьте формулы для определения количества вещества, разделите их на соответствующие стехиометрические коэффициенты:

$$\begin{array}{l} n(\text{Fe}) = \frac{1,12 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} \qquad n(\text{Cl}_2) = \frac{V}{22,4 \text{ л/моль}} \\ \frac{n(\text{Fe})}{2} = \frac{1,12 \text{ г}}{2 \cdot 56 \text{ г/моль}} \qquad \frac{n(\text{Cl}_2)}{3} = \frac{V}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}. \end{array}$$

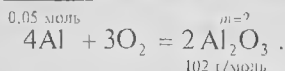
5) Приравняйте указанные в п. 4 выражения, получите стехиометрическое соотношение:

$$\frac{n(\text{Fe})}{2} = \frac{n(\text{Cl}_2)}{3} \quad \text{или} \quad \frac{1,12 \text{ г}}{2 \cdot 56 \text{ г/моль}} = \frac{V}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}$$

6) Получите выражение для неизвестной величины, сопоставьте размерности и выполните необходимые вычисления:

$$V = \frac{1,12 \text{ г} \cdot 3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{2 \cdot 56 \text{ г/моль}} = 0,672 \text{ л или } 672 \text{ мл}.$$

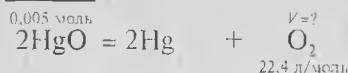
203. Уравнение реакции:



Вычисление массы оксида:

$$\frac{0,05 \text{ моль}}{4} = \frac{m(\text{Al}_2\text{O}_3)}{2 \cdot 102 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2,55 \text{ г}$$

204. Уравнение реакции:

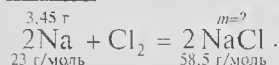


Вычисление объема кислорода:

$$\frac{0,005 \text{ моль}}{2} = \frac{V(\text{O}_2)}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,056 \text{ л} = 56 \text{ мл.}$$

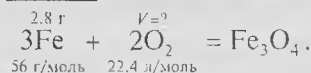
205. Уравнение реакции:



Вычисление массы хлорида натрия:

$$\frac{3,45 \text{ г}}{2 \cdot 23 \text{ г/моль}} = \frac{m(\text{NaCl})}{2 \cdot 58,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{NaCl}) = 8,77 \text{ г.}$$

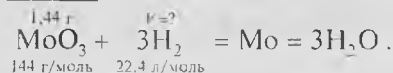
206. Уравнение реакции:



Вычисление объема кислорода:

$$\frac{2,8 \text{ г}}{3 \cdot 56 \text{ г/моль}} = \frac{V(\text{O}_2)}{2 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V(\text{O}_2) = 747 \text{ мл.}$$

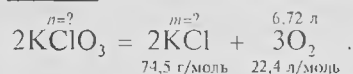
207. Уравнение реакции:



Вычисление объема водорода:

$$\frac{1,44 \text{ г}}{144 \text{ г/моль}} = \frac{V(\text{H}_2)}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V(\text{H}_2) = 672 \text{ мл.}$$

208. Уравнение реакции:



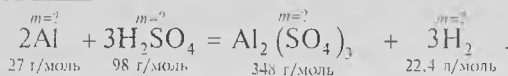
Вычисление количества вещества хлората калия:

$$\frac{n(\text{KClO}_3)}{2} = \frac{6,72 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } n(\text{KClO}_3) = 0,2 \text{ моль.}$$

Вычисление массы хлорида калия:

$$\frac{m(\text{KCl})}{74,5 \text{ г/моль}} = \frac{6,72 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m(\text{KCl}) = 7,45 \text{ г.}$$

209. Уравнение реакции:



Вычисление массы алюминия:

$$\frac{m(\text{Al})}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{5,6 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Al}) = 4,5 \text{ г.}$$

Вычисление массы серной кислоты:

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{3 \cdot 98 \text{ г/моль}} = \frac{5,6 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 24,5 \text{ г.}$$

Вычисление массы сульфата алюминия:

$$\frac{m[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]}{348 \text{ г/моль}} = \frac{5,6 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 29 \text{ г.}$$

210. Уравнение реакции: $\overset{5,4 \text{ г}}{4\text{Me}} + \overset{10,2 \text{ г}}{3\text{O}_2} = \overset{(2x+48) \text{ г/моль}}{2\text{Me}_2\text{O}_3}$
 $\quad \quad \quad x \text{ г/моль} \quad \quad \quad (2x+48) \text{ г/моль}$

где x — атомная масса металла, $(2x + 48)$ — молярная масса его оксида.

Вычисление атомной массы:

$$\frac{5,4}{4x} = \frac{10,2}{2(2x + 48)}, \text{ откуда } x = 26,7 \text{ г/моль (алюминий).}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В НЕДОСТАТКЕ

211. Вычисление количества вещества водорода:

$$n(\text{H}_2) = \frac{1 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,045 \text{ моль.}$$

Вычисление количества вещества оксида меди:

$$n(\text{CuO}) = \frac{10 \text{ г}}{79,5 \text{ г/моль}} = 0,126 \text{ моль.}$$

Уравнение реакции:



$n(\text{CuO}) > n(\text{H}_2)$, следовательно, водород в недостатке и его не хватит для полного восстановления 10 г оксида меди.

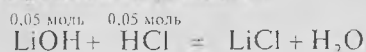
212. Вычисление количества вещества гидроксида лития:

$$n(\text{LiOH}) = \frac{1,2 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль.}$$

Вычисление количества вещества кислоты:

$$n(\text{HCl}) = \frac{1,83 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль.}$$

Уравнение реакции:



$n(\text{LiOH}) = n(\text{HCl})$, следовательно, вещества реагируют в стехиометрическом отношении и оба прореагируют полностью.

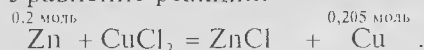
213. Вычисление количества вещества цинка

$$n(\text{Zn}) = \frac{13 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

Вычисление количества вещества меди:

$$n(\text{Cu}) = \frac{13 \text{ г}}{63,5 \text{ г/моль}} = 0,205 \text{ моль.}$$

Уравнение реакции:



$n(\text{Zn}) \approx n(\text{Cu})$, практически достаточно.

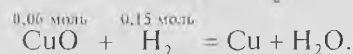
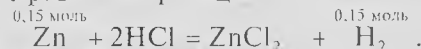
214. Вычисление количества вещества цинка:

$$n(\text{Zn}) = \frac{9,75 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль.}$$

Вычисление количества вещества оксида меди (II):

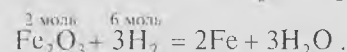
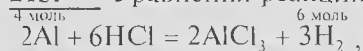
$$n(\text{CuO}) = \frac{4,8 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,06 \text{ моль.}$$

Уравнения реакций:



При взаимодействии 0,15 моль цинка с кислородом образуется 0,15 моль водорода. Относительно этого количества вещества оксид меди находится в недостатке, а значит, прореагирует полностью.

215. Уравнения реакций:



По уравнению реакции из 2 моль Al получают 3 моль H_2 , следовательно, из 4 моль можно получить 6 моль H_2 . По уравнению реакции 3 моль H_2 реагируют с 1 моль Fe_2O_3 , а 6 моль H_2 прореагируют с 2 моль Fe_2O_3 . По условию задачи нужно восстановить 2 моль Fe_2O_3 . Следовательно, 6 моль H_2 недостаточно для полного восстановления 8 моль Fe_2O_3 .

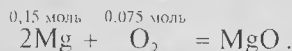
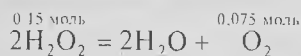
216. Вычисление количества вещества пероксида водорода:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{5,1 \text{ г}}{34 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}.$$

Вычисление количества вещества магния:

$$n(\text{Mg}) = \frac{3,6 \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}.$$

Уравнения реакций:



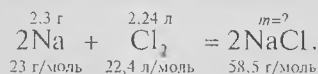
Вычисление количества вещества кислорода:

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{H}_2\text{O}_2)}{2} = 0,5n(\text{H}_2\text{O}_2) \text{ и } n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{Mg})}{2} = 0,5n(\text{Mg}).$$

Поскольку $n(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{Mg}) = 0,15 \text{ моль}$, то $n(\text{O}_2) = 0,075 \text{ моль}$, что достаточно для окисления Mg.

217. При выполнении расчета рекомендуем придерживаться следующего порядка действий:

1) Составьте уравнение реакции:



2) Составьте формулы для определения количества вещества, разделите их на соответствующие стехиометрические коэффициенты и выполните необходимые вычисления.

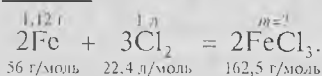
Na	Cl ₂
$\frac{n(\text{Na})}{2} = \frac{2,3 \text{ г}}{2 \cdot 23 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$	$\frac{n(\text{Cl}_2)}{1} = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$
Недостаток	Избыток

Поскольку $\frac{n(\text{Na})}{2} > \frac{n(\text{Cl}_2)}{1}$, натрий в недостатке и, следовательно, натрий прореагирует полностью.

Вычисление массы хлорида натрия:

$$\frac{2,3 \text{ г}}{2 \cdot 23 \text{ г/моль}} = \frac{m}{2 \cdot 58,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{NaCl}) = 5,85 \text{ г}.$$

218. Уравнение реакции:

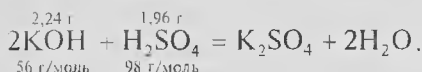


Определение вещества, находящегося в недостатке:

Fe	Cl ₂
$\frac{1,12 \text{ г}}{2 \cdot 56 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль}$	$\frac{1 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}} = 0,015 \text{ моль}$
Недостаток	Избыток

Вычисление массы хлорида железа (III):

$$\frac{1,12 \text{ г}}{2 \cdot 56 \text{ г/моль}} = \frac{m}{2 \cdot 162,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{FeCl}_3) = 3,25 \text{ г.}$$



а) KOH	H ₂ SO ₄
$n(\text{KOH}) = \frac{1,12 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$	$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1,96 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$

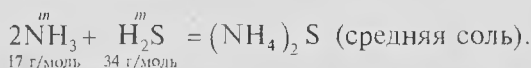
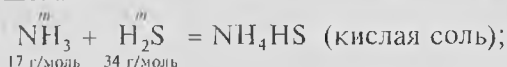
Вещества реагируют в стехиометрическом отношении 1 : 1, образуется кислая соль.

б) KOH	H ₂ SO ₄
$n(\text{KOH}) = \frac{2,24 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль}$	$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1,96 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}$

$$n(\text{KOH}) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 : 1.$$

Вещества реагируют в стехиометрическом отношении 2 : 1, образуется средняя соль.

220. Уравнения возможных реакций:



Определение стехиометрического отношения:

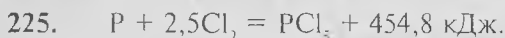
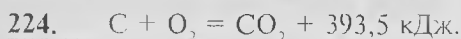
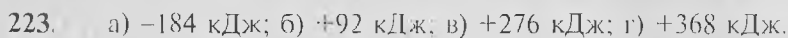
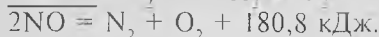
$$\frac{m(\text{NH}_3)}{17} > \frac{m(\text{H}_2\text{S})}{34}, \quad \frac{m(\text{NH}_3)}{2 \cdot 17} = \frac{m(\text{H}_2\text{S})}{34}.$$

Следовательно, вещества реагируют в стехиометрическом отношении 2 : 1 и образуется средняя соль.

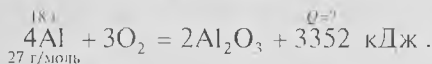
ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ТЕРМОХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ

221. а) Выделяется световая энергия; б) выделяется тепловая энергия; в) выделяется электрическая энергия; г) выделяется ме-

ханическая энергия за счет расширения газов при нагревании; д) поглощается тепловая энергия; е) поглощается световая энергия; ж) поглощается электрическая энергия.



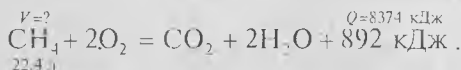
226. Уравнение реакции:



Вычисление количества теплоты:

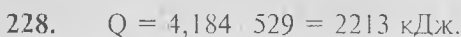
$\frac{18 \text{ г}}{4 \cdot 27 \text{ г}} = \frac{Q}{3352 \text{ кДж}}, \text{ откуда } Q = 559 \text{ кДж.}$

227. Уравнение реакции:

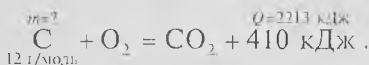


Вычисление объема метана:

$\frac{V(\text{CH}_4)}{22,4 \text{ л}} = \frac{8374 \text{ кДж}}{892 \text{ кДж}}, \text{ откуда } V(\text{CH}_4) = 210 \text{ л.}$



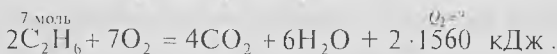
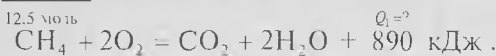
Уравнение реакции:



Вычислите массы угля:

$\frac{m}{12 \text{ г}} = \frac{2213 \text{ кДж}}{410 \text{ кДж}}, \text{ откуда } m = 64,8 \text{ г.}$

229. Уравнения реакций:



Вычисление количества вещества метана:

$16n + 2 \cdot 32n = 1000 \text{ г, откуда } n(\text{CH}_4) = 12,5 \text{ моль.}$

Вычисление количества вещества этана:

$30n + 3,5 \cdot 32n = 1000 \text{ г, откуда } n(\text{C}_2\text{H}_6) = 7 \text{ моль.}$

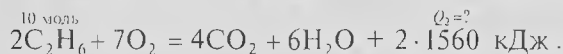
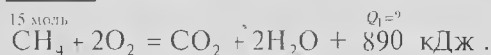
Вычисление количества теплоты:

$Q_1 = 12,5 \cdot 890 \text{ кДж} = 11125 \text{ кДж.}$

$$Q_2 = 7 \cdot 1560 \text{ кДж} = 10920 \text{ кДж.}$$

$$Q_1 > Q_2.$$

230. Уравнения реакций:



Вычисление количества вещества метана:

$$(n + 2n) \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1000 \text{ л, откуда } n(\text{CH}_4) = 15 \text{ моль.}$$

Вычисление количества вещества этана:

$$(n + 3,5n) \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1000 \text{ л, откуда } n(\text{C}_2\text{H}_6) = 10 \text{ моль.}$$

Вычисление количества теплоты:

$$Q_1 = 15 \cdot 890 \text{ кДж} = 13350 \text{ кДж.}$$

$$Q_2 = 10 \cdot 1560 \text{ кДж} = 15600 \text{ кДж.}$$

$$Q_2 > Q_1.$$

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

231. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$, следовательно $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P}{2P} = \frac{1}{2}$.

Объем газа уменьшится в два раза.

232. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$, следовательно, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{273 + 25}{273 + 0} = 1,09$.

Объем газа увеличится в 1,09 раз.

233. $V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1}$

а) 24,45 л; б) 26,50 л; в) 30,60 л.

234. $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$, откуда $V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$.

а) 16,3 л; б) 10,6 л; в) 3,06 л.

235. $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$, откуда $V_0 = \frac{PVT_0}{P_0 T} = 146 \text{ см}^3$.

236. $PV = \frac{m}{M} RT$, откуда $m = \frac{PVM}{RT} =$

$$= \frac{5,065 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,025 \text{ м}^3 \cdot 29 \text{ г/моль}}{8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}} = 150,8 \text{ г.}$$

При проверке соответствия размерностей учтите, что $[\text{Па}] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \right]$.

$$\underline{237.} \quad M = \frac{mRT}{PV} = \frac{0,750 \text{ г} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 293 \text{ К}}{0,989 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 4,62 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} =$$

$$= 4 \text{ г/моль (гелий)}.$$

$$\underline{238.} \quad \text{а) } \rho = \frac{M}{V} = \frac{245 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 10,94 \text{ г/л};$$

$$\text{б) } PV = \frac{m}{M} RT, \text{ следовательно, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

$$\rho = \frac{0,962 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 245 \text{ г/моль} \cdot 10^{-3}}{8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 298 \text{ К}} = 9,5 \text{ г/л}.$$

$$\underline{239.} \quad PV = nRT, \text{ следовательно, } P = \frac{nRT}{V}, n = \frac{N}{N_A}$$

$$P = \frac{5,0 \cdot 10^{13} \cdot 8,314 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 273 \text{ К}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} = 0,188 \text{ Па}.$$

$$\underline{240.} \quad M = \frac{\rho RT}{P} = 4,2 \text{ г/моль, } \varphi(\text{H}_2) = 82\%.$$

ЗАКОН ОБЪЕМНЫХ ОТНОШЕНИЙ

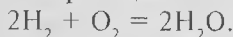
$$\underline{241.} \quad \text{Измерение 1. } V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 : 0,25 : 0,5 =$$

$$= 2 : 1 : 2.$$

$$\text{Измерение 2. } V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = 0,7 : 0,35 : 0,7 = 2 : 1 : 2.$$

$$\text{Измерение 3. } V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = 2,24 : 1,12 : 2,24 = 2 : 1 : 2.$$

Объемы веществ, участвующих в реакции, относятся между собой как соответствующие стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции $2 : 1 : 2$.



$$\underline{242.} \quad \text{Как показано в задаче 193, } \frac{n(\text{A})}{n(\text{B})} = \frac{a}{b}.$$

Согласно закону Авогадро $n(\text{A}) = \frac{V(\text{A})}{V_m}$ и $n(\text{B}) = \frac{V(\text{B})}{V_m}$, где V_m — молярный объем.

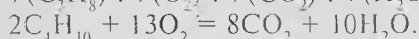
$$\frac{V(\text{A})/V_m}{V(\text{B})/V_m} = \frac{a}{b}, \text{ откуда } \frac{V(\text{A})}{V(\text{B})} = \frac{a}{b}.$$

Полученный результат является математическим выражением закона объемных отношений Гей-Люссака: объемы вступающих в реакцию газообразных веществ относятся друг к другу, а также

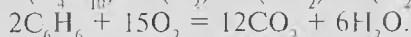
к объемам образующихся газообразных продуктов как небольшие целые числа.



$$V(C_3H_8) : V(O_2) : V(CO_2) : V(H_2O) = 1 : 5 : 3 : 4.$$



$$V(C_4H_{10}) : V(O_2) : V(CO_2) : V(H_2O) = 2 : 13 : 8 : 10.$$



$$V(C_6H_6) : V(O_2) : V(CO_2) : V(H_2O) = 2 : 15 : 12 : 6.$$

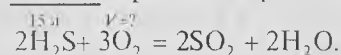
244. Как показано в задаче 199 стехиометрическое соотношение

имеет вид $\frac{n(A)}{a} = \frac{n(B)}{b}$.

$$n(A) = \frac{V(A)}{V_m} \text{ и } n(B) = \frac{V(B)}{V_m}, \text{ где } V_m \text{ — молярный объем}$$

$$\frac{V(A)}{aV_m} = \frac{V(B)}{bV_m}, \text{ откуда } \frac{V(A)}{a} = \frac{V(B)}{b}.$$

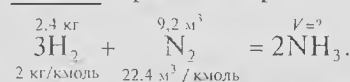
245. Уравнение реакции:



Вычисление объема кислорода:

$$\frac{15 \text{ л}}{2} = \frac{V}{3}, \text{ откуда } V(O_2) = 22,5 \text{ л}.$$

246. Уравнение реакции:



$2 \text{ кг/кмоль} \quad 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$

Определение вещества, находящегося в избытке:

H_2	N_2
$\frac{2,4 \text{ кг}}{3 \cdot 2 \text{ кг/кмоль}} = 0,4 \text{ кмоль}$	$\frac{9,2 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = 0,41 \text{ кмоль}$
Недостаток	Избыток

Вычисление объема водорода:

$$V(H_2) = \frac{2,4 \text{ кг}}{2 \text{ кг/кмоль}} \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль} = 26,9 \text{ м}^3.$$

Вычисление объема аммиака:

$$\frac{V(H_2)}{3} = \frac{V(NH_3)}{2} \text{ или } \frac{26,9 \text{ м}^3}{3} = \frac{V(NH_3)}{2},$$

$$\text{откуда } V(NH_3) = 17,9 \text{ м}^3.$$



а) $V(O_2) = 700 \text{ мл}; V(CO_2) = 600 \text{ мл};$

б) $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 1,28 \text{ л}$; $V(\text{CO}_2) = 2,56 \text{ л}$;

в) $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 400 \text{ м}^3$; $V(\text{O}_2) = 1400 \text{ м}^3$.

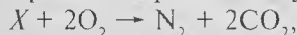
248. Уравнение реакции:



Определение стехиометрических коэффициентов:

$$V(X) : V(\text{O}_2) : V(\text{N}_2) : V(\text{CO}_2) = 200 : 400 : 200 : 400 = 1 : 2 : 1 : 2.$$

Уравнение реакции с учетом стехиометрических коэффициентов:



откуда следует, что в состав газа входят два атома углерода и два атома азота, газ C_2N_2 — дициан.

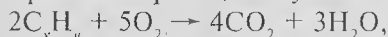
249. Уравнение реакции:



Определение стехиометрических коэффициентов:

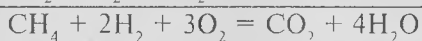
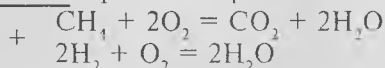
$$V(\text{C}_x\text{H}_y) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) = 200 : 500 : 400 = 2 : 5 : 4.$$

Уравнение реакции с учетом стехиометрических коэффициентов:



откуда следует, что $x = y = 2$, газ C_2H_2 — ацетилен.

250. Уравнения реакций:

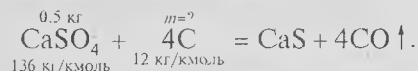


$$V(\text{CH}_4) : V(\text{H}_2) = 1 : 2.$$

ВЫЧИСЛЕНИЯ

ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ, ЕСЛИ ОДИН ИЗ РЕАГЕНТОВ СОДЕРЖИТ ПРИМЕСИ

251. Уравнение реакции:



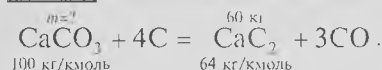
Вычисление массы углерода:

$$\frac{0,5 \text{ кг}}{136 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m(\text{C})}{4 \cdot 12 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{C}) = 0,2 \text{ кг}.$$

Вычисление массы угля:

$$m(\text{угля}) = \frac{m(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{0,2 \text{ кг}}{0,6} = 0,33 \text{ кг}.$$

252. Уравнение реакции:



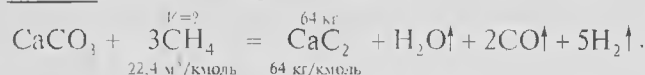
Вычисление массы карбоната кальция:

$$\frac{m(\text{CaCO}_3)}{100 \text{ кг/кмоль}} = \frac{60 \text{ кг}}{64 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{CaCO}_3) = 94 \text{ кг}$$

Вычисление массовой доли примесей.

Масса примесей: $100 - 94 = 6$ кг, что составляет 6%.

253. Уравнение реакции:



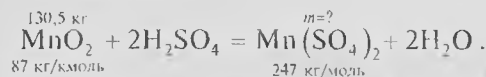
Вычисление объема метана:

$$\frac{V(\text{CH}_4)}{3 \cdot 22,4 \text{ кг/кмоль}} = \frac{64 \text{ кг}}{64 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } V(\text{CH}_4) = 67,2 \text{ м}^3.$$

254. Вычисление массы оксида марганца (IV):

$$m(\text{MnO}_2) = 0,87 \cdot 150 \text{ кг} = 130,5 \text{ кг}.$$

Уравнение реакции:



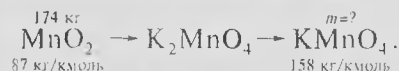
Вычисление массы сульфата марганца (IV):

$$\frac{130,5 \text{ кг}}{87 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m}{247 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m = 370,5 \text{ кг}.$$

255. Вычисление массы оксида марганца (IV):

$$m(\text{MnO}_2) = 0,87 \cdot 200 \text{ кг} = 174 \text{ кг}.$$

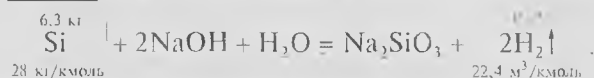
Стехиометрическая схема:



Вычисление массы перманганата:

$$\frac{174 \text{ кг}}{87 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{158 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{KMnO}_4) = 316 \text{ кг}.$$

256. Уравнение реакции:



Вычисление массы кремния:

$$m(\text{Si}) = 0,18 \cdot 3,5 \text{ кг} = 0,63 \text{ кг}.$$

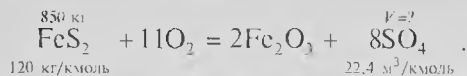
Вычисление объема водорода:

$$\frac{0,63 \text{ кг}}{28 \text{ кг/кмоль}} = \frac{V(\text{H}_2)}{2 \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}, \text{ откуда } V(\text{H}_2) = 1 \text{ м}^3.$$

257. Вычисление массы пирита:

$$m(\text{FeS}_2) = 0,85 \cdot 1000 \text{ кг} = 850 \text{ кг}.$$

Уравнение реакции:



Вычисление объема сернистого газа при нормальных условиях:

$$\frac{850 \text{ кг}}{4 \cdot 120 \text{ кг/кмоль}} = \frac{V(\text{SO}_2)}{8 \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}, \text{ откуда } V(\text{SO}_2) = 317 \text{ м}^3.$$

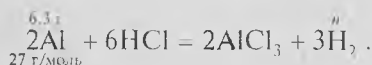
Вычисление объема сернистого газа при 100°C и 95 кПа:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}, \text{ откуда } V = \frac{P_0 V_0 T}{T_0 P} = \frac{101,3 \text{ кПа} \cdot 317 \text{ м}^3 \cdot 373 \text{ К}}{273 \text{ К} \cdot 95 \text{ кПа}} = 462 \text{ м}^3.$$

258. Вычисление массы чистого алюминия:

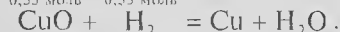
$$m(\text{Al}) = 0,98 \text{ г}.$$

Уравнения реакций:



27 г/моль

0,35 моль 0,35 моль



Вычисление количества вещества водорода:

$$\frac{6,3 \text{ г}}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{n(\text{H}_2)}{3}, \text{ откуда } n(\text{H}_2) = 0,35 \text{ моль}.$$

Вычисление количества вещества оксида меди:

$$n(\text{CuO}) = \frac{4,8 \text{ г}}{79,5 \text{ г/моль}} = 0,06 \text{ моль}.$$

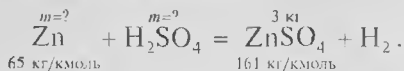
$n(\text{CuO}) > n(\text{H}_2)$, следовательно, 0,35 моль H_2 не хватает для полного восстановления оксида меди (II).

259. $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2.$

Вычисление массы сульфата цинка:

$$m(\text{ZnSO}_4) = 0,3 \cdot 10 \text{ кг} = 3 \text{ кг}.$$

Уравнение реакции:



65 кг/кмоль

161 кг/кмоль

Вычисление массы цинка:

$$\frac{m(\text{Zn})}{65 \text{ кг/кмоль}} = \frac{3 \text{ кг}}{161 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{Zn}) = 1,2 \text{ кг}.$$

Вычисление массы технического цинка:

$$m(\text{техн. Zn}) = \frac{1,2 \text{ кг}}{0,975} = 1,23 \text{ кг}.$$

Вычисление массы серной кислоты:

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{98 \text{ г/моль}} = \frac{3 \text{ кг}}{161 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,8 \text{ кг}.$$

$$V(\text{p-p}) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{\rho \cdot \omega(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1800 \text{ г}}{1,14 \text{ г/мл} \cdot 0,2 \text{ г}} = 7,9 \text{ л}.$$
$$\overset{84}{\text{MgCO}_3} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \overset{44}{\text{CO}_2}$$

84 г/моль 44 г/моль

$$\frac{x}{84 \text{ г/моль}} = \frac{4,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 8,4 \text{ г MgCO}_3.$$
$$\omega(\text{MgCO}_3) = \frac{8,4 \text{ г}}{10,01 \text{ г}} \cdot 100\% = 84\%.$$
$$\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4.$$
$$\frac{2 \text{ г}}{2 \cdot 40 \text{ г/моль}} = \frac{m}{98 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m = 2,45 \text{ г.}$$
$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \underset{40 \text{ г/моль}}{6\text{NaOH}} = 2\underset{78 \text{ г/моль}}{\overset{m=7}{\text{Al}(\text{OH})_3}} \downarrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4.$$
$$\frac{5 \text{ г}}{6 \cdot 40 \text{ г/моль}} = \frac{m}{2 \cdot 78 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m = 3,25 \text{ г.}$$
$$\text{KOH} + \overset{15.4}{\underset{36,5 \text{ г/моль}}{\text{HCl}}} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}.$$

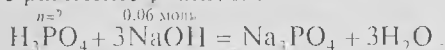
Вычисление количества вещества гидроксида калия:

$$n(\text{KOH}) = \frac{15 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}.$$

264. Вычисление количества вещества гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = 0,15 \text{ моль/л} \cdot 0,4 \text{ л} = 0,06 \text{ моль}.$$

Уравнение реакции:



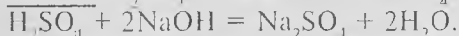
Вычисление количества вещества фосфорной кислоты:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{0,06 \text{ моль}}{3} = 0,02 \text{ моль}.$$

Вычисление объема раствора кислоты:

$$V = \frac{0,02 \text{ моль}}{0,2 \text{ моль/л}} = 100 \text{ л}.$$

265. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$



а) $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01 \text{ моль}$, $n(\text{NaOH}) = 0,01 \text{ моль}$,

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$, образуется кислая соль;

б) и в) $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01 \text{ моль}$, $n(\text{NaOH}) = 0,02 \text{ моль}$,

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2$, образуется средняя соль, среда нейтральная;

г) $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,01 \text{ моль}$, $n(\text{NaOH}) = 0,03 \text{ моль}$,

NaOH в избытке, образуется средняя соль, среда щелочная.

266. Вычисление массы хлороводорода:

$$m(\text{HCl}) = 0,2 - 1,1 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл} = 22 \text{ г}.$$

Вычисление количества вещества гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = 0,3 \text{ моль/л} \cdot 0,1 \text{ л} = 0,03 \text{ моль}.$$

Вычисление массы хлороводорода, который нейтрализовали гидроксидом натрия:

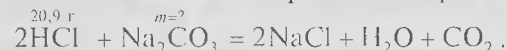


$$m(\text{HCl}) = 0,03 \text{ моль} \cdot 36,5 = 1,1 \text{ г}.$$

Вычисление массы хлороводорода, вступившего в реакцию с карбонатом натрия:

$$m(\text{HCl}) = 22 \text{ г} - 1,1 \text{ г} = 20,9 \text{ г}.$$

Вычисление массы карбоната натрия:



36,5 г/моль 106 г/моль

$$\frac{20,9 \text{ г}}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}} = \frac{m}{106 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 30 \text{ г}.$$

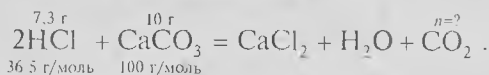
Вычисление массовой доли карбоната:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{30 \text{ г}}{150 \text{ г}} \cdot 100\% = 20\%$$

267. Вычисление массы хлороводорода:

$$m(\text{HCl}) = 0,073 \cdot 100 \text{ г} = 7,3 \text{ г}.$$

Уравнение первой реакции:



Определение вещества, находящегося в недостатке:

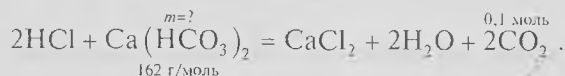
HCl	CaCO ₃
$\frac{7,3 \text{ г}}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$	$\frac{10 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$

Вещества находятся в стехиометрическом отношении.

Вычисление количества вещества углекислого газа, выделившегося в реакции:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,1 \text{ моль}.$$

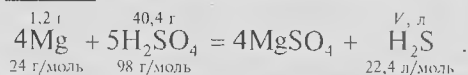
Уравнение второй реакции:



Вычисление массы гидрокарбоната:

$$\frac{m}{162 \text{ г/моль}} = \frac{0,1 \text{ моль}}{2}, \text{ откуда } m = 8,1 \text{ г}.$$

268. Уравнение реакции:



Вычисление массы серной кислоты:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,555 \cdot 1,455 \text{ г/мл} \cdot 50 \text{ мл} = 40,4 \text{ г}.$$

Определение вещества, находящегося в недостатке:

Mg	H ₂ SO ₄
$\frac{1,2 \text{ г}}{4 \cdot 24 \text{ г/моль}} = 0,0125 \text{ моль}$	$\frac{40,4 \text{ г}}{5 \cdot 98 \text{ г/моль}} = 0,082 \text{ моль}$
Недостаток	Избыток

Вычисление объема сероводорода при н. у.:

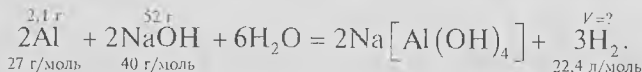
$$\frac{0,0125 \text{ моль}}{4} = \frac{V}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V = 280 \text{ мл}.$$

$$\text{Вычисление объема при } 25^\circ\text{C и } 96 \text{ кПа: } V = \frac{P_0 V_0 T}{T_0 P} = 322 \text{ мл}.$$

269. Вычисление массы гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 1,3 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 52 \text{ г}.$$

Уравнение реакции:



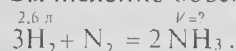
Определение вещества, находящегося в недостатке:

Al	NaOH
$\frac{2,1 \text{ г}}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль}$	$\frac{52 \text{ г}}{2 \cdot 40 \text{ г/моль}} = 0,65 \text{ моль}$
Недостаток	Избыток

Вычисление объема водорода при н. у.:

$$\frac{2,1 \text{ г}}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{V(\text{H}_2)}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V(\text{H}_2) = 2,6 \text{ л.}$$

Вычисление объема аммиака:



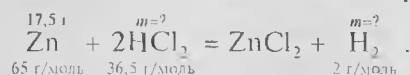
$$\frac{2,6 \text{ л}}{3} = \frac{V}{2}, \text{ откуда } V = 1,73 \text{ л.}$$

270. Объем шарика равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, после растворения

$$V = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{R}{2}\right)^3. \text{ Объем шарика уменьшился в 8 раз, и следовательно,}$$

масса уменьшилась в 8 раз и стала равной $\frac{20}{8} = 2,5 \text{ г}$. Масса цинка, вступившего в реакцию, равна $20 - 2,5 = 17,5 \text{ г}$.

Вычисление массы кислоты, прореагировавшей с цинком:



65 г/моль 36,5 г/моль

2 г/моль

$$\frac{17,5 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = \frac{m}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{HCl}) = 19,65 \text{ г.}$$

Вычисление массы водорода, выделившегося при реакции:

$$\frac{17,5 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = \frac{m}{2 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{H}_2) = 0,54 \text{ г.}$$

Вычисление массы исходного раствора кислоты:

Масса исходного раствора

x

Масса кислоты в исходном растворе

$0,15x$

Масса кислоты в полученном растворе

$0,15x - 19,65$

Масса полученного раствора

$x + m(\text{Zn}) - m(\text{H}_2) = x + 17,5 - 0,54 = x + 16,96$

Масса кислоты в полученном растворе

$0,1(x + 16,96)$

Алгебраическое уравнение

$0,15x - 19,65 = 0,1(x + 16,96), \text{ откуда } x = 427 \text{ г.}$

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

271. а) $0,84 \text{ м}^3 \text{ N}_2$; $40,74 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$; $0,42 \text{ м}^3$ других газов;

б) $32,76 \text{ м}^3 \text{ N}_2$; $8,82 \text{ м}^3 \text{ O}_2$; $0,013 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ и $0,39 \text{ м}^3$ других газов.

$$272. \quad V_1 = 0,0003 \cdot 500 \text{ м}^3 = 0,15 \text{ м}^3.$$

$$V_2 = 0,045 \cdot 500 \text{ м}^3 = 22,5 \text{ м}^3.$$

$$V_2 - V_1 = 22,35 \text{ м}^3.$$

273. Пусть объем воздуха равен 1 л, тогда

$$V(\text{N}_2) = 0,7809 \text{ л}; V(\text{O}_2) = 0,2095 \text{ л}; V(\text{Ar}) = 0,0093 \text{ л}; V(\text{CO}_2) =$$

$$= 0,0003 \text{ г.} \quad m(\text{N}_2) = \frac{0,7809 \text{ л} \cdot 28 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,976 \text{ г}; \quad m(\text{O}_2) =$$

$$= \frac{0,2095 \text{ л} \cdot 32 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,299 \text{ г}; \quad m(\text{Ar}) = \frac{0,0093 \text{ л} \cdot 40 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,017 \text{ г};$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{0,0003 \text{ л} \cdot 44 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,0006 \text{ г.}$$

$$m_{\text{общ.}} = 0,976 \text{ г} + 0,299 \text{ г} + 0,017 \text{ г} + 0,0006 \text{ г} = 1,2926 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{N}_2) = \frac{0,976 \text{ г}}{1,2926 \text{ г}} = 0,755; \quad \omega(\text{O}_2) = \frac{0,299 \text{ г}}{1,2926 \text{ г}} = 0,231;$$

$$\omega(\text{Ar}) = \frac{0,017 \text{ г}}{1,2926 \text{ г}} = 0,013; \quad \omega(\text{CO}_2) = \frac{0,0006 \text{ г}}{1,2926 \text{ г}} = 0,0005.$$

274. Согласно закону Авогадро в равных объемах любых газов при одинаковых температуре и давлении содержится одинаковое число молекул $N(\text{He}) = N(\text{Ar}) = N$.

$$\omega(\text{He}) = \frac{NA(\text{He})}{NA(\text{He}) + NA(\text{Ar})} = \frac{4}{4 + 40} \cdot 100\% = 9,1\%.$$

275. В 1 л смеси 0,35 л CO и 0,65 л CO₂.

$$m(\text{смесь}) = \frac{0,35 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 28 \text{ г/моль} + \frac{0,65 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 44 \text{ г/моль} = 1,71 \text{ г.}$$

276. Объемная доля CO — x ,

$$\text{масса CO} = \frac{x \cdot 15 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 28 \text{ г/моль}.$$

$$\text{Объемная доля CO}_2 = 1 - x, \text{ масса CO}_2 = \frac{(1 - x) \cdot 15 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 44 \text{ г/моль}.$$

$$m(\text{смеси}) = \frac{x \cdot 15 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 28 \text{ г/моль} + \frac{(1 - x) \cdot 15 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 44 \text{ г/моль} = 27,18 \text{ г.}$$

$$18,75x + (1 - x)29,46 = 27,18, \text{ откуда } x = 0,21.$$

Состав смеси (в объем. %) : 0,21CO и 0,79CO₂.

277. Пусть объем смеси равен 1 л, тогда масса смеси равна:

$$\frac{0,3 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 16 \text{ г/моль} + \frac{0,5 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 29 \text{ г/моль} +$$

$$+ \frac{0,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} \cdot 44 \text{ г/моль} = 1,254 \text{ г. Плотность смеси} = 1,254 \text{ г/л.}$$

278. Средняя молярная масса смеси газов А, В,... равна

$$M_{\text{ср}} = \chi_A M(A) + \chi_B M(B) + \dots$$

где, $\chi_A, \chi_B, \dots$ — мольные (молярные) доли газов в смеси; $M(A), M(B), \dots$ — их молярные массы. Мольные доли χ совпадают с объемными долями φ газов в смеси: $\chi_A = \varphi_A, \chi_B = \varphi_B, \dots$ и следовательно, $M_{\text{ср}} = \varphi_A M(A) + \varphi_B M(B) + \dots$

Средняя молярная масса смеси:

$$0,75 \cdot 2 \text{ г/моль} + 0,25 \cdot 4 \text{ г/моль} = 2,5 \text{ г/моль}.$$

279. Объемная доля O_2 — x , объемная доля O_3 — $(1 - x)$.

Средняя молярная масса смеси: $2 \cdot 18 = 36 \text{ г/моль}$.

$$x \cdot 32 \text{ г/моль} + (1 - x)48 \text{ г/моль} = 36 \text{ г/моль}, \text{ откуда } x = 0,75.$$

Состав смеси: $0,75O_2$ и $0,25O_3$.

280. $M(\text{смеси}) = 0,586 \cdot 29 = 17 \text{ г/моль}$.

Объемная доля H_2 — x , объемная доля O_2 — $(1 - x)$.

$$2x + 32(1 - x) = 17, \text{ откуда } x = 0,5.$$

$\varphi(H_2) = 0,5$ и $\varphi(O_2) = 0,5$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ УСЛОВИИ ПРОТЕКАНИЯ В НИХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

281. $2H_2 + O_2 \xrightarrow{27 \text{ мл}} 2H_2O$.

Изменение объема исходной смеси $87 - 60 = 27$ (мл) равно объему кислорода, вступившего в реакцию.

Состав смеси: $27 \text{ мл } O_2$ и $60 \text{ мл } H_2$, $\varphi(O_2) = 31\%$ и $\varphi(H_2) = 69\%$.

282. $2CO + O_2 = 2CO_2$.

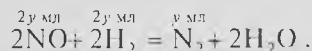
Определение вещества, находящегося в недостатке.

CO	O_2
$\frac{2 \text{ л}}{2} = 1 \text{ л}$	$\frac{2 \text{ л}}{1} = 2 \text{ л}$
Недостаток	Избыток

$$V_{CO} = V_{CO_2} = 2 \text{ л}.$$

Состав смеси: $2 \text{ л } CO_2$ и $1 \text{ л } O_2$, $\varphi(CO_2) = 67\%$ и $\varphi(O_2) = 33\%$.

283. $N_2O + H_2 \xrightarrow{x \text{ мл}} N_2 + H_2O \xrightarrow{x \text{ мл}}$



Водород взят в избытке, объем оставшегося водорода: $80 - 50 = 30$ (мл).

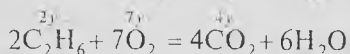
Система алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 50 \\ x + y = 62,5 - 30 = 32,5, \end{cases}$$

откуда $x = 15$ мл и $y = 17,5$ мл

$$\varphi(\text{N}_2\text{O}) = \frac{15 \text{ мл}}{50 \text{ мл}} = 0,3.$$

$$\varphi(\text{NO}) = \frac{2 \cdot 17,5 \text{ мл}}{50 \text{ мл}} = 0,7.$$



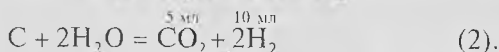
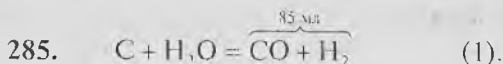
Система алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 25 \\ x + 4y + z = 60 \\ 2x + 7y + z = 95, \end{cases}$$

где z — объем кислорода, не вступившего в реакцию,

$x = 5$ мл, $y = 10$ мл.

$\varphi(\text{CH}_4) = 20\%$, $\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 80\%$.



$V(\text{CO}_2) = 5$ мл, $V(\text{CO}) = 42,5$ мл, $V(\text{H}_2) = 42,5 + 10 = 52,5$ (мл).

$\varphi(\text{CO}_2) = 5\%$, $\varphi(\text{CO}) = 42,5\%$, $\varphi(\text{H}_2) = 52,5$ мл.

286.

Количество вещества, моль	2H_2	+	O_2	=	$2\text{H}_2\text{O}$
до реакции	x				$15 - x$
прореагировало	$-x$				$-x/2$
осталось	0				$15 - x - x/2$

Алгебраическое уравнение: $15 - x - x/2 = 4,5$, откуда $x = 7$ моль.

Состав смеси:

$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{7 \text{ моль}}{15 \text{ моль}} = 0,47, \varphi(\text{O}_2) = 0,53.$$

287.

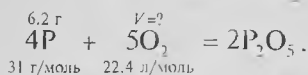
Количество вещества, моль	H_2	+	Cl_2	=	2HCl
до реакции	$3n$		$2n$		0
прореагировало	$-n$		$-n$		$+2n$
осталось	$2n$		n		$2n$

HCl растворяется в воде, и в результате количество вещества газов в сосуде составит $3n$.

Давление уменьшится на 40%.

288. Объем воздуха при н. у.: $\frac{145 \text{ л}}{29 \text{ г/моль}} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 112 \text{ л}$.

Вычисление объема O_2 , вступившего в реакцию:



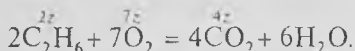
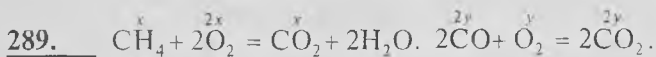
$$\frac{6,2 \text{ г}}{4 \cdot 31 \text{ г/моль}} = \frac{V}{5 \cdot 22,4 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } V(O_2) = 5,6 \text{ л}.$$

Объем воздуха, оставшегося в сосуде после реакции:

$$112 \text{ л} - 5,6 \text{ л} = 106,4 \text{ л}.$$

Отношение давлений:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{106,4 \text{ л}}{112 \text{ л}} = 0,95.$$

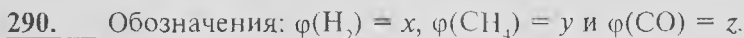


Система алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y + 2z = 134,4 \text{ л} \\ x + 2y + 4z = 179,2 \text{ л} \end{cases}$$

откуда $2z = 44,8$ и $z = 22,4 \text{ л}$

$$V(C_2H_6) = 2z = 44,8 \text{ л и } \varphi(C_2H_6) = \frac{44,8 \text{ л}}{134,4 \text{ л}} = 0,33.$$



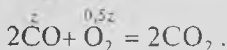
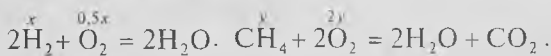
$$x + y + z = 1.$$

Масса 1 моль смеси газов: $0,857 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 19,2 \text{ г/моль}$.

$$m(H_2) = 2x, m(CH_4) = 16y \text{ и } m(CO) = 28z.$$

$$2x + 16y + 28z = 19,2.$$

Уравнения реакций:



$$0,5x + 2y + 0,5z = 0,21 \cdot 4,52 = 0,95.$$

Система алгебраических уравнений:

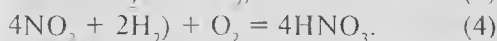
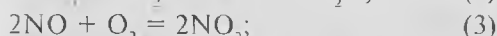
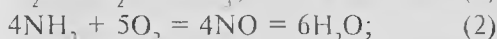
$$\begin{cases} x + y + z = 1 \\ x + 8y + 14z = 9,6 \\ x + 4y + z = 1,9 \end{cases}$$

откуда $x = 0,2$; $y = 0,3$ и $z = 0,5$.

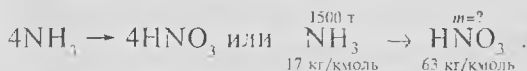
Состав смеси: 20% H_2 ; 30% CH_4 , 50% CO .

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

291. Если в задаче имеется цепь последовательных химических превращений вещества, то вычисления по каждой реакции не выполняется. Следует составить уравнения всех реакций и по соотношению соответствующих коэффициентов в уравнениях — стехиометрическую схему.



Количество вещества азота должно перейти неизменным в последующие уравнения в качестве исходного вещества. В связи с этим уравнения (1) и (3) следует умножить на 2. Тогда стехиометрическая схема имеет вид:



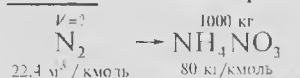
Вычисление массы азотной кислоты:

$$\frac{1500 \text{ т}}{17 \text{ кг/кмоль}} = \frac{x}{63 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } x = 5560 \text{ т HNO}_3.$$

Вычисление массы раствора кислоты:

$$m(\text{р-р}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega} = \frac{5560 \text{ т}}{0,63} = 8825 \text{ т}.$$

292. Стехиометрическая схема:



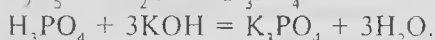
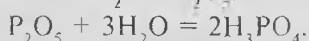
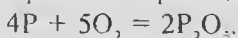
$$V_{\text{N}_2} = \frac{1000 \text{ кг} \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}{80 \text{ кг/кмоль}} = 280 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{возд}} = \frac{280 \text{ м}^3}{0,79} = 354,4 \text{ м}^3.$$

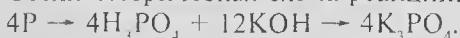
293. Вычисление массы гидроксида калия:

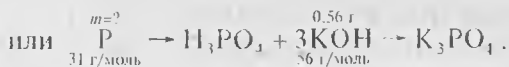
$$m(\text{KOH}) = cMV = 0,25 \text{ моль/л} \cdot 56 \text{ г/моль} \cdot 0,040 \text{ л} = 0,56 \text{ г KOH}.$$

Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема реакции:





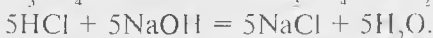
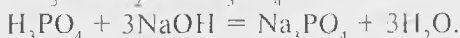
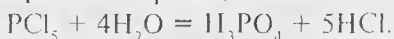
Вычисление массы фосфора:

$$\frac{m}{31 \text{ г/моль}} = \frac{0,56 \text{ г}}{3 \cdot 56 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m = 0,10 \text{ г P.}$$

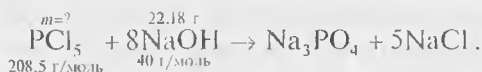
294. Вычисление массы гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 1,109 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 22,18 \text{ г.}$$

Уравнения реакций:



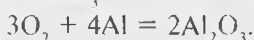
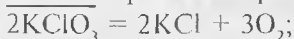
Стехиометрическая схема:



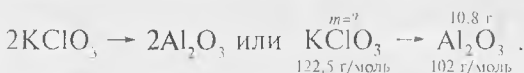
Вычисление массы PCl_5 :

$$\frac{m}{208,5 \text{ г/моль}} = \frac{22,18 \text{ г}}{8 \cdot 40 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{PCl}_5) = 14,45 \text{ г.}$$

295. Уравнения реакций:



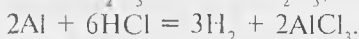
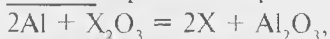
Стехиометрическая схема:



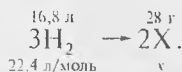
Вычисление массы бертолетовой соли:

$$\frac{m}{122,5 \text{ г/моль}} = \frac{10,8 \text{ г}}{102 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{KClO}_3) = 12,97 \text{ г.}$$

296. Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



Вычисление атомной массы металла X:

$$\frac{16,8 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}} = \frac{28 \text{ г}}{2x}, \text{ откуда } x = 56 \text{ г/моль (железо).}$$

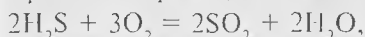
297. Приведение объема газа к нормальным условиям:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{12,2 \text{ л} \cdot 273 \text{ К}}{298 \text{ К}} = 11,2 \text{ л.}$$

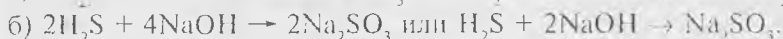
Вычисление массы гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = \omega m(p-p) = m\rho V = 0,25 \cdot 1,28 \text{ г/мл} \cdot 500 \text{ мл} = 160 \text{ г.}$$

Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



Определение вещества, находящегося в недостатке:

H_2S	NaOH
$\frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}$	$\frac{160 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль}$
Недостаток	Избыток

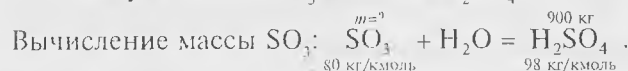
При избытке щелочи образуется средняя соль Na_2SO_3 .



$$\frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{m}{123 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 61,5 \text{ г.}$$

298. Вычисление массы SO_3 в oleume:

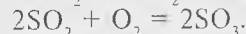
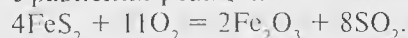
В 1 т oleума 100 кг SO_3 и 900 кг H_2SO_4 .



$$\frac{m}{80 \text{ кг/кмоль}} = \frac{900 \text{ кг}}{98 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{SO}_3) = 734,7 \text{ кг.}$$

Общая масса SO_3 : $100 + 734,7 = 834,7 \text{ (кг)}$.

Уравнения реакций:



Стехиометрическая схема:



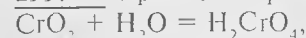
Вычисление массы FeS_2 :

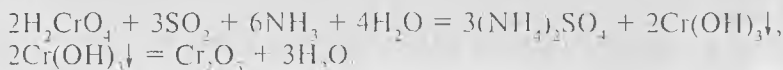
$$\frac{m}{120 \text{ кг/кмоль}} = \frac{834,7 \text{ кг}}{2 \cdot 80 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{FeS}_2) = 626 \text{ кг.}$$

Вычисление массы FeS_2 :

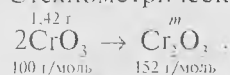
$$\frac{626 \text{ кг}}{0,9} = 626 \text{ кг.}$$

299. Уравнения реакций:





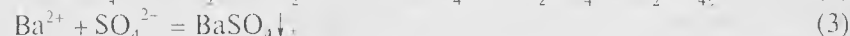
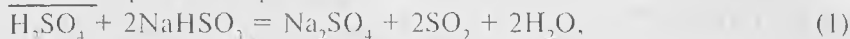
Стехиометрическая схема:



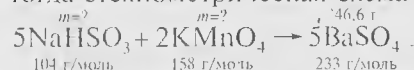
Вычисление массы оксида хрома (VI):

$$\frac{1,42 \text{ г}}{2 \cdot 100 \text{ г/моль}} = \frac{m}{152 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 1,08 \text{ г}.$$

300. Уравнения реакций:



Уравнение (1) следует умножить на 2,5, а уравнение (3) — на 5, тогда стехиометрическая схема имеет вид:



Вычисление массы NaHSO_3 :

$$\frac{m}{5 \cdot 104 \text{ г/моль}} = \frac{46,6 \text{ г}}{5 \cdot 233 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{NaHSO}_3) = 20,8 \text{ г}.$$

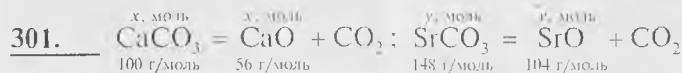
Вычисление массы KMnO_4 :

$$\frac{m}{2 \cdot 158 \text{ г/моль}} = \frac{46,6 \text{ г}}{5 \cdot 233 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{KMnO}_4) = 12,64 \text{ г}.$$

Вычисление молярной концентрации KMnO_4 :

$$c = \frac{12,64 \text{ г}}{158 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 0,08 \text{ моль/л}.$$

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО УРАВНЕНИЯМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ



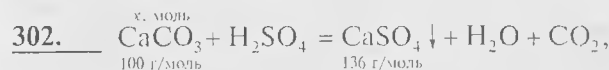
Система алгебраических уравнений: $\begin{cases} 100x + 148y = 8,69 \\ 56x + 104y = 5,39. \end{cases}$

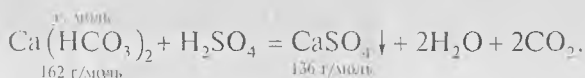
откуда $x = 0,05$ моль и $y = 0,025$ моль.

Вычисление массовых долей:

$$\omega(\text{CaCO}_3) = \frac{0,05 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль}}{8,69 \text{ г}} \cdot 100\% = 57,5\%.$$

$$\omega(\text{SrCO}_3) = 42,5\%.$$





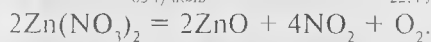
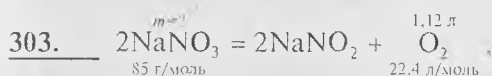
Система алгебраических уравнений:
$$\begin{cases} 100x + 162y = 14,8 \\ (x + y)136 = 14,5. \end{cases}$$

откуда $x = 0,04$ моль и $y = 0,07$ моль.

Вычисление массовых долей:

$$\omega(\text{CaCO}_3) = \frac{0,04 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль}}{14,8 \text{ г}} \cdot 100\% = 27\%$$

$$\omega[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2] = 73\%.$$



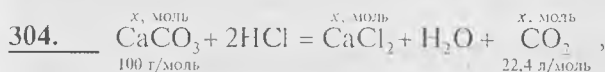
Поглотилось водой ($4\text{NO}_2 + \text{O}_2$) газов, поэтому осталось 1,12 л O_2 .

Вычисление массы NaNO_3 :

$$\frac{m}{2 \cdot 85 \text{ г/моль}} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m(\text{NaNO}_3) = 8,5 \text{ г}.$$

Вычисление массовых долей:
$$\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{8,5 \text{ г}}{20,5 \text{ г}} \cdot 100\% = 41,5\%,$$

$$\omega[\text{Zn}(\text{NO}_3)_2] = 58,5\%:$$



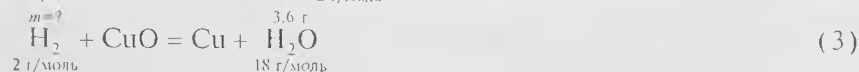
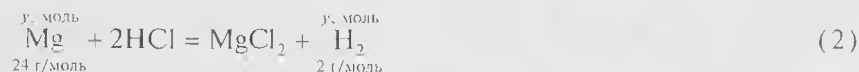
Система алгебраических уравнений:
$$\begin{cases} 100x + 106y = 7,12 \\ (x + y) \cdot 22,4 = 1,568, \end{cases}$$

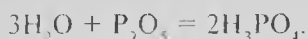
откуда $x = 0,05$ моль и $y = 0,02$ моль.

Вычисление массы CaSO_4 :
$$\overset{0,02 \text{ моль}}{\text{CaCl}_2} + \overset{0,02 \text{ моль}}{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 2\text{NaCl} + \text{CaSO}_4 \downarrow.$$

$$m(\text{CaSO}_4) = 0,02 \text{ моль} \cdot 136 \text{ г/моль} = 6,8 \text{ г}.$$

305. Уравнения реакций:





Вычисление массы водорода по уравнению (3):

$$\frac{m}{2 \text{ г/моль}} = \frac{3,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{H}_2) = 0,4 \text{ г.}$$

Система алгебраических уравнений:
$$\begin{cases} 54x + 24y = 4,3 \\ 2(3x + y) = 0,4, \end{cases}$$

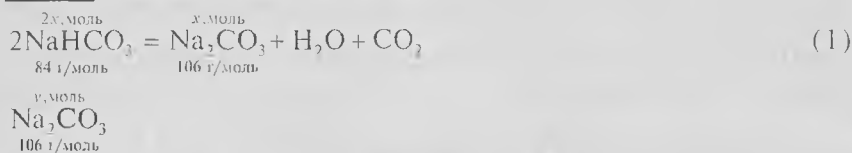
откуда $x = 0,028$ моль и $y = 0,116$ моль.

Вычисление массовых долей:

$$\omega(\text{Mg}) = \frac{0,116 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль}}{4,3 \text{ г}} \cdot 100\% = 64,6\%,$$

$$\omega(\text{Al}) = 35,4\%.$$

306. Уравнения реакций:



Система алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 84 \cdot 2x + 106y = 95 \\ (x + y) \cdot 106 = 79,5, \end{cases}$$

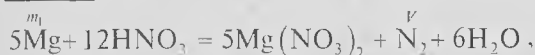
откуда $x = 0,25$ моль и $y = 0,5$ моль.

Вычисление массовых долей:

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{2 \cdot 0,25 \text{ моль} \cdot 84 \text{ г/моль}}{95 \text{ г}} \cdot 100\% = 44,2\%,$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 55,8\%.$$

307. Уравнения реакций:



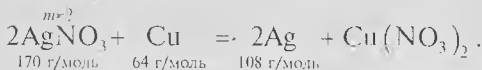
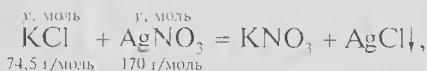
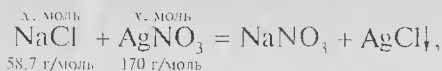
Стехиометрическое соотношение для уравнения (1):
$$\frac{m_1}{5M(\text{Mg})} = \frac{V}{V_m}.$$

Стехиометрическое соотношение для уравнения (2):
$$\frac{m_2}{10M(\text{Al})} = \frac{V}{3V_m}.$$

$$\frac{m_1}{5M(\text{Mg})} : \frac{m_2}{10M(\text{Al})} = \frac{V}{V_m} : \frac{V}{3V_m}.$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 24 \text{ г/моль}}{10 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{4}{3}.$$

308. Уравнения реакции:



Вычисление массы AgNO_3 , оставшегося в растворе:

Изменение массы пластинки равно $8,54 - 6,0 = 2,54$ (г).

Разность молярных масс меди и серебра равна $108 - 64 = 44$ (г/моль).

$$\frac{m}{2 \cdot 170 \text{ г/моль}} = \frac{2,54 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m = 19,6 \text{ г.}$$

Масса AgNO_3 , вступившего в реакцию, равна $33,2 - 19,6 = 13,6$ (г).

Система алгебраических уравнений:

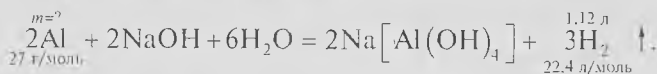
$$\begin{cases} 58,5x + 74,5y = 5 \\ 170(x + y) = 13,6, \end{cases}$$

откуда $x = 0,06$ моль и $y = 0,02$ моль.

$$m(\text{NaCl}) = 0,06 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 3,51 \text{ г.}$$

$$m(\text{KCl}) = 0,02 \text{ моль} \cdot 74,5 \text{ г/моль} = 1,49 \text{ г.}$$

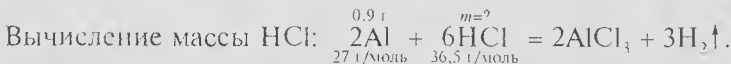
309. Из компонентов смеси только алюминий взаимодействует с гидроксидом натрия.



Вычисление массы Al:

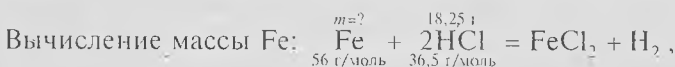
$$\frac{m}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{1,12 \text{ л}}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Al}) = 0,90 \text{ г.}$$

С соляной кислотой взаимодействуют алюминий и железо.



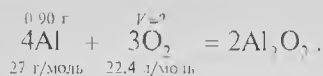
$$\frac{0,90 \text{ г}}{2 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{m}{6 \cdot 36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{HCl}) = 3,65 \text{ г.}$$

Следовательно, с железом прореагировало $21,9 - 3,65 = 18,25$ (г) HCl.



$$\frac{m}{56 \text{ г/моль}} = \frac{18,25 \text{ г}}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Fe}) = 14,0 \text{ г.}$$

Вычисление объема кислорода, вступившего в реакцию с Al:



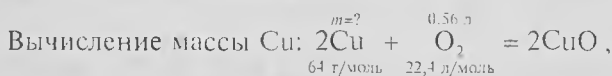
$$\frac{0,90 \text{ г}}{4 \cdot 27 \text{ г/моль}} = \frac{V}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V(\text{O}_2) = 0,56 \text{ л}.$$

Вычисление объема кислорода, вступившего в реакцию с Fe:

$$\frac{14 \text{ г}}{4 \cdot 56 \text{ г/моль}} = \frac{V}{3 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V(\text{O}_2) = 4,2 \text{ л}.$$

Объем кислорода, вступившего в реакцию с медью:

$$5,32 - 0,56 - 4,2 = 0,56 \text{ (л)}.$$



$$\frac{m}{2 \cdot 64 \text{ г/моль}} = \frac{0,56 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } m(\text{Cu}) = 3,2 \text{ г}.$$

Состав смеси: 0,9 г Al; 14,0 г Fe; 3,2 г Cu.

310. $M(\text{NO}) = 30 \text{ г/моль}$; $M(\text{NO}_2) = 46 \text{ г/моль}$.

Обозначим молярную долю NO в смеси x , молярную долю NO_2 — $(1 - x)$. Тогда

$$30x + 46(1 - x) = 1,786 \cdot 22,4 = 40,01, \text{ откуда } x = 0,375.$$

Количество вещества NO в 8,96 л:

$$n(\text{NO}) = 0,375 \cdot 8,96/22,4 = 0,15 \text{ моль}.$$

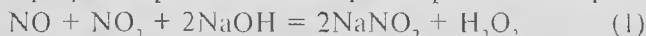
Количество вещества NO_2 в 8,96 л:

$$n(\text{NO}_2) = 8,96/22,4 - 0,15 = 0,25 \text{ моль}.$$

Количество вещества NaOH:

$$0,250 \text{ л} \cdot 2 \text{ моль/л} = 0,50 \text{ моль}.$$

При растворении смеси в растворе щелочи происходят реакции:



В реакции (1) расходуется $2 \cdot 0,15 \text{ моль} = 0,30 \text{ моль}$ NaOH, в реакции (2) — $0,10 \text{ моль}$ NaOH. Общий расход щелочи — $0,40 \text{ моль}$.

В реакции (1) образуется $0,30 \text{ моль}$ NaNO_2 , а в реакции (2) — $0,05 \text{ моль}$ NaNO_2 , всего $0,35 \text{ моль}$. В реакции (2) образуется $0,05 \text{ моль}$ NaNO_3 .

Таким образом, после поглощения газовой смеси в растворе находятся: NaOH — $0,10 \text{ моль}$, NaNO_2 — $0,35 \text{ моль}$, NaNO_3 — $0,05 \text{ моль}$.

Молярные концентрации составляют:

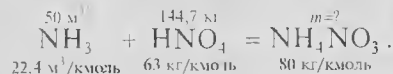
$$c(\text{NaOH}) = 0,40 \text{ моль/л}; \quad c(\text{NaNO}_2) = 1,40 \text{ моль/л}; \quad c(\text{NaNO}_3) = 0,20 \text{ моль/л}.$$

ВЫЧИСЛЕНИЯ **ПО УРАВНЕНИЯМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ** **С УЧЕТОМ ПРАКТИЧЕСКОГО ВЫХОДА ПРОДУКТА**

311. Вычисление массы HNO_3 :

$$m(\text{HNO}_3) = 0,65 \cdot 1391 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,160 \text{ м}^3 = 144,7 \text{ кг } \text{HNO}_3.$$

Определение вещества, находящегося в недостатке:



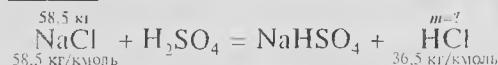
NH_3	HNO_3
$\frac{50 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = 2,23 \text{ кмоль}$	$\frac{144,7 \text{ кг}}{63 \text{ кг/кмоль}} = 2,30 \text{ кмоль}$
Недостаток	Избыток

Вычисление теоретически возможной массы NH_4NO_3 :

$$\frac{50 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = \frac{m}{80 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 178,6 \text{ кг}.$$

$$\text{Вычисление практического выхода: } \eta = \frac{142,3 \text{ кг}}{178,6 \text{ кг}} \cdot 100\% = 80\%.$$

312. Вычисление теоретически возможной массы HCl :



Вычисление практически возможной массы HCl :

$$m_{\text{практ}} = \eta \cdot m_{\text{теор}} = 0,68 \cdot 36,5 \text{ кг} = 24,8 \text{ кг } \text{HCl}.$$

Вычисление объема раствора HCl :

$$V = \frac{m(\text{HCl})}{\rho_{\text{р}}} = \frac{24,8 \text{ кг}}{0,10 \cdot 1047 \text{ кг/м}^3} = 237 \text{ л}.$$

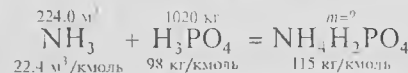
313. Приведение объема аммиака к н. у.:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}, \text{ откуда } V_0 = \frac{VT_0}{T} = \frac{244,5 \text{ м}^3 \cdot 273 \text{ К}}{298 \text{ К}} = 224,0 \text{ м}^3.$$

Вычисление массы H_3PO_4 :

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = \omega m(\text{р-р}) = 0,60 \cdot 1,7 \text{ т} = 1,02 \text{ т } \text{H}_3\text{PO}_4.$$

Определение вещества, находящегося в недостатке:



NH_3	H_3PO_4
$\frac{224,0 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = 10 \text{ кмоль}$	$\frac{1020 \text{ кг}}{98 \text{ кг/кмоль}} = 10,4 \text{ кмоль}$
Недостаток	Избыток

Вычисление теоретически возможной массы $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$:

$$\frac{224,0 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}} = \frac{m}{115 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 1150 \text{ кг}.$$

Вычисление практически возможной массы $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$:

$$m_{\text{практ}} = \eta \cdot m_{\text{теор}} = 0,78 \cdot 1150 \text{ кг} = 897 \text{ кг}.$$



Вычисление теоретически возможной массы азотной кислоты:

$$\frac{1500 \text{ кг}}{17 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m}{63 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{HNO}_3) = 5,6 \text{ т}.$$

Вычисление практически возможной массы HNO_3 :

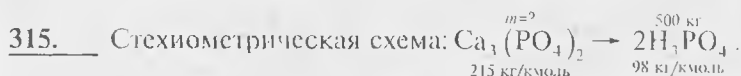
$$\eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}}, \text{ откуда } m_{\text{практ}} = 0,72 \cdot 5,6 \text{ т} = 4,0 \text{ т HNO}_3.$$

Вычисление массы раствора HNO_3 :

$$m(\text{р-р}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{\omega} = \frac{4,0 \text{ т}}{0,65} = 6,1 \text{ т}.$$

Вычисление объема раствора HNO_3 :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{6100 \text{ кг}}{1391 \text{ кг/м}^3} = 4,38 \text{ м}^3.$$



Вычисление теоретически возможной массы $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:

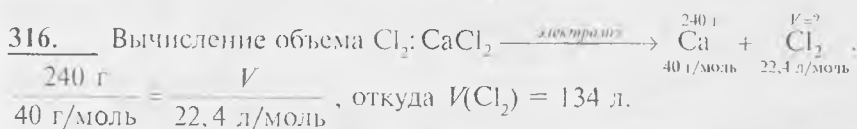
$$\frac{m}{215 \text{ кг/кмоль}} = \frac{500 \text{ кг}}{2 \cdot 98 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = 548 \text{ кг}.$$

Вычисление массы $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ с добавкой на производственные потери:

$$m[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = \frac{548 \text{ кг}}{0,82} = 668 \text{ кг}.$$

Вычисление массовой доли $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:

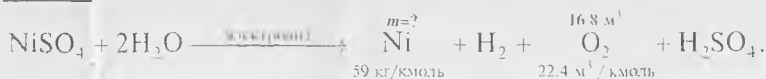
$$\frac{668 \text{ кг}}{840 \text{ кг}} \cdot 100\% = 79\%.$$



Вычисление практического выхода Cl_2 :

$$\eta = \frac{134 \text{ л}}{198 \text{ л}} \cdot 100\% = 68\%.$$

317. Вычисление теоретической массы никеля:

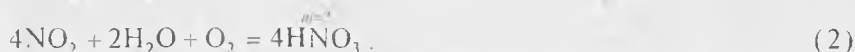
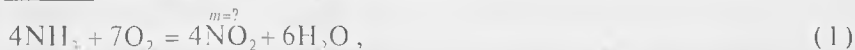


$$\frac{m}{59 \text{ кг/кмоль}} = \frac{16,8 \text{ м}^3}{22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{Ni}) = 44,25 \text{ кг}.$$

Вычисление практически возможной массы Ni:

$$m_{\text{практ}} = \eta \cdot m_{\text{теор}} = 0,77 \cdot 44,25 \text{ кг} = 34,07 \text{ кг Ni}.$$

318. Уравнения реакций:



Вычисление теоретически возможной массы NO₂:

$$\frac{1000 \text{ кг}}{4 \cdot 17 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m}{4 \cdot 46 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{NO}_2) = 2,7 \text{ т}.$$

Вычисление практически возможной массы NO₂:

$$m_{\text{практ}}(\text{NO}_2) = 0,98 \cdot 2,7 \text{ т} = 2,6 \text{ т NO}_2.$$

Вычисление теоретически возможной массы HNO₃:

$$\frac{2,6 \text{ т}}{4 \cdot 46 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m}{4 \cdot 63 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{HNO}_3) = 3,6 \text{ т}.$$

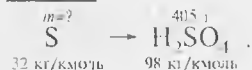
Вычисление практически возможной массы HNO₃:

$$m_{\text{практ}}(\text{HNO}_3) = 0,94 \cdot 3,6 \text{ т} = 3,4 \text{ т}.$$

Вычисление массы раствора HNO₃:

$$\frac{3,4 \text{ т}}{0,55} = 6,2 \text{ т}.$$

319. Вычисление теоретически необходимой массы серы:



$$\frac{m}{32 \text{ кг/кмоль}} = \frac{405 \text{ т}}{98 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{S}) = 132 \text{ т}.$$

Вычисление массы серы с учетом производственных потерь:

$$\frac{132 \text{ т}}{0,95} = 139 \text{ т S}.$$

$$\text{Вычисление массы серного колчедана: } \frac{139 \text{ т}}{0,45} = 309 \text{ т}.$$

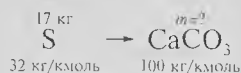
320. Вычисление массы серы:

$$m(\text{S}) = 0,017 \cdot 1000 \text{ кг} = 17 \text{ кг}.$$

Уравнения реакций:



Вычисление массы карбоната кальция по стехиометрической схеме:



$$\frac{17 \text{ кг}}{32 \text{ кг/кмоль}} = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{100 \text{ кг/кмоль}}, \text{ откуда } m(\text{CaCO}_3) = 53 \text{ кг.}$$

Вычисление массы карбоната с учетом эффективности процесса:

$$m(\text{CaCO}_3) = \frac{53 \text{ кг}}{0,22} = 241 \text{ кг.}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ОТНОШЕНИЙ

321. Между молярной массой $M(A)$, молярной массой эквивалентов $M\left(\frac{1}{Z}A\right)$ и эквивалентным числом Z существует простое соотношение: $Z = \frac{M(A)}{M\left(\frac{1}{Z}A\right)}$.

Эквивалентное число кальция: $40 \text{ г/моль} : 20 \text{ г/моль} = 2$.

Эквивалентное число фосфора: $31 \text{ г/моль} : 10,32 \text{ г/моль} = 3$.

Формула фосфида: Ca_3P_2 .

322. На основе закона эквивалентных отношений: массы реагирующих веществ относятся между собой как молярные массы их химических эквивалентов:

$$\frac{m(\text{Me})}{m(\text{O}_2)} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{O}_2)},$$

где $M_{\text{экв}}(\text{O}_2)$ — молярная масса эквивалентов кислорода, равная 8 г/моль .

$$M_{\text{экв}}(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) M_{\text{экв}}(\text{O}_2)}{m(\text{O}_2)} = \frac{1 \text{ г} \cdot 8 \text{ г/моль}}{1,143 \text{ г}} = 7 \text{ г/моль (литий)}.$$

Формула оксида: Li_2O .

323. Поскольку продукт реакции — газообразное вещество, закон эквивалентных отношений можно записать в виде:

$$\frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{V_{\text{экв}}(\text{H}_2)},$$

где $V_{\text{экв}}(\text{H}_2)$ — объем эквивалентов водорода, равный $11,2 \text{ л/моль (н. у.)}$

$$M_{\text{экв}}(\text{Me}) = \frac{1,75 \text{ г} \cdot 11,2 \text{ л}}{0,7 \text{ л/моль}} = 28 \text{ г/моль.}$$

Атомная масса металла равна $28 \cdot Z$, при $Z = 2$, металл — железо, формула хлорида: FeCl_2 .

324. Массовая доля кислорода: $100 - 52,94 = 47,06 (\%)$.

Поскольку в условии задачи даны массовые доли элементов, закон эквивалентных отношений можно записать в виде:

$$\frac{\omega(\text{Me})}{\omega(\text{O})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{O}_2)}, \text{ откуда}$$

$$M_{\text{экв}}(\text{Me}) = \frac{52,94\% \cdot 8 \text{ г/моль}}{47,06\%} = 9 \text{ г/моль}.$$

При $Z = 3$ металл — алюминий, формула оксида — Al_2O_3 .

325. Молярная теплоемкость C и удельная теплоемкость c связаны между собой соотношением: $C = cM(\text{A})$, где $M(\text{A})$ — молярная масса атомов металла (атомная масса). Согласно правилу Дюлонга и Пти: молярная теплоемкость большинства простых твердых тел при небольших отклонениях от обычной температуры приблизительно равно $25 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$. Следовательно, если известна удельная теплоемкость можно рассчитать приближенное значение атомной массы. Это значение можно уточнить, если рассчитать на основе экспериментальных данных молярную массу эквивалентов металла. Отношение приближенной атомной массы к молярной массе эквивалентов металла следует округлить до целого числа Z . Тогда уточненное значение атомной массы можно получить, умножив эквивалентное число Z на молярную массу эквивалентов металла. Приближенная атомная масса металла:

$$M(\text{A}) = \frac{C}{c} = \frac{25 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})}{0,385 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{K})} = 65 \text{ г/моль}.$$

Масса кислорода: $m(\text{O}) = 1 - 0,799 = 0,201 (\text{г})$.

Молярная масса эквивалентов металла:

$$\frac{m(\text{Me})}{m(\text{O})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{O})},$$

$$\text{откуда } M_{\text{экв}}(\text{Me}) = \frac{0,799 \text{ г} \cdot 8 \text{ г/моль}}{0,203 \text{ г}} = 31,8 \text{ г/моль}.$$

Эквивалентное число Z :

$$Z = \frac{65 \text{ г/моль}}{31,8 \text{ г/моль}} = 2.$$

Уточненная атомная масса: $2 \cdot 31,8 \text{ г/моль} = 63,6 \text{ г/моль}$ (меди)

Формула оксида: CuO .

326. Приблизительная атомная масса:

$$M(\text{A}) = \frac{25 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})}{0,113 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{K})} = 221 \text{ г/моль}.$$

Молярная масса эквивалентов:

$$M_{\text{экв}}(\text{A}) = \frac{1,00 \text{ г} \cdot 11,2 \text{ л/моль}}{0,142 \text{ л}} = 78,9 \text{ г/моль}.$$

Эквивалентное число: $Z = \frac{221}{78,9} \approx 3$.

Уточненная атомная масса: $M(\text{A}) = 3 \cdot 78,9 \text{ г/моль} = 236,7 \text{ г/моль}$ (уран).

327. Молярная масса эквивалентов оксида:

$$M_{\text{экв}}(\text{оксид}) = M_{\text{экв}}(\text{Me}) + 8.$$

Молярная масса эквивалентов сульфата:

$$M_{\text{экв}}(\text{сульфат}) = M_{\text{экв}}(\text{Me}) + 48.$$

Формула для расчета:

$$\frac{m(\text{оксид})}{m(\text{сульфат})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me}) + 8}{M_{\text{экв}}(\text{Me}) + 48}.$$

$$\frac{0,5}{1,5} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me}) + 8}{M_{\text{экв}}(\text{Me}) + 48}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{Me}) = 12 \text{ г/моль (магний)}.$$

328. $2\text{Me}^{b+} + b\text{CO}_3^{2-} = \text{Me}_2(\text{CO}_3)_b$.

$$\frac{\omega(\text{Me})}{\omega(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{M_{\text{экв}}(\text{CO}_3^{2-})},$$

$$\text{где } M_{\text{экв}}(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{60 \text{ г/моль}}{2} = 30 \text{ г/моль}.$$

Если известна массовая доля кислорода в соли (45,3%), можно рассчитать массовую долю углерода, металла и кислотного остатка:

$$3b \cdot 16 = 45,3\%$$

$$b \cdot 12 = \omega(\text{C})$$

$$\omega(\text{C}) = \frac{45,3 \cdot 12 \cdot b}{3 \cdot b \cdot 16} = 11,3\%.$$

$$\omega(\text{CO}_3^{2-}) = \omega(\text{C}) + \omega(\text{O}) = 11,3 + 45,3 = 56,6\%.$$

$$\omega(\text{Me}) = 100 - 56,6 = 43,4\%.$$

Формула для расчета молярной массы эквивалентов металла:

$$\frac{43,4\%}{56,6\%} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{Me})}{30 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } M_{\text{экв}}(\text{Me}) = 23 \text{ г/моль}.$$

При $Z = 1$ металл — натрий, формула карбоната — Na_2CO_3 .

329. Приближенная атомная масса:

$$M(\text{A}) = \frac{25 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}}{0,486 \text{ Дж/(г} \cdot \text{K)}} = 51,4 \text{ г/моль}.$$

Это может быть Ti, V, Cr или Mn.

Отношение нижних индексов атомов S и O:

$$n(S) : n(O) = \frac{19,8}{3,2} : \frac{49,1}{16} = 0,62 : 3,07 = 1 : 5.$$

Результаты действия хлорида бария приводят к выводу, что неизвестное соединение является сульфатом AOSO_4 .

На основе стехиометрического соотношения вычислим молярную массу атомов A:

$$\frac{31,3}{M(A)} = \frac{19,8}{32}, \text{ откуда } M(A) = 51 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, A — ванадий, формула соединения: VOSO_4 .

330. Формула соли — $\text{Na}_x\text{Э}_y\text{O}_z$.

$$\text{Массовая доля кислорода: } \omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot z}{23,5x + 43,5y}$$

$$\text{или } 0,421 = \frac{16 \cdot z}{66,5x},$$

$$\text{откуда } \frac{z}{x} = 1,75$$

$$\text{или } z : x = 1,75 : 1 = 1 : 4.$$

Молярная масса аниона равна $4 \cdot 43,5 = 174$ г/моль, тогда $M(\text{Э}) = 174 - 7 \cdot 16 = 62$ г/моль. При $y = 2$ Э — фосфор. Формула соли: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

МОЛЯРНАЯ МАССА ЭКВИВАЛЕНТОВ, МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭКВИВАЛЕНТОВ

331. а) $M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M\left(\frac{1}{3} \cdot \text{H}_3\text{PO}_4\right) = \frac{98 \text{ г/моль}}{3} = 32,7 \text{ г/моль};$

б) $M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M\left(\frac{1}{2} \cdot \text{H}_3\text{PO}_4\right) = \frac{98 \text{ г/моль}}{2} = 49 \text{ г/моль};$

в) $M_{\text{экв}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}.$

332. а) $M_{\text{экв}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = M[\text{Al}(\text{OH})_3] = 78 \text{ г/моль};$

б) $M_{\text{экв}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = M\left[\frac{1}{2} \text{Al}(\text{OH})_3\right] = 39 \text{ г/моль};$

в) $M_{\text{экв}}[\text{Al}(\text{OH})_3] = M\left[\frac{1}{3} \text{Al}(\text{OH})_3\right] = 26 \text{ г/моль}.$

333. а) $M\left(\frac{1}{2}\text{Ca}\right) = 20 \text{ г/моль}$; $M\left(\frac{1}{3}\text{Al}\right) = 9 \text{ г/моль}$;

$M\left(\frac{1}{2}\text{Mg}\right) = 12 \text{ г/моль}$; $M\left(\frac{1}{2}\text{Cu}\right) = 31,7 \text{ г/моль}$;

б) $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ г/моль}$; $M(\text{NO}_3^-) = 62 \text{ г/моль}$;

$M\left(\frac{1}{2}\text{SO}_4^{2-}\right) = 48 \text{ г/моль}$; $M\left(\frac{1}{3}\text{PO}_4^{3-}\right) = 31,7 \text{ г/моль}$.

334. Обозначения:

$M_{\text{экв}}(\text{Me}) = x$, $M_{\text{экв}}(\text{оксида}) = x + 8$, $M_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г/моль}$.

Вычисление молярной массы эквивалентов Me на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{оксид})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{оксид})}{M_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{O})}$$

а) $\frac{1,0}{0,126} = \frac{x+8}{9}$, откуда $x = 63,4 \text{ г/моль}$;

б) $\frac{1,0}{0,226} = \frac{x+8}{9}$, откуда $x = 31,82 \text{ г/моль}$.

335. Обозначения:

$M_{\text{экв}}(\text{Me}) = x$, $M_{\text{экв}}(\text{оксид}) = x + 8$, $M_{\text{экв}}(\text{сульфат}) = x + 48$.

Вычисления молярной массы эквивалентов Me на основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{оксид})}{m(\text{сульфат})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{оксид})}{M_{\text{экв}}(\text{сульфат})}$$

$\frac{5,6}{13,6} = \frac{x+8}{x+48}$, откуда $x = 20 \text{ г/моль}$.

$M(\text{Me}) = 2 \cdot 20 = 40 \text{ г/моль}$ (кальций).

336. Обозначения:

$M_{\text{экв}}(\text{X}) = x$, $M_{\text{экв}}(\text{XCl}_2) = x + 35,5$, $M_{\text{экв}}(\text{XS}) = x + 16$.

Вычисление молярной массы X на основе закона эквивалентных

отношений: $\frac{m(\text{XCl}_2)}{m(\text{XS})} = \frac{M_{\text{экв}}(\text{XCl}_2)}{M_{\text{экв}}(\text{XS})}$

$\frac{2,025}{1,44} = \frac{x+35,5}{x+16}$, откуда $x = 32 \text{ г/моль}$.

337. Молярная концентрация растворенного вещества A:

$$c(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})V}$$

Молярная концентрация эквивалентов А:

$$c\left(\frac{1}{Z}A\right) = \frac{m(A)}{M\left(\frac{1}{Z}A\right)V},$$

где Z — эквивалентное число, $M\left(\frac{1}{Z}A\right) = \frac{M(A)}{Z}$

$$c\left(\frac{1}{Z}A\right) = \frac{Zm(A)}{M(A)V} = Zc(A).$$

338. $\omega(A) = \frac{m(A)}{\rho V}$, откуда $m(A) = \omega\rho V$.

$$c(A) = \frac{m(A)}{M(A)V} = \frac{\omega\rho V}{M(A)V} = \frac{\omega\rho}{M(A)}.$$

$$c(H_3PO_4) = \frac{0,1 \cdot 1,053 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}}{98 \text{ г.моль}} = 1,07 \text{ моль/л}.$$

$$c\left(\frac{1}{3}H_3PO_4\right) = 3 \cdot c(H_3PO_4) = 3,21 \text{ моль/л}$$

339. $m(A) = c_{\text{экв}}(A)M_{\text{экв}}(A)V_A$; $m(B) = c_{\text{экв}}(B)M_{\text{экв}}(B)V_B$

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{M_{\text{экв}}(A)}{M_{\text{экв}}(B)};$$

$$\frac{c_{\text{экв}}(A)M_{\text{экв}}(A)V_A}{c_{\text{экв}}(B)M_{\text{экв}}(B)V_B} = \frac{M_{\text{экв}}(A)}{M_{\text{экв}}(B)},$$

откуда $c_{\text{экв}}(A)V_A = c_{\text{экв}}(B)V_B$.

340. Количество вещества эквивалентов:

$$n_{\text{экв}}(HNO_3) = 0,48 \text{ моль/л} \cdot 0,3 \text{ л} = 0,144 \text{ моль}.$$

$$n_{\text{экв}}[Ba(OH)_2] = 0,24 \text{ моль/л} \cdot 0,35 \text{ л} = 0,084 \text{ моль}.$$

Вещества вступают в реакцию в эквивалентном соотношении:

$$n_{\text{экв}}(HNO_3) = n_{\text{экв}}[Ba(OH)_2], \text{ а поскольку}$$

$n_{\text{экв}}(HNO_3) > n_{\text{экв}}[Ba(OH)_2]$, полученный раствор будет иметь кислую среду.

СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

341. а) А; б) В; в) В.

342. Во второй.

343. $n(CO_2) = \frac{6,4 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,145 \text{ моль};$

$$\eta(\text{HCl}) = \frac{4,8 \text{ г}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,132 \text{ моль} \cdot \nu_{\text{CO}_2} > \nu_{\text{HCl}}$$

344. а) $\nu = \frac{(0,60 - 0,40) \text{ моль/л}}{1 \text{ час}} = 0,2 \text{ моль/л} \cdot \text{час};$

б) $\nu = 0,1 \text{ моль/л} \cdot \text{час}.$

345. $\nu = -\frac{\Delta c}{\Delta t} = -\frac{(0,1 - 0,15) \text{ моль/л}}{10 \text{ с}} = 0,005 \text{ моль/л} \cdot \text{с}$

346. Для расчета концентраций полезно составить таблицу:

	A	+	2B	=	2D
c_0 , моль/л	0,6		1,2		0
Δc , моль/л	$-x$		$-2x$		$+2x$
c_t , моль/л	0,3		0,6		0,6

По уравнению реакции записывают c_0 — строка начальных концентраций, их значения помещают под соответствующими формулами; Δc — строка изменений концентрации в ходе реакции, c_t — строка концентраций в момент времени t после начала реакции. Из уравнения реакции следует, что x моль А* вступает в реакцию с $2x$ моль В и образуется $2x$ моль D. Тогда начальная концентрация А уменьшается на x , т. е. $0,6 - x = 0,3$, откуда $x = 0,3$ моль, а начальная концентрация В уменьшается на $2x$, т. е. $1,2 - 2x = 0,6$ моль. Через 30 секунд образуется $2x$ моль D, т. е. $2x = 2 \cdot 0,3 = 0,6$ моль.

$$\nu_A = -\frac{\Delta c}{\Delta t} = -\frac{0,3 \text{ моль/л}}{30 \text{ с}} = 0,01 \text{ моль/л} \cdot \text{с}.$$

347. Расчет концентраций:

$$c_0(\text{H}_2) = c_0(\text{N}_2) = \frac{0,05 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 0,1 \text{ моль/л};$$

$$c_t(\text{NH}_3) = \frac{0,02 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 0,04 \text{ моль/л}.$$

	3H_2	+	N_2	$\rightleftharpoons$	2NH_3
c_0 , моль/л	0,1		0,1		0
Δc , моль/л	$-3x$		$-x$		$+2x$
c_t , моль/л	$0,1 - 3x$		$0,1 - x$		0,04

$2x = 0,04$, откуда $x = 0,02$ моль/л;

$$c_t(\text{H}_2) = 0,1 - 3x = 0,04 \text{ моль/л};$$

$$c_t(\text{N}_2) = 0,1 - x = 0,08 \text{ моль/л}.$$

348. а) $v_{\text{H}_2} = 2v_{\text{H}_2} = 2v_{\text{I}_2}$;

б) $v_{\text{NO}} = 2v_{\text{O}_2} = v_{\text{NO}_2}$;

в) $3v_{\text{O}_2} = 2v_{\text{O}_2}$.

349. $v_{\text{O}_2} = \frac{3}{2} v_{\text{O}_2} = 1,35 \cdot 10^{-2} \text{ атм/с}.$

350. $v_{\text{ср}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ

351. $v = 1,2 \text{ л/}(\text{моль} \cdot \text{с})(0,1 \text{ моль/л})^2 = 0,012 \text{ моль/}(\text{л} \cdot \text{с}).$

352. $c_{\text{A}} = \frac{0,5 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 1,0 \text{ моль/л},$

$c_{\text{B}} = \frac{1,5 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 3,0 \text{ моль/л}.$

$V = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ л/}(\text{моль} \cdot \text{с}) \cdot 1,0 \text{ моль/л} \cdot 3,0 \text{ моль/л} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль/}(\text{л} \cdot \text{с}).$

353. а) увеличится в 2 раза; б) увеличится в 3 раза; в) уменьшится в 4 раза; г) увеличится в 9 раз.

354. а) $v_2 = k(2c_{\text{A}})^2 c_{\text{B}} = 4kc_{\text{A}}^2 c_{\text{B}} = 4v_1$ (увеличится в 4 раза);

б) $v_2 = kc_{\text{A}}^2 (3c_{\text{B}}) = 3kc_{\text{A}}^2 c_{\text{B}} = 3v_1$ (увеличится в 3 раза);

в) $v_2 = k\left(\frac{c_{\text{A}}}{2}\right)^2 \left(\frac{c_{\text{B}}}{2}\right) = \frac{kc_{\text{A}}^2 c_{\text{B}}}{8} = \frac{v_1}{8}$ (уменьшится в 8 раз);

г) $v_2 = k(3c_{\text{A}})^2 (3c_{\text{B}}) = 27v_1$ (увеличится в 27 раз).

355. $v_{\text{прям}} = v_{\rightarrow} = k_{\rightarrow} c_{\text{A}}^2 c_{\text{B}}, v_{\text{обр}} = v_{\leftarrow} = k_{\leftarrow} c_{\text{AB}}^2$

а) $v_{\rightarrow} = k_{\rightarrow} (2c_{\text{A}})^2 (2c_{\text{B}}) = 8k_{\rightarrow} c_{\text{A}}^2 c_{\text{B}}$ (увеличится в 8 раз);

б) $v_{\leftarrow} = k_{\leftarrow} \left(\frac{c_{\text{AB}}}{3}\right)^2 = \frac{k_{\leftarrow} c_{\text{AB}}^2}{9}$ (уменьшится в 9 раз);

в) $v_{\rightarrow}$ увеличится в 27 раз, $v_{\leftarrow}$ увеличится в 9 раз;

г) $v_{\rightarrow}$ увеличится в 8 раз, $v_{\leftarrow}$ увеличится в 4 раза.

356. а) $v_{\rightarrow}$ увеличится в 9 раз, $v_{\leftarrow}$ увеличится в 3 раза;

б) $v_{\rightarrow}$ увеличится в 3 раза, $v_{\leftarrow}$ увеличится в 9 раз;

в) $v_{\rightarrow}$ увеличится в 9 раз, $v_{\leftarrow}$ увеличится в 9 раз;

г) $v_{\rightarrow}$ увеличится в 9 раз, $v_{\leftarrow}$ увеличится в 3 раза.

357. $v_{\rightarrow} = k_{\rightarrow} c_{\text{NO}}^2 c_{\text{O}_2}$

а) увеличить в 8 раз; б) уменьшить в 9 раз; в) увеличить в 9 раз.

358. Уравнение для скорости химической реакции $A + B \rightarrow D$ можно записать в общем виде:

$$v = k_A c_A^n c_B^m$$

Показатели степеней n и m называют порядком реакции по каждому из реагентов, а их сумму — полным порядком реакции. Порядок реакции и уравнение для скорости определяют на основе экспериментальных данных. Уравнение для скорости реакции часто называют кинетическим уравнением. $v = k c_A c_B^2$

Реакция имеет первый порядок по А, второй — по В, ее полный порядок — третий.

$$[k] = \frac{\text{моль}/(\text{л} \cdot \text{с})}{(\text{моль}/\text{л})^3} = \text{моль}^{-2} / \text{л}^2 \text{с}^{-1}$$

359. а) $v_1 = k c_B^2$, $v_2 = k (2c_B)^2 = 4v_1 = 3,48 \cdot 10^{-3} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{с})$;

б) $v_2 = k \left(\frac{c_B}{3} \right)^2 = \frac{v_1}{9} = 9,7 \cdot 10^{-5} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{с})$.

360.

$$k = \frac{v}{c_{\text{NH}_4^+} \cdot c_{\text{NO}_2^-}} = \frac{5,4 \cdot 10^{-7} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{с})}{0,01 \text{ моль}/\text{л} \cdot 0,2 \text{ моль}/\text{л}} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль}^{-1} (\text{л} \cdot \text{с}^{-1})$$

$$v = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot 0,1 \text{ моль}/\text{л} \cdot 0,1 \text{ моль}/\text{л} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{с})$$

а) в 2 раза; б) в 4 раза; в) в 4 раза; г) в 6 раз.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

361. $v_2 = v_1 \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$

а) $\frac{v_2}{v_1} = 3$; б) $\frac{v_2}{v_1} = 3^2 = 9$; в) $\frac{v_2}{v_1} = 3^3 = 27$; г) $\frac{v_2}{v_1} = 3^4 = 81$.

362. $v_1 = k c_{\text{NO}_2}^2$; $v_2 = \frac{v_1}{4}$; $\frac{v_2}{v_1} = \gamma^3$; $v_2 = \frac{v_1}{8}$

Скорость уменьшится в $4 \cdot 8 = 32$ раза.

363. а) $\gamma = 2$; б) $\gamma = 2,5$.

364. $v_{\rightarrow}$ уменьшится в 36 раз, $v_{\leftarrow}$ уменьшится в 12 раз.

365. а) 0,16; б) 0,02; в) 0,01

366. Для большинства реакций зависимость константы скорости от температуры имеет вид: $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$, где E_a — энергия активации.

Для двух температур T_1 и T_2 , $k_1 = A \cdot e^{-E_a/RT_1}$ и $k_2 = A \cdot e^{-E_a/RT_2}$,

$$\frac{k_2}{k_1} e^{\frac{E_a}{RT_2} - \frac{E_a}{RT_1}}, \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right), \text{ откуда } E_a = \frac{RT_1 \cdot T_2}{(T_2 - T_1)} \ln \frac{k_2}{k_1}$$

$$E_a = \frac{8,3 \cdot 300 \cdot 310 \ln 2}{10} = 53,5 \text{ кДж/моль.}$$

367. $E_a = \frac{8,3 \text{ Дж/(кмоль)} \cdot 293 \text{ К} \cdot 303 \text{ К} \cdot \ln 3}{10 \text{ К}} = 81 \text{ кДж/моль.}$

368.

$$k_2 = k_1 e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right)} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1} \exp \left(\frac{103000 \text{ Дж/моль} \cdot 55 \text{ К}}{8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 318 \text{ К} \cdot 373 \text{ К}} \right) = 0,1956 \text{ с}^{-1}$$

369. $k = \frac{1}{t}, \frac{k_2}{k_1} = \frac{t_1}{t_2}$. Используем $T_0 = 273,15 \text{ К}$.

$$E_a = \frac{8,3 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 294,15 \text{ К} \cdot 300,95 \text{ К}}{6,8 \text{ К}} \ln \frac{16,3}{13,0} = 378,6 \text{ кДж/моль}$$

370. Да.

СМЕЩЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

371. а) и б) обратимы; в) и г) становятся обратимыми при высоких температурах; д) и е) необратимы.

372. а) $\rightarrow$; б) $\leftarrow$; в) $\rightarrow$; г) $\leftarrow$.

373. а) $\leftarrow$; б) $\leftarrow$; в) $\rightarrow$; г) $\rightarrow$; д) катализатор не влияет.

374. а) $\rightarrow$; б) $\rightarrow$; в) не смещается; г) не смещается.

375. NaHCO_3 малорастворима в холодной воде, поэтому раствор надо охлаждать.

376. Поскольку эта реакция эндотермична, реагенты следует нагревать, а образующийся газообразный продукт CO выводить из реакционной системы.

377. В избытке — бром и пероксид водорода (их можно легко удалить из реакционной системы), в недостатке — гидроксид лития (поскольку он может загрязнить продукт).

378. Если пары натрия не отгонять, то равновесие сместится влево, поскольку натрий активнее магния.

379. Повышение температуры сдвигает равновесие в сторону обратной реакции. Для того, чтобы сдвинуть равновесие в сторону образования продуктов, следует создать избыток хлора.

380. Fe_3O_4 , тв. + 2H_2 , газ = 3Fe , тв. + $4\text{H}_2\text{O}$, пар
а) $\rightarrow$; б) не влияет; в) $\rightarrow$; г) $\leftarrow$.

КИНЕТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ

381. В экспериментах 1 и 2 концентрация реагента В не влияет на скорость реакции. Следовательно, реакция имеет нулевой порядок по реагенту В. В экспериментах 1 и 3 при возрастании концентрации реагента А в два раза скорость возрастает в четыре раза. Следовательно, реакция имеет второй порядок по реагенту А.

Кинетическое уравнение (или полное уравнение скорости реакции) имеет вид: $v = kc_A^2c_B^0$

или $v = kc_A^2$,

где c_A и c_B — концентрации веществ А и В в определенный момент времени (текущие концентрации).

382. $v = kc_A^2c_B^0$ или $v = kc_A^2$.

383. $k = \frac{v}{c_A^2}$

а) $k = 10 \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1}$,

б) $k = 4,10 \cdot 10^{-1} \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1}$.

384. $v = kc_A^2c_B^0$ или $v = kc_A^2$,

$k = \frac{32 \cdot 10^{-5}}{(0,1)^2} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ моль}^{-1} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1}$,

$v = 3,2 \cdot 10^{-2} (0,25)^2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль}/(\text{л} \cdot \text{с})$.

385. $v = kc_A^1c_B^2$; $k = 7,5 \cdot 10^4 \text{ моль}^{-2} \cdot \text{л}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

386. $v = kc_B^2$, реакция имеет нулевой порядок по реагенту А и второй — по реагенту В.

387. $v = kc_B$, $k = \frac{7,0 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \cdot \text{с}}{0,1 \text{ моль/л}} = 7,0 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$.

Скорость реакции определяется медленной стадией. В первом из предложенных механизмов скорость медленной стадии должна зависеть от концентрации А, что противоречит кинетическому уравнению. Во втором механизме скорость медленной стадии зависит от концентрации интермедианта М, $v = kc_{B \cdot M}$. Концентрацию М легко найти из выражения для константы равновесия:

$$K = \frac{[M]}{[A]^2}, \text{ откуда } [M] = K[A]^2.$$

Тогда $v = kKc_Bc_A^2$, что противоречит кинетическому уравнению. Полученному кинетическому уравнению соответствует третий механизм, при котором скорость медленной реакции $B \rightarrow M$ зависит только от концентрации В, а именно, $v = kc_B$.

388. $v = kc_{NO}^2c_{Br_2}$

Если первая стадия медленная, то $v = kc_{NO}c_{Br_2}$. Если вторая стадия медленная, то $v = kc_{NO}^2c_{Br_2}$.

389. В буферном растворе концентрация $[H_3O^+]$ постоянна и реакция имеет первый порядок:

$$v = k[NO_2NH_2].$$

Для предложенных механизмов кинетические уравнения имеют вид:

$$v_1 = k_1[NO_2NH_2],$$

$$v_2 = k_3[NO_2NH_3^+] = k_2/k_{2-}[NO_2NH_2][H_3O^+],$$

$$v_3 = k_5[NO_2NH^-] = k_5k_4/k_{4-}[NO_2NH_2][H_3O^+].$$

390. $n = 1$, $k = 0,2028 \text{ мин}^{-1}$, $v_{t=5 \text{ мин}} = 0,54 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \cdot \text{с}$.
 $C_4H_8O_2$.

СТРОЕНИЕ АТОМА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

391. Хлор, бром, йод — галогены.
392. Медь, серебро и золото.
393. а) Кальций и медь; б) стронций и кадмий; в) марганец и бром; г) молибден и теллур.
394. а) Углерод и кремний; а) азот и фосфор; в) сера и селен; г) йод и астат.
395. Магний, фосфор, цинк и цезий.
396. Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl и Ar.
397. 1-й — 2; 2-й — 8; 3-й — 8.
398. а) Na, K, Rb, Cs; б) Ca, Sr, Ba.
399. а) O; б) Al; в) Ar; г) Fe.
400. 1) Благородные газы, VIII В.
2) Sc, Ge, Ga и др.
3) Период.
4) Au, Hg, Tl и т. д.
5) U относят к группе актиноидов.
6) CH_4 , CO_2 .

СТРОЕНИЕ АТОМА

401. F, Si, Ar, Ti, Ge, U.
402. 3,3; 12,12; 13,13; 16,16; 15,15.
403. а) O; б) K; в) U; г) Al.
404. 6; 20; 14; 26.

405. а) $^{35}_{17}\text{Cl}$; б) $^{37}_{17}\text{Cl}$; в) $^{39}_{19}\text{K}$; г) $^{40}_{19}\text{K}$; д) $^{206}_{82}\text{Pb}$; е) $^{210}_{84}\text{Po}$; ж) $^{90}_{38}\text{Sr}$,
з) $^{140}_{56}\text{Ba}$.

406. 16 и 8, $8p + 8n + 8e$;
17 и 8, $8p + 9n + 8e$;
18 и 8, $8p + 10n + 8e$;
63 и 29, $29p + 34n + 29e$;
64 и 29, $29p + 35n + 29e$;
223 и 87, $87p + 136n + 87e$.

407. Изотопы $^{39}_{19}\text{Э}$, $^{40}_{19}\text{Э}$ — калий.

408. а) и г)

409. а) $\text{Na} - e = \text{Na}^+$;

б) $\text{Ca} - 2e = \text{Ca}^{2+}$;

в) $\text{Al} - 3e = \text{Al}^{3+}$;

г) $\text{S} + 2e = \text{S}^{2-}$;

д) $\text{H}_2 - 2e = 2\text{H}^+$;

у) $\text{Cl}_2 + 2e = 2\text{Cl}^-$.

410. а) 10, 10, 10; б) 2, 2, 2; в) 26; г) 24; д) 23.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДЕ

411. а) O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg;

б) O, H, Cl, Na, Mg, S, K, Br;

в) Fe, O, Si, Mg, Al, Ni, Ca;

г) H, He.

412. а) 99,64%; б) 52,8%; в) 25,2%; г) 16,4%.

413. Четные элементы: O, Si, Fe, Ca, Mg (85,6%).

Нечетные элементы: Al, Na, K, (14,04%).

414. а) C; б) O; в) Ca; г) Si.

415. $8p + 8n$; $14p + 14n$; $20p + 20n$; $26p + 30n$.

416. $4p$ (^{16}O , ^{28}Si); $4p + 1$ (^{37}Cl); $4p + 2$ (^{14}N); $4p + 3$ (^{27}Al).

417. а) Кислород — 16; б) кальций — 40; в) магний — 24.

418. Железо — 56, $26p + 30n$, $4p$;

кислород — 16, $8p + 8n$, $4p$;

кремний — 28, $14p + 14n$, $4p$;

магний — 24, $12p + 12n$, $4p$;

алюминий — $27, 13p + 14n, 4p + 3$;
 никель — $58, 28p + 30n, 4p + 2$;
 кальций — $40, 20p + 20n, 4p$.

419. а) 99,93%; б) 0,07%; в) 0,073%; г) 0,01%.

420. Углерод и водород.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ АТОМОВ

421. № 6: 2,2; № 7: 2,2; № 8: 2,2; № 9: 2,2; № 12: 3,3; № 14: 3,3.

422. № 3: 1,1; № 4: 2,2; № 5: 3,3; № 14: 4,4; № 15: 5,5; № 16: 6,6;
 № 17: 7,7.

423.

Li $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \end{array} \right\}$; Na $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; K $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Rb $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Cs $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$.

424.

Mg $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Si $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; S $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Ar $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$.

425. а) F; б) P.

426. а) Be; б) K; в) Mg.

427.

Sc $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Ti $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; V $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Cr $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Mn $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$.

428.

Ca $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; Fe $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$; As $\left. \begin{array}{c}) \\) \\) \\) \end{array} \right\}$.

429. а) IIIA; б) VA; в) VIIIA.

430. F^+, Ca^-, He^- .

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

431. а) — в); б) — а); в) — б).

432. а) — б); б) — г); в) — г); г) — б).

433. в).

434. г) и б).

435. а).

436. г).

437. в).

438. а) и д).

439. а), б), г), д).

440. Ионная: KCl , CaF_2 , CsF , Fe_3O_3 .

Ковалентная полярная: HBr , NH_3 , SO_2 , NO_2 , CO , H_2S , H_2O .

Ковалентная неполярная: O_2 , N_2 , Cl_2 .

Металлическая: Zn , Fe .

Вещества с немолекулярным строением

441. Молекулярное строение — кислород, азот, вода, углекислый газ, метан, пропан, сахароза, ацетон.

442. Молекулярное строение, I_2 .

443. Молекулярное строение, CO_2 .

444. Поваренная соль имеет кристаллическое строение, а в куске сахара молекулы расположены беспорядочно, хаотично.

445. Стекло относится к аморфным веществам, атомы и молекулы которых, в отличие от кристаллических веществ, расположены беспорядочно. Аморфные вещества называют твердыми растворами. Стекло очень медленно течет, образуя наплывы и утолщения в нижней части.

446. Алмаз и графит имеют различное строение.

447. Ag — молекулярная, Si — ковалентная, Mg — металлическая, NaCl — ионная.

448. Ионные кристаллы — а), в), е), з).

Металлы — а), в), д), ж).

449. Молекулярные кристаллы — а), в), ж), д).

Атомные кристаллы — б), г), е), ж).

450.
$$N_A = \frac{63,5 \text{ г/моль} \cdot 4}{8,92 \text{ г/моль}^3 (3,61 \cdot 10^{-8})^3 \text{ см}^3} = 6,05 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

ПРЕДСКАЗАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

451. Д. И. Менделеев предложил рассчитывать физические характеристики как среднее арифметическое между аналогичными величинами для соседей по группе и периоду. Сравните результаты расчета для кобальта с экспериментальными значениями (указаны в скобках):

$$\rho = 8,387 \text{ (8,84) г/см}^3, t_{\text{пл}} = 1497 \text{ (1494) } ^\circ\text{C}, t_{\text{кип}} = 2886 \text{ (2960) } ^\circ\text{C}.$$

452. а) Магний; б) бор.

453. а) Рубидий; б) кальций.

454. а) Br^- ; б) Na^+ .

455. Be, Li, Na.

456. O, N, P.

457. а) S, Mg, K; б) K, Mg, S; в) S, Mg, K.

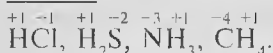
458. а) Na; б) Cl^- ; в) O^{2-} ; г) N.

459. а) Na_2CrO_4 и $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; б) Na_2WO_4 и $\text{Na}_2\text{W}_2\text{O}_7$.

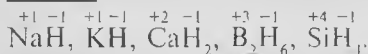
460. а) SrO ; б) SrCl_2 ; в) SrH_2 ; г) $\text{SrH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Sr(OH)}_2 + 2\text{H}_2$; д) SrOH^+ .

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

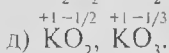
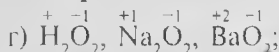
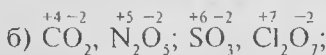
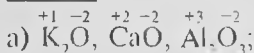
461.



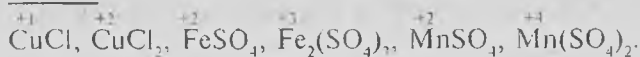
462.



463.



464.

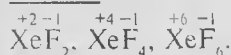


465. а) HI , H_2Se , H_3P или PH_3 , H_4C или CH_4 ;

б) CsH , BaH_2 , GeH_4 .

466. Li_2O , MgO , B_2O_3 , CO_2 , P_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 .

467.



468.

а) $\overset{+1}{\text{Cu}}_2\overset{-2}{\text{O}}$, $\overset{+2}{\text{Cu}}\overset{-2}{\text{O}}$;

б) $\overset{+2}{\text{Fe}}\overset{-1}{\text{Cl}}_2$, $\overset{+3}{\text{Fe}}\overset{-1}{\text{Cl}}_3$;

в) $\overset{+1}{\text{N}}_2\overset{-2}{\text{O}}$, $\overset{+2}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}$, $\overset{+3}{\text{N}}_2\overset{-2}{\text{O}}_3$, $\overset{+4}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_2$, $\overset{+5}{\text{N}}_2\overset{-2}{\text{O}}_5$.

469. а) Ca_3N_2 , CaC_2 ;

б) AlN , Al_4C_3 .

$$470. \quad \frac{71,4}{48} : \frac{28,6}{16} = 1,49 : 1,79 = 1 : 1,2.$$

Формула оксида: $\overset{+2,4}{\text{Ti}}\text{O}_{12}$.

СТЕПЕНИ ОКИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛОЖНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

471. $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 : 2(+1) + 2(+6) + 7(-2) = 0.$

472.

а) $\overset{+1}{\text{H}}\text{NO}_2$, $\overset{+5}{\text{H}}\text{NO}_3$;

б) $\overset{+4}{\text{H}}_2\text{SO}_3$, $\overset{+6}{\text{H}}_2\text{SO}_4$;

в) $\overset{+1}{\text{H}}\text{ClO}$, $\overset{+1}{\text{H}}\text{ClO}_2$, $\overset{+5}{\text{H}}\text{ClO}_3$, $\overset{+7}{\text{H}}\text{ClO}_4$;

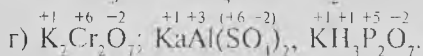
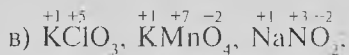
г) $\overset{+4}{\text{H}}_2\text{CO}_3$, $\overset{+4}{\text{H}}_2\text{SiO}_3$, $\overset{+4}{\text{H}}_4\text{SiO}_4$;

д) $\overset{+5}{\text{H}}\text{PO}_3$, $\overset{+5}{\text{H}}_3\text{PO}_4$, $\overset{+3}{\text{H}}_3\text{PO}_3$, $\overset{+1}{\text{H}}_3\text{PO}_2$, $\overset{+5}{\text{H}}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

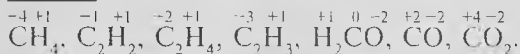
473.

а) $\overset{+2}{\text{K}}\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3$, $\overset{+2}{\text{Pb}}(\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3)_2$, $\overset{+3}{\text{Al}}(\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3)_3$;

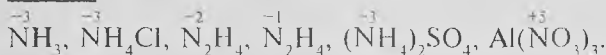
б) $\overset{+1}{\text{K}}_2\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4$, $\overset{+2}{\text{Pb}}\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4$, $\overset{+3}{\text{Al}}_2(\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4)_3$;



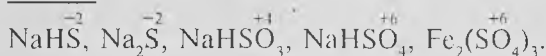
474.



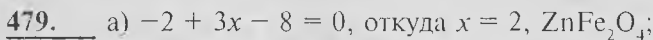
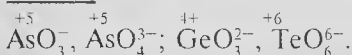
475.



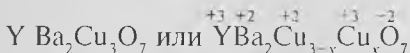
476.



478.



$$a:b:c:d = \frac{13,95}{88,9} : \frac{41,23}{137,3} : \frac{28,60}{63,0} = 0,15 : 0,30 : 0,54 : 1,05 = 1 : 2 : 3 : 7.$$

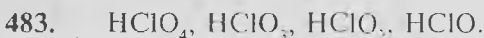
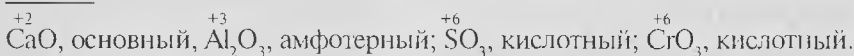


Уравнение электронейтральности:

$$+3 + 2(+2) + 2(3 - x) + 3x - 14 = 0, \text{ откуда } x = 1, \text{ YBa}_2\overset{+2}{\text{Cu}}_2\overset{+3}{\text{Cu}}\text{O}_7.$$

ПРЕДСКАЗАНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

481.



487. а) Кислотные свойства усиливаются, основные — ослабевают.

б) Основные свойства усиливаются, кислотные — ослабевают.

в) Основные свойства ослабевают, кислотные — усиливаются.

488. а) $\text{Pb}(\text{OH})_2$;

б) $\text{Ba}(\text{OH})_2$;

в) $\text{La}(\text{OH})_3$, основные;

г) HClO_4 ;

д) HClO ;

е) $\text{Mg}(\text{OH})_2$, основные.

489. а) Ni — металл; б) CO_2 — кислотный оксид; в) $\text{Al}(\text{OH})_3$ — амфотерный оксид.

490. $\text{UO}_3 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{UO}_4$ — уранат аммония.

$2\text{UO}_3 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ — диуранат аммония.

$\text{UO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ — нитрат уранила (нитрат диоксоурана).

$\text{U}_3\text{O}_8 \equiv \text{UO}_2 \cdot 2\text{UO}_3$, $\text{U}(\text{UO}_4)_2$, UOU_2O_7 .

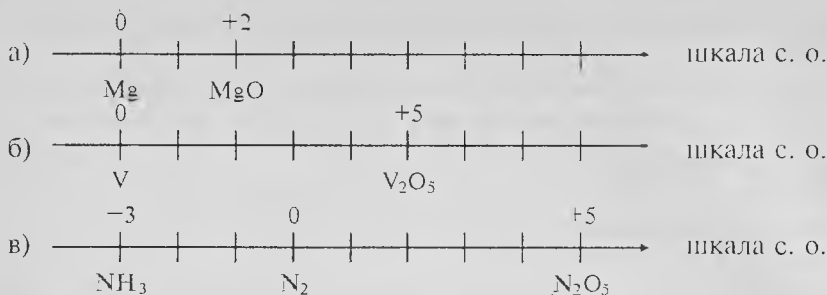
U_3O_8 можно рассматривать: 1) как двойной или смешанный оксид — оксид урана (IV, VI); 2) как соль — уранат урана (IV); лиуранат оксоурана (IV).

ПРЕДСКАЗАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

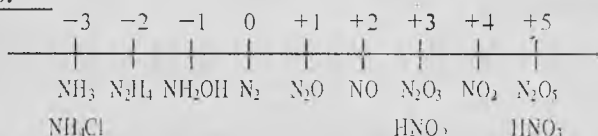
491. Для металлов характерны только положительные степени окисления. Высшая положительная равна номеру группы, в которой находится металл. Для неметаллов характерны две степени окисления — высшая положительная и низшая отрицательная. Высшая положительная также определяется номером группы, в которой расположен металл, а низшая отрицательная рассчитывается по формуле $-(8 - m)$, где $m = 4, 5, 6$ и 7 — номера групп, в которых находится неметалл.

а) $+2$, нет; б) $+5$, нет; в) $+5$ и -3 .

492. Шкала степеней окисления дает наглядные представления о степенях окисления элемента. Для этого составляют формулы соединения элемента (в высшей положительной степени окисления) с кислородом; соединения элемента (в низшей отрицательной степени окисления) с водородом; простого вещества, образованного данным элементом (степень окисления равна 0). Затем на числовую ось наносят значения степеней окисления элемента, под которыми указывают соответствующие химические формулы.



493.



494. Только восстановительные свойства:

$\overset{0}{\text{Mg}}$, $\overset{0}{\text{V}}$, $\overset{-3}{\text{N}}$ (в NH_3).

Только окислительные свойства:

$\overset{+2}{\text{Mg}}$ (в MgO), $\overset{+5}{\text{V}}$ (в V_2O_5) и $\overset{+}{\text{N}}$ (в N_2O_5).

Элемент в низшей степени окисления проявляет только восстановительные свойства, элемент в высшей степени окисления — только окислительные свойства. Элемент в промежуточной степени окисления может выступать как в роли восстановителя, так и в роли окислителя.

495.

$\overset{-3}{\text{P}}$, $\overset{-3}{\text{Li}}$, $\overset{-3}{\text{Mg}}$, $\overset{-3}{\text{P}}$, $\overset{-3}{\text{Al}}$, $\overset{+5}{\text{P}}$, P_4O_{10} (P_2O_5).

496.

$\overset{-2}{\text{H}_2\text{S}}$, $\overset{-2}{\text{Na}_2\text{S}}$, $\overset{-2}{\text{CaS}}$, $\overset{-2}{\text{Al}_2\text{S}_3}$, $\overset{+6}{\text{SO}_3}$.

497. 0, -2, -3, -1.

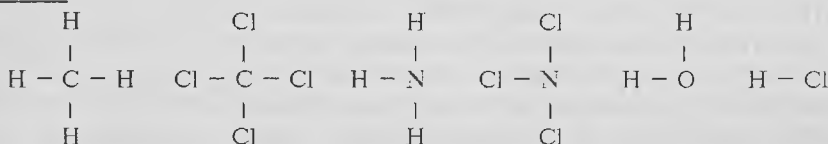
498. +6, +7, +5.

499. а) 55; б) 30; в) 53.

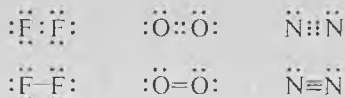
500. Активнее а) 54; б) 17; в) 20; г) 30.

СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

501.

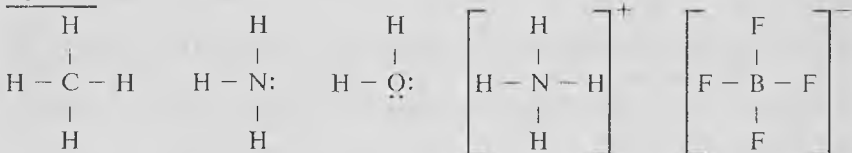


502.

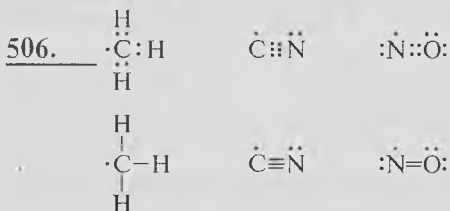
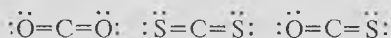


503. CH_4 : $4 + 1 \cdot 4 = 8$ валентных электронов, 4 связывающих и 0 неподеленных пар; NH_3 : $5 + 1 \cdot 3 = 8$ валентных электронов, 3 связывающих и 1 неподеленная пара; H_2O : $6 + 1 \cdot 2 = 8$ валентных электронов, 2 связывающих и 2 неподеленные пары. Изоэлектронные молекулы имеют одинаковое число валентных электронов.

504.

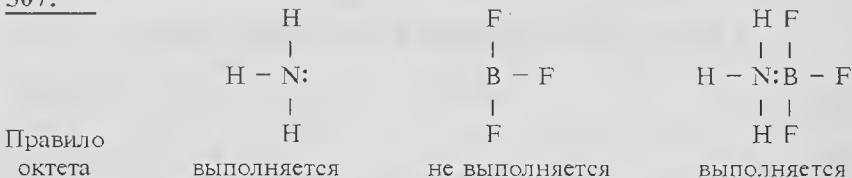


505. $:\ddot{\text{O}}::\ddot{\text{C}}::\ddot{\text{O}}:$ $:\ddot{\text{S}}::\text{C}::\ddot{\text{S}}:$ $:\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{S}}:$

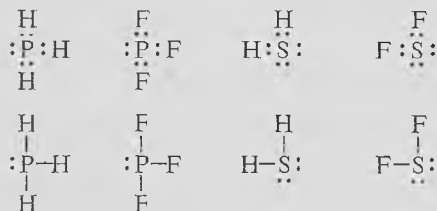


Эти частицы имеют неспаренные электроны.

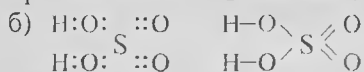
507.



508. а)

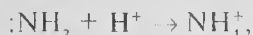


Атомы Р и S обобществляют со своими соседями 8 электронов, правило октета выполняется;



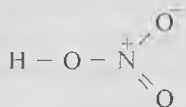
Атом S обобществляет со своими соседями 12 электронов, правило октета не выполняется.

509. Кислород и азот могут образовывать донорно-акцепторные связи:



Атом углерода в молекуле CH_4 не имеет неподеленной пары и не может образовывать ион CH_3^+ . У атома фосфора в молекуле PH_3 такая пара есть, ион фосфония образуется PH_4^+ . Однако он менее стабилен, чем NH_4^+ .

510. Азот может образовывать четыре ковалентные связи, поэтому в структурных формулах атом азота изображают с четырьмя валентными точками. Пятый валентный электрон может сместиться к соседнему атому, например, к атому кислорода, на котором возникает отрицательный заряд. Тогда на атоме азота возникает положительный заряд



Связь $\text{N}^+ - \ddot{\text{O}}^-$ в органической химии принято обозначать $\text{N} \rightarrow \text{O}$, ее устаревшее название — семиполярная.

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ АТОМА

511. г).

512. в).

513. а), б) и в).

514. в).

515. а).

516. г).

517. в).

518. а).

519. а) и в).

520. а) — г); б) — в); в) — б); г) — а).

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНФИГУРАЦИИ АТОМОВ

521. а) $2s^2p^3s^3p$; б) $3p^4s^3d^4p$; в) $5s^4d^5p^6s$; г) $5s^4d^5p^6s^4f$.

522. Электронная конфигурация предшествующего благородного газа обозначена квадратными скобками []

Период Группа

- а) 2 VA
б) 4 IVB
в) 4 IVA
г) 5 VIIIB(Pd)
д) 6 лантаноид.

523. $n = 10, 24, 34, 55, 61$.

524. а) $[\text{Ne}]3s^23p^4$; б) $[\text{Ar}]3s^23d^{10}4p^1$; в) $[\text{Kr}]5s^24d^{10}5p^2$.

525. а) и в) — Основное; б) и г) — возбужденное.

526. Группа VIA, $n = 2, 3, 4, 5$ и 6; атомные номера элементов 8, 16, 34, 52 и 84. С увеличением n увеличиваются атомные радиусы, уменьшаются энергии ионизации и электроотрицательность, наблюдается тенденция к уменьшению энергии сродства к электрону. Элементы группы VIA — неметаллы, при увеличении n неметаллические свойства уменьшаются. Для элемента с $N = 84$ возможно проявление металлических свойств.

527. $N = 6$ $1s^22s^22p^2$ (период второй, группа IVA);

$N = 7$ $1s^22s^22p^3$ (период второй, группа VA) и т. д. до

$N = 13$ $1s^22s^22p^63s^23p^1$ (период третий, группа IIIA).

Атомные радиусы изменяются в ряду:

$r(11) > r(12) > r(13) > r(6) > r(7) > r(8) > r(9) > r(10)$.

Энергии ионизации:

$I(11) < I(13) < I(12) < I(6) < I(7) < I(8) < I(9) < I(10)$.

Сродство к электрону:

$A(9) > A(8) > A(6) > A(7)$, для остальных элементов присоединение электронов не характерно.

528. 37, 55 и 87; 32, 50 и 82; 23, 41 и 73; 35, 53 и 85; 36, 54 и 86.

529. $N = 7$ $1s^22s^22p^3 \equiv [\text{He}]2s^22p^3$;

$N = 21$ $\text{Ar}4s^23d^1$;

$N = 24$ $[\text{Ar}]4s^13d^3$;

$N = 25 [\text{Ar}]4s^23d^5$;
 $N = 29 [\text{Ar}]4s^13d^{10}$;
 $N = 35 [\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^5$;
 $N = 47 [\text{Kr}]5s^14d^{10}$;
 $N = 57 [\text{Xe}]6s^25d^1$;
 $N = 63 [\text{Xe}]6s^24f^6$.

530. а) Возбужденное состояние атома; б) отрицательно заряженный ион; в) основное состояние атома; г) возбужденное состояние атома; д) положительно заряженный ион.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ДИАГРАММЫ

531. Расстояние между энергетическими уровнями равно 2 Дж.

532. Расстояние между уровнями при увеличении n уменьшается

533. $E_5 - E_1 = 1,635 \cdot 10^{-18}$ Дж; $E_3 - E_2 = 3,03 \cdot 10^{-19}$ Дж, $E_4 - E_3 = 1,06 \cdot 10^{-19}$ Дж, $E_5 - E_4 = 4,91 \cdot 10^{-20}$ Дж.

Расстояние между энергетическими уровнями с увеличением значений n уменьшается, уровни сближаются.

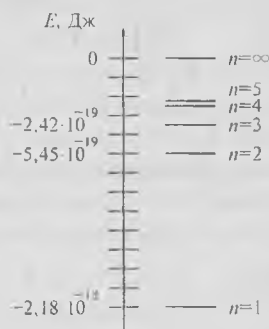
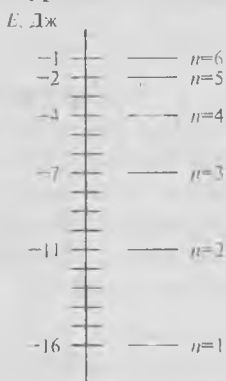
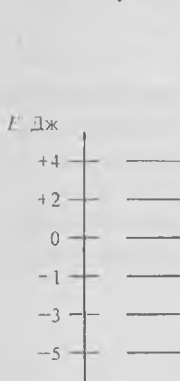


Рис. к №531.

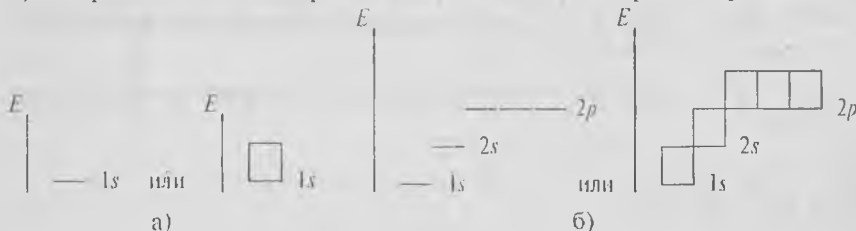
Рис. к №532

Рис. к № 533

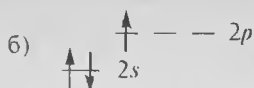
534. $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 4f \approx 5d < 6p < 7s$.

а) Энергетическая диаграмма для элементов первого периода

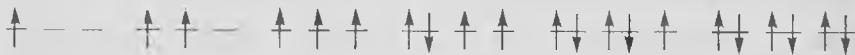
б) Энергетическая диаграмма для элементов второго периода



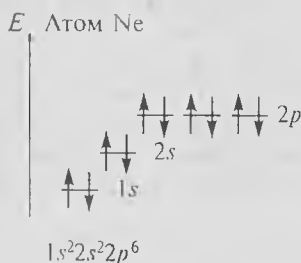
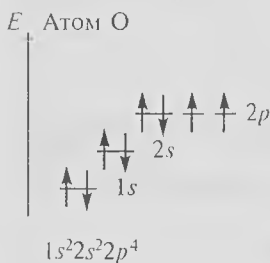
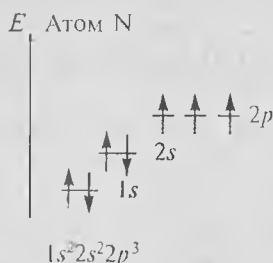
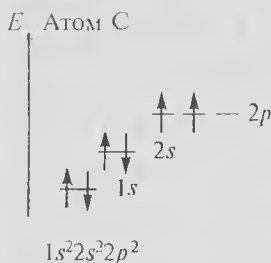
535.



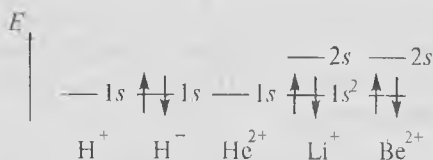
536.



537.



538.



539. а) Mg [Ne]3s², второй электрон отрывается от иона Mg⁺;
б) Na [Ne]3s¹, второй электрон отрывается от внутренней оболочки [Ne];
в) Cs [Xe]6s¹, Li [He]2s¹, атомный радиус Cs больше атомного радиуса Li.

540. А — Al 3s²3p¹, Б — Cl 3s²3p⁵, В — Ar 3s²3p⁶, Г — Na 3s¹6, Д — Ba 5p⁶6s².

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

541. $x = 210 - 4 = 206,$
 $y = 84 - 82 = 2.$

542. а) $X = {}^0_{-1}e$ (электрон);

б) $Y = {}^0_{+1}e$ (позитрон).

543. ${}^2_1\text{H}$ — нуклид водорода-2(дейтерий), ${}^3_1\text{H}$ — нуклид водорода-3(тритий), ${}^4_2\text{He}$ — нуклид гелия-4, $X = {}^1_0n$ (нейтрон).

544. а) $X = {}^{239}_{93}\text{Np}$ (нептуний); б) $Y = {}^{239}_{94}\text{Pu}$ (плутоний).

545. а) ${}^{222}_{86}\text{Rn}$; б) ${}^{60}_{26}\text{Fe}$; в) ${}^{210}_{81}\text{Tl}$; г) ${}^{97}_{42}\text{Mo}$.

546. а) ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_6\text{C};$

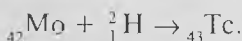
б) ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^1_1\text{H};$

в) ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n \rightarrow {}^{11}_5\text{B};$

г) ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{P} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}.$

547. а), б), в) и г) — 1 час.

548. В истории проф. Э. Сегре нет данных о том, какой нуклид молибдена бомбардируется ядрами дейтерия, и какой нуклид технеция образуется. Поэтому полную схему превращения составить нельзя.



549. $X = {}^{13}_7\text{N}, Y = {}^{14}_7\text{N}, Z = {}^{15}_7\text{N},$

$4{}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^0_{+1}e.$

Превращение ядер водорода (протонов) в ядра гелия сопровождается выделением огромного количества энергии (в глубине Солнца температура достигает 15—20 млн градусов). Протекающие при этом реакции называют термоядерными.

550. ${}^{208}_{82}\text{Pb} + {}^{70}_{32}\text{Zn} \equiv {}^{277}_{112}\text{Unb} + {}^1_0n.$

${}^{277}_{112}\text{Unb} = {}^{273}_{110}\text{Uun} + {}^4_2\text{He}.$

$[\text{Rn}]5f^{14}6d^{10}7s^2.$

ДЕФЕКТ МАССЫ, ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ ЯДРА

551. а) ${}^{56}_{26}\text{Fe} — 56, 4637 \text{ а. е. м.}$

Масса электронов $26 \cdot 0,00055 \text{ а. е. м.} = 0,0143.$

Масса протонов $26 \cdot 1,00728 \text{ а. е. м.} = 26,1893$.

Масса нейтронов $30 \cdot 1,00867 \text{ а. е. м.} = 30,26001$

Суммарна масса всех частиц $56,4637 \text{ а. е. м.}$

б) ${}^2_1\text{H} - 2,0165 \text{ а. е. м.}$

в) ${}^{16}_8\text{O} - 16,1319 \text{ а. е. м.}$

г) ${}^{255}_{101}\text{Md} - 257,1260 \text{ а. е. м.}$

552. Дефектом массы называют разность между вычисленным (как сумма масс всех входящих в атом частиц) и экспериментально наблюдаемым значением атомной массы.

а) ${}^{56}_{26}\text{Fe} \Delta m = 0,5288 \text{ а. е. м.};$

б) ${}^2_1\text{H} \Delta m = 0,0025 \text{ а. е. м.};$

в) ${}^{16}_8\text{O} \Delta m = 0,1370 \text{ а. е. м.};$

г) ${}^{255}_{101}\text{Md} \Delta m = 2,0354 \text{ а. е. м.}$

«Недостающая» масса Δm превратилась в энергию, которая выделилась при образовании ядра из составляющих его частиц. Такая же энергия необходима для разъединения ядра на составляющие его частицы. Эту энергию называют энергией связи ядра ΔE . Она может быть вычислена при помощи знаменитой формулы Эйнштейна, связывающего массу и энергию.

$$\Delta E = \Delta m c^2,$$

где c — скорость света.

553. $\Delta m E = 1 \text{ а. е. м.} \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг/а. е. м.} (2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2 = 1,492521 \cdot 10^{-10} \text{ Дж.}$

554. а) ${}^{56}_{26}\text{Fe} \Delta m E = 0,5288 \cdot 1,492 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 7,89 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$

б) ${}^2_1\text{H} \Delta m E = 3,73 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$

в) ${}^{16}_8\text{O} \Delta m E = 2,04 \cdot 10^{-11} \text{ Дж.}$

г) ${}^{255}_{101}\text{Md} \Delta m E = 3,04 \cdot 10^{-11} \text{ Дж.}$

555. $\Delta E = \frac{1,492521 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}}{1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}} = 9,315 \cdot 10^8 \text{ эВ} = 931,5 \text{ МэВ.}$

556. а) ${}^{56}_{26}\text{Fe} - 492,3 \text{ МэВ}; 8,8 \text{ МэВ.}$

Энергия связи ядра $\frac{7,888 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}}{1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}} = 492,3 \text{ МэВ.}$

Энергия связи на один нуклон $\frac{492,3 \text{ МэВ}}{56} = 8,8 \text{ МэВ;}$

б) ${}^2_1\text{H} - 2,32 \text{ МэВ}; 1,16 \text{ МэВ;}$

в) $^{16}_8\text{O}$ — 127,3 МэВ; 7,96 МэВ;

г) $^{255}_{101}\text{Md}$ — 189,7 МэВ; 0,742 МэВ.

557. $^{56}_{26}\text{Fe}$ — 8,8 МэВ.

558. $E = \frac{286 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1,60219 \cdot 10^{-1} \text{ Дж/эВ}} \approx 3 \text{ эВ}.$

Химические реакции обычно сопровождаются энергетическими эффектами в несколько электронвольт, тогда как ядерные энергии относятся к диапазону миллионов электронвольт. Поэтому для химических реакций законы сохранения массы и энергии рассматриваются независимо. В отличие от этого для ядерных реакций рассматривают взаимные превращения массы и энергии.

559.

а) $E = \frac{12 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 200 \cdot 10^6 \text{ эВ} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}}{235 \text{ г/моль}} \approx 1,0 \cdot 10^{11} \text{ Дж};$

б) $E = 1,0 \cdot 10^{14} \text{ Дж}.$

560. $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}e.$

При бета-распаде одного атома углерод-14 выделяется:

$$\Delta E = 0,00168 \cdot 1,492 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 2,5 \cdot 10^{-13} \text{ Дж},$$

при распаде 1 моль атомов:

$$\Delta E = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2,5 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ Дж}.$$

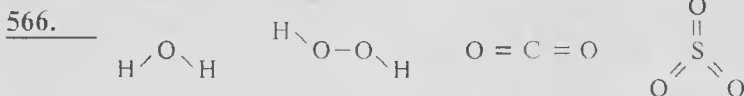
Количество вещества метана:

$$n(\text{CH}_4) = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{495} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ моль}.$$

КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

ОКСИДЫ:
НОМЕНКЛАТУРА, СОСТАВ И СТРОЕНИЕ561. Na_2O , CaO , H_2O , Cr_2O_3 .562. а) H_2O , Cr_2O_3 , Na_2O , CO , NO , BaO ; б) K_2O_2 , BaO_2 , Na_2O_2 .563. Cs_2O , BaO , B_2O_3 , SiO_2 , As_2O_3 , WO_3 , Mn_2O_7 , OsO_4 .564. H_2O — вода, CO_2 — углекислый газ, CO — угарный газ, CaO — негашеная известь, Al_2O_3 — глинозем, SO_2 — сернистый газ, SO_3 — серный газ.

565. а) оксид меди (I), оксид меди (II), оксид железа (II), оксид железа (III), оксид хрома (II), оксид хрома (III), оксид хрома (VI); б) монооксид углерода, диоксид углерода, диоксид серы, триоксид серы, диоксид марганца.

567. Fe_2O_3 , т.к. $A_r(\text{Fe}) > A_r(\text{Cr}) > A_r(\text{Al})$.

568.

$$\begin{array}{c} 43\% \quad 57\% \\ \text{C}_a \text{O}_b \end{array} \quad a : b = \frac{43}{12} : \frac{57}{16} = 3,58 : 3,56 = 1 : 1.$$

Следовательно, эмпирическая формула вещества CO , $M(\text{CO}) = 28$ г/моль. Молярная масса вещества может быть определена по относительной плотности: $M = 2 \cdot 14 = 28$ г/моль. Это значение совпадает с вычисленным по эмпирической формуле. Следовательно, эмпирическая и молярные формулы совпадают — CO .

569.

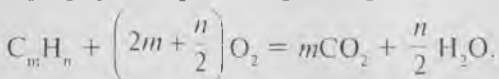
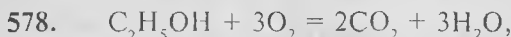
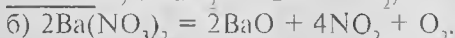
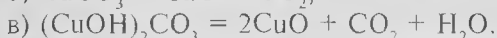
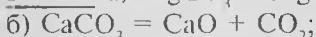
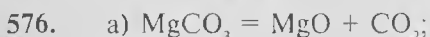
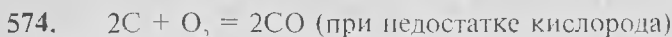
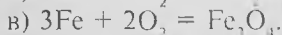
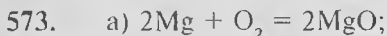
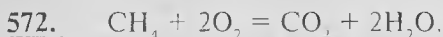
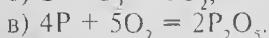
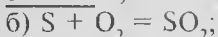
$$\begin{array}{c} 0,50 \quad 0,50 \\ \text{S}_a \text{O}_b \end{array} \quad a : b = \frac{50}{32} : \frac{50}{16} = 1 : 2, \text{SO}_2 \text{ и } \text{SO}_3.$$

570. $0,572 : 1,14 : 1,73 : 2,28 : 2,85 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5$.

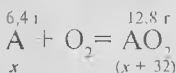
$$\begin{array}{c} 14 \quad 0,572 \text{ г} \\ \text{N}_a \text{O}_b \end{array} \quad a : b = \frac{1}{14} : \frac{0,572}{16} = 0,07 : 0,035 = 2 : 1, \text{N}_2\text{O}.$$

Формулы оксидов: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 .

ОКСИДЫ: ПОЛУЧЕНИЕ

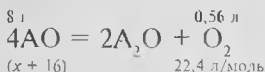


579.



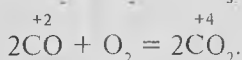
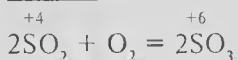
$$\frac{6,4}{x} = \frac{12,8}{(x + 32)}, \text{ откуда } x = 32 \text{ г/моль (сера)}.$$

580.

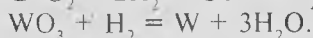
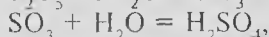
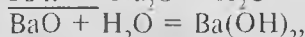
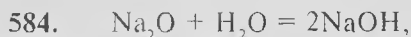
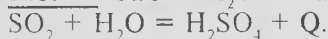
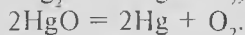
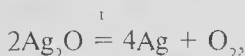


$$\frac{8}{4(x + 16)} = \frac{0,56}{22,4}, \text{ откуда } x = 64 \text{ г/моль (медь)}.$$

581.



582.



588. а) Li — окисляется, O_2 — восстанавливается;

б) Al — окисляется, Fe^{3+} — восстанавливается;

в) O^{2-} — окисляется, Hg^{2+} — восстанавливается;

г) O^{2-} — окисляется, N^{+5} — восстанавливается.

589. а) CO, CO_2 , NO, SO_3 , NO_2 ;

б) Fe_2O_3 , FeO, Al_2O_3 , SiO_2 , Ag_2O , CaO, HgO, CrO_3 ;

в) H_2O ;

г) H_2O , CO, CO_2 ;

д) SO_2 , NO_2 ;

е) CO, CO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 ;

ж) NO_2 , CrO_3 ;

з) Al_2O_3 , SiO_2 , CO_2 ;

и) Ag_2O ; HgO;

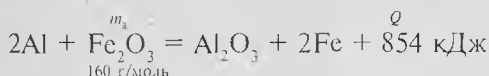
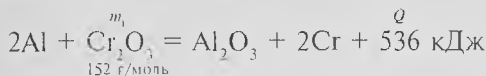
к) CrO_3 ;

л) CaO, SO_3 ;

м) CO_2 ;

н) CO , NO , Al_2O_3 , SiO_2 , FeO , Ag_2O , HgO , CrO_3 .

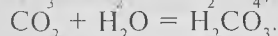
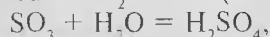
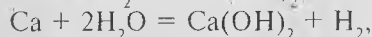
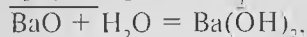
590.



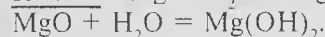
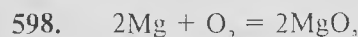
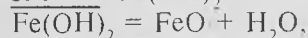
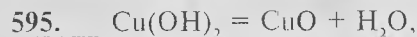
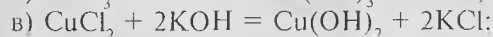
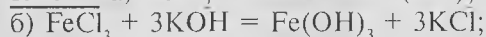
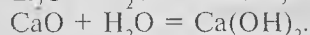
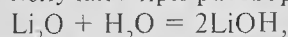
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m_1}{152} = \frac{Q}{536} \\ \frac{m_2}{160} = \frac{Q}{854} \end{array} \right., \text{ откуда } \frac{m_1}{m_2} = 1,5.$$

ОСНОВАНИЯ

591. NaOH — растворим, KOH — растворим, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ — малорастворим, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — малорастворим, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ — нерастворим, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ — нерастворим, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ — нерастворим, $\text{Al}(\text{OH})_3$ — нерастворим.



593. Растворимые в воде основания называют щелочами, их получают при растворении оксидов в воде:



599. $\text{Mn}_a\text{O}_b\text{H}_c$

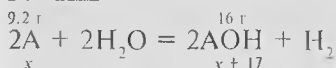
$$a) a : b : c = \frac{61,8}{55} : \frac{36,0}{16} : \frac{2,2}{1} = 1,12 : 2,25 : 2,2 = 1 : 2 : 2;$$

$\text{Mn}(\text{OH})_2$ — гидроксид;

$$б) a : b : c = \frac{45,8}{55} : \frac{53,3}{16} : \frac{0,9}{1} = 0,83 : 3,33 : 0,9 = 1 : 4 : 1;$$

HMnO_4 — кислота.

600.



$$\frac{9,2}{x} = \frac{16}{x+17}, \text{ откуда } x = 23 \text{ г/моль (натрий).}$$

КИСЛОТЫ

601. H_3BO_3 — ортоборная, H_2CO_3 — угольная, HNO_3 — азотная, H_2SiO_3 — кремниевая, H_3PO_4 — ортофосфорная, H_2SO_4 — серная, HClO_4 — хлорная.

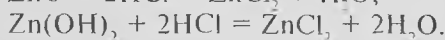
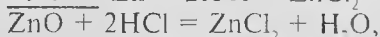
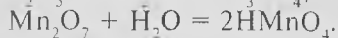
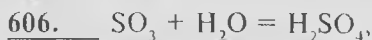
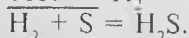
602. HMnO_4 , H_2MnO_4 , H_2SO_3 , H_2SO_4 , HAsO_3 , H_3AsO_4 , HClO_4 , HClO_3 , HClO_2 , HClO .

603.

$\overset{+4}{\text{H}_2\text{CO}_3}$ (IVA), $\overset{+4}{\text{H}_2\text{SiO}_3}$ (IVA), $\overset{+5}{\text{HNO}_3}$ (VA), $\overset{+5}{\text{H}_3\text{PO}_4}$ (VA), $\overset{+5}{\text{H}_3\text{AsO}_4}$ (VA),
 $\overset{+6}{\text{H}_2\text{SO}_4}$ (VIA), $\overset{+7}{\text{HClO}_4}$ (VIIA).

604.

Индикатор	Окраска индикатора		
	в воде	в растворе кислоты	в растворе щелочи
Лакмус	синяя	красная	синяя
Метилоранж	оранжевая	красная	желтая
Фенолфталеин	бесцветная	бесцветная	малиновая



608. Ca, Al, Fe. Например,
 $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$,
 $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$.

609. а) HBr, HI, H₂S;
б) H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄, HMnO₄;
в) HBr, HI, HNO₃, HMnO₄;
г) H₂S, H₂SO₄;
д) H₃PO₄.

610. № 1 — pH > 7, NaOH, № 2 — pH < 7, H₂SO₄.

СОЛИ

611. Соли угольной кислоты — карбонаты (кислые соли — гидрокарбонаты), соли хлороводородной кислоты — хлориды, соли азотной кислоты — нитраты.

612. KCl, NaI, MgS, Pb(NO₃)₂, BaSO₄.

613. а) $\text{NaOH} + \text{HNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
б) $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
в) $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

614. Na₂HPO₄ — гидрофосфат натрия, NaH₂PO₄ — дигидрофосфат натрия, CaHPO₄ — гидрофосфат кальция.

615. $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{KOH} = \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca(OH)}_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{KOH} + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$,
 $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

616. а) $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$;
б) $\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
в) $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

617. а) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$;
б) $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
в) $\text{Zn(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

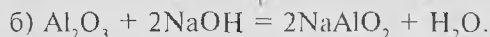
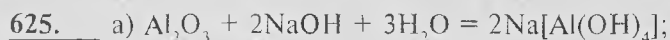
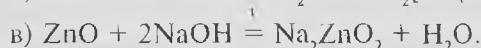
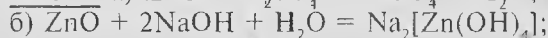
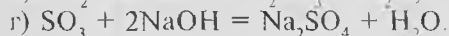
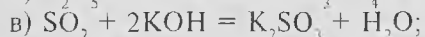
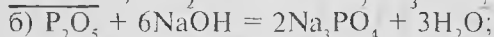
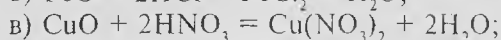
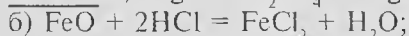
618. а), в), г), е).

619. $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$,
 $\text{Ag} + \text{CuSO}_4 \neq$.

620. а) Ca(H₂PO₄)₂ — кислая соль; б) CuSO₄ · 5H₂O — средняя соль, кристаллогидрат; в) Na₂CO₃ · 10H₂O — средняя соль, кристал-

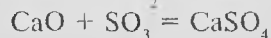
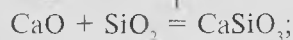
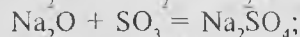
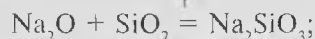
логидрат; г) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — средняя соль; д) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — двойная соль, кристаллогидрат.

ОКСИДЫ: КИСЛОТНЫЕ, ОСНОВНЫЕ, АМФОТЕРНЫЕ

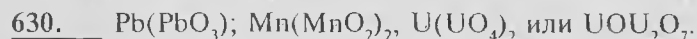
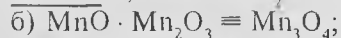
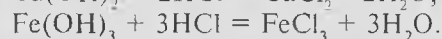
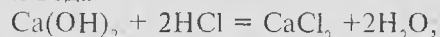


626. Свойства оксида определяют по отношению к кислотам и щелочам.

627.



628. Во всех реакциях нейтрализации продуктами являются соль и вода.



СВЯЗЬ МЕЖДУ КЛАССАМИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИИ

631. Кислоты: H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , HClO_4 .

Основания: $\text{Fe}(\text{OH})_3$, NaOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Соли: H_2SO_4 , CaBr_2 , FeCl_3 , Na_3PO_4 .

Оксиды: CuO , SO_3 , CO_2 , PbO .

632. $2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$.

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$.

$3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.

$4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$.

$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$.

$2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.

633.

а) $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$
 $\text{S} \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

б) $\text{Ba} \rightarrow \text{BaO} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$
 $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$

634. $\text{FeO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

$\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2$.

635. $2\text{KOH} + \text{SO}_2 = \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

$\text{KOH} + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$.

$2\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

636. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3$.

$\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2$.

$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

637. а) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$;

б) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$;

в) $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$;

г) $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2\text{O}_7 = 2\text{HClO}_4$.

638. а) $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3$;

б) $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$;

в) $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$;

г) $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$.

639. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$;

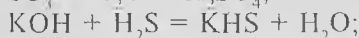
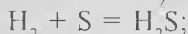
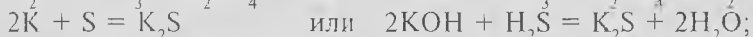
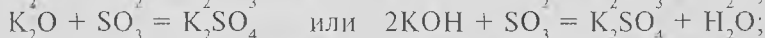
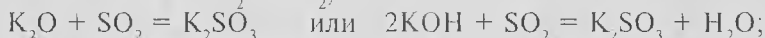
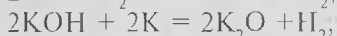
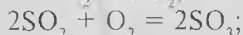
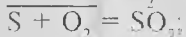
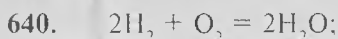
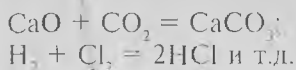
$2\text{Ca} + \text{O}_2 = 2\text{CaO}$;

$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$;

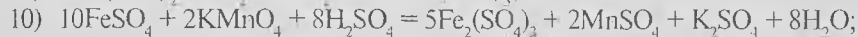
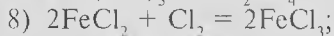
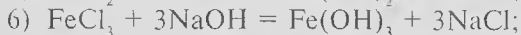
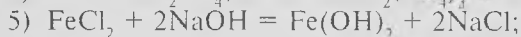
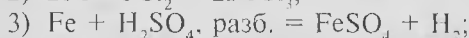
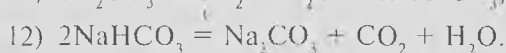
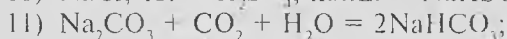
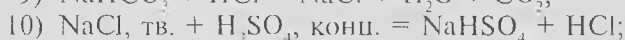
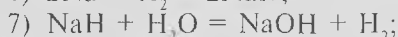
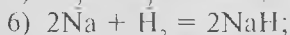
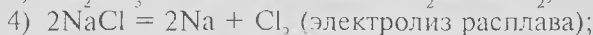
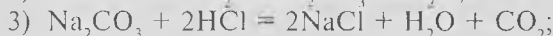
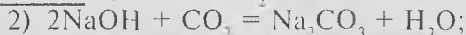
$\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$;

$\text{Ca} + \text{Cl}_2 = \text{CaCl}_2$;

$\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$;



ЦЕПОЧКИ ПРЕВРАЩЕНИЙ



- 643.** 1) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaSO}_4$;
 2) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
 3) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
 4) $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
 5) $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4$;
 6) $2\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaNO}_3 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$.

- 644.** 1) $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3$;
 2) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$;
 3) $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$;
 4) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$;
 5) $2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$;
 6) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 7) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$;
 8) $\text{NaAlO}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$.

- 645.** 1) $4\text{Mg} + 10\text{HNO}_3, \text{конц.} = 4\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$;
 2) $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$;
 3) $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$;
 4) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 5) $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{MgCO}_3 + 2\text{NaCl}$;
 6) $3\text{MgCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{NaCl}$;
 7) $\text{MgO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 8) $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$;
 9) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
 10) $3\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{CO}_3$.

- 646.** 1) $\text{CrO} + \text{H}_2 = \text{Cr} + \text{H}_2\text{O}$;
 2) $4\text{Cr} + 3\text{O}_2 = 2\text{Cr}_2\text{O}_3$;
 3) $4\text{CrO} + \text{O}_2 = 2\text{Cr}_2\text{O}_3$;
 4) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$;
 5) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$;
 6) $\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$;
 7) $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] \xrightarrow{\Delta} \text{NaCrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH}$;
 8) $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

- 647.** 1) $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2$;
 2) $2\text{Fe} + \text{O}_2, \text{недост.} = 2\text{FeO}$;
 3) $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2 = \text{Fe} + 2\text{HCl}$;
 4) $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$;
 5) $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$;
 6) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$;
 7) $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$;
 8) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2 = 2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl}$.

- 648.** 1) $2\text{C} + \text{O}_2, \text{недост.} = 2\text{CO}$;
 2) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C} + \text{H}_2\text{O}$;

- 3) $2\text{Mg} + \text{CO}_2 = 2\text{MgO} + \text{C}$;
- 4) $\text{C} + \text{O}_2, \text{ избыт.} = \text{CO}_2$;
- 5) $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$;
- 6) $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$.

649. 1) $\text{CaOCl}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;

2) $\text{CaCl}_2 = \text{Ca} + \text{Cl}_2$ (электролиз расплава);

$6\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (при нагревании);

3) $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ (нагревание с катализатором);

4) $\text{KCl} + \text{Ag}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{AgCl}$;

5) $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = 2\text{KOH} + \text{BaSO}_4$.

650. 1) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$;

2) $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$;

3) $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$;

4) $4\text{HNO}_3, \text{ конц.} + \text{Cu} = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;

5) $8\text{HNO}_3, \text{ разб.} + 3\text{Cu} = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$;

6) $36\text{HNO}_3, \text{ разб.} + 10\text{Fe} = 10\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{N}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$;

7) $10\text{HNO}_3, \text{ разб.} + 4\text{Zn} = 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ

651. По черно-коричневому окрашиванию фильтровальной бумаги раствором соли свинца, например, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, ионы свинца Pb^{2+} с сероводородом образуют осадок PbS черного цвета.

652. В растворе сернистый газ SO_2 легко окисляется, например, перманганатом калия KMnO_4 . Газообразный SO_2 обесцвечивает фильтровальную бумагу, смоченную перманганатом калия.

653. По посинению влажной красной лакмусовой бумаги; по образованию «дыма» NH_4Cl при поднесении концентрированной соляной кислоты на стеклянной палочке к отверстию сосуда с NH_3 ; по выпадению коричневого хлопьевидного осадка при введении аммиака в реактив Несслера (щелочной раствор тетраiodомеркурата (II) калия $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$).

654. По запаху аммиака, который выделяется при добавлении в раствор, содержащий ионы аммония NH_4^+ , раствора щелочи.

655. При обработке карбонатов сильной кислотой выделяется углекислый газ CO_2 , который вызывает помутнение известковой — $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или баритовой воды — $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

656. Из растворов, содержащих хлорид-ионы Cl^- , при подкислении азотной кислотой и добавлении раствора нитрата серебра

AgNO_3 выпадает белый хлопьевидный осадок AgCl , постепенно темнеющий на свету, и растворимый в растворе аммиака.

657. Сульфат-ионы SO_4^{2-} образуют с ионами бария Ba^{2+} белый осадок сульфата бария BaSO_4 .

658. Раствор, содержащий ионы NO_3^- и Fe^{2+} , наливают на слой концентрированной H_2SO_4 , в месте соприкосновения жидкостей образуется бурое кольцо, указывающее на образование комплекса катиона пентаакванитрозил железа (II) $[\text{Fe}(\text{NO})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$.

При нейтрализации азотной кислотой нитрона (органическое основание) выпадает белый осадок.

659. При добавлении раствора ортофосфорной кислоты в сильно подкисленный азотной кислотой раствор молибдата аммония при нагревании выпадает желтый порошкообразный осадок молибдофосфата аммония $(\text{NH}_4)_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

660. а) Раствор, содержащий ионы Fe^{2+} , при взаимодействии с тиоцианатом аммония или калия (NH_4SCN или KSCN) окрашивается в интенсивно-красный цвет, а при взаимодействии с гексацианоферратом (II) калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (желтая кровяная соль) образуется интенсивно-синий осадок берлинской лазури $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

б) Раствор, содержащий ионы Fe^{2+} , при взаимодействии с гексацианоферратом (III) калия $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (красная кровяная соль) также образует интенсивно-синий осадок берлинской лазури.

РАСПОЗНАВАНИЕ ВЕЩЕСТВ

661. $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$, лакмус синий;

$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$, лакмус в избытке кислоты красный;

$\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} \neq$;

$\text{Ag} + \text{HCl} \neq$.

662. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$, лакмус синий;

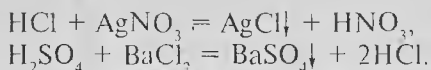
$\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$, лакмус в избытке кислоты красный;

$\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \neq$;

$\text{SiO}_2 + \text{HCl} \neq$.

663.

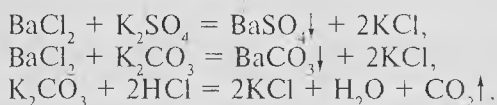
Пробирка	BaCl_2	AgNO_3	HNO_3	Вывод
№ 1	↓ Осадок	—	Осадок не растворяется	H_2SO_4
№ 2	—	↓ Осадок	Осадок не растворяется	HCl



Осадки AgCl и BaSO_4 в азотной кислоте не растворяются.

664. Составим таблицу попарного взаимодействия веществ (мысленный эксперимент). Результаты наблюдений обозначим с помощью символов: $\downarrow$ — осадок, $\uparrow$ — газ, а также укажем цвет осадка, запах газа и т.д.

	BaCl_2	K_2SO_4	K_2CO_3	HCl	Вывод
BaCl_2	—	$\downarrow$	$\downarrow$	—	два осадка
K_2SO_4	$\downarrow$	—	—	—	один осадок
K_2CO_3	$\downarrow$	—	—	$\uparrow$	один осадок, один газ
HCl	—	—	$\uparrow$	—	один газ



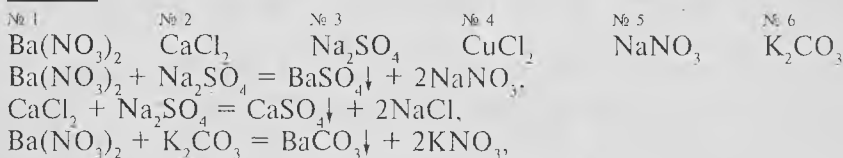
665. В чистые пробирки отсыпают небольшие количества веществ, пробирки нумеруют и наливают воду. В трех пробирках (NaOH , P_2O_5 , BaCl_2) образуются прозрачные растворы. В эти пробирки вносят по 2—3 капли лакмуса. В одной пробирке раствор краснеет — образовалась кислота ($\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$), в другой синеет — раствор щелочи NaOH , а в третьей лакмус остался фиолетовым — раствор BaCl_2 .

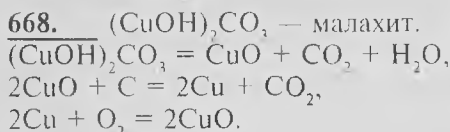
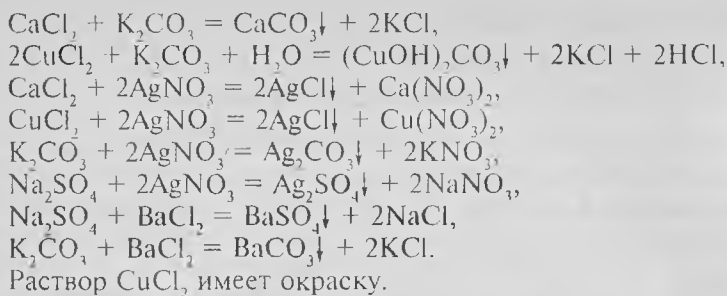
В одной из трех оставшихся пробирок при наливании воды выделяется теплота и раствор мутнеет — $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ — малорастворимое вещество, лакмус синеет.

В оставшиеся две пробирки (SiO_2 и ZnO) наливают соляную кислоту. В одной из них образуется прозрачный раствор — $\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$, а в другой (SiO_2) растворение осадка не наблюдается.

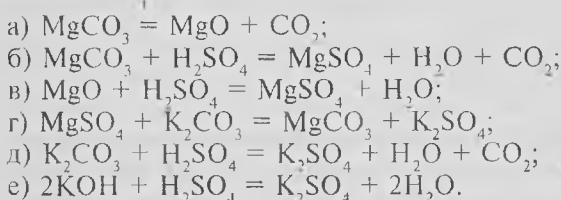
666. В зависимости от порядка сливания растворов наблюдают или не наблюдают образование осадка Al(OH)_3 . Если раствор сульфата алюминия добавляют в раствор гидроксида натрия, образовавшийся осадок Al(OH)_3 растворяется в избытке щелочи: $\text{Al(OH)}_3\downarrow + \text{NaOH} = \text{Na[Al(OH)}_4\text{]}$.

667.





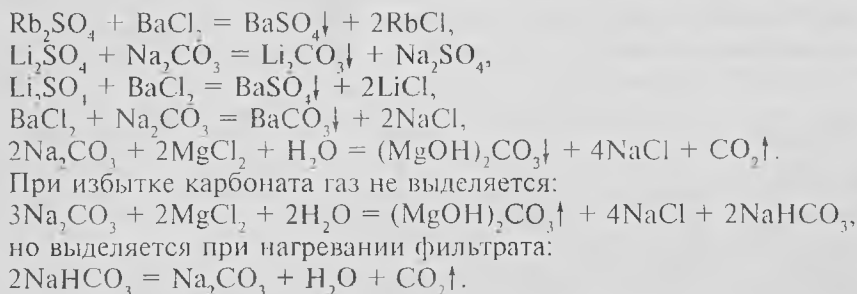
669.



665. *Первый способ.*

Растворить все вещества в воде и слить их попарно, сравнивая результаты с таблицей попарного взаимодействия веществ:

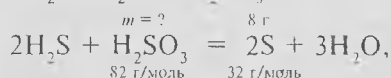
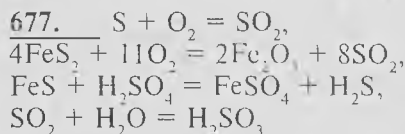
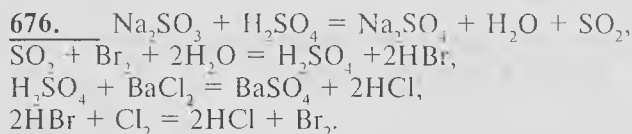
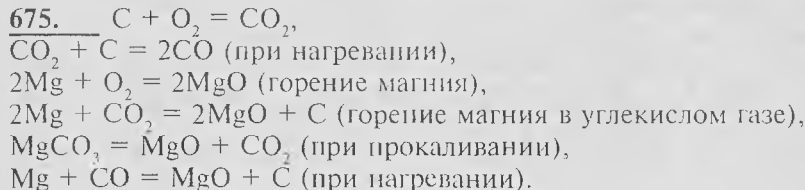
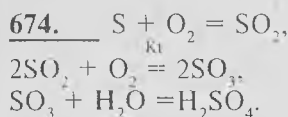
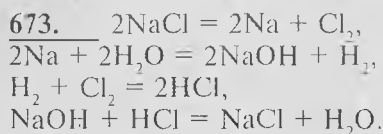
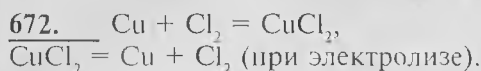
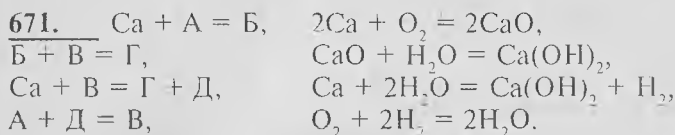
	NaCl	Li_2SO_4	Rb_2SO_4	BaCl_2	Na_2CO_3	MgCl_2	Вывод
NaCl	—	—	—	—	—	—	изменений нет
Li_2SO_4	—	—	—	↓	↓	—	два осадка
Rb_2SO_4	—	—	—	↓	—	—	один осадок
BaCl_2	—	↓	↓	—	↓	—	три осадка
Na_2CO_3	—	↓	—	↓	—	↓ + ↑	три осадка и один газ
MgCl_2	—	—	—	—	↓ + ↑	—	один осадок и один газ



Второй способ.

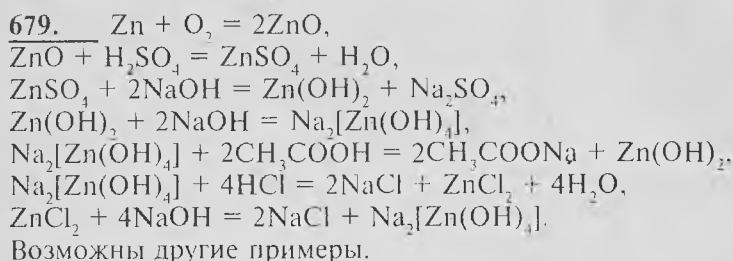
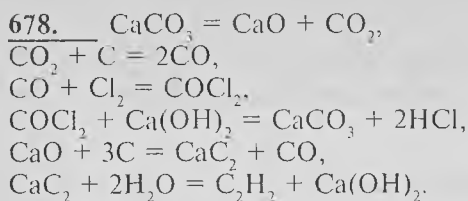
Эти соединения окрашивают пламя горелки в разные цвета: Na — желтый, Li — красный, Rb — фиолетовый; Ba — зеленый.

АБВГДейки



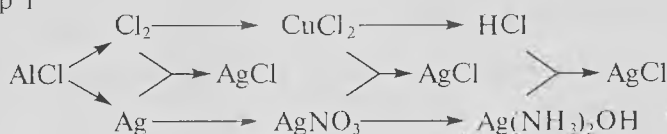
$$\frac{m}{82} = \frac{8}{2 \cdot 32}, \text{ откуда } m = 10,25 \text{ г H}_2\text{SO}_3,$$

$$w(\text{H}_2\text{SO}_3) = \frac{10,25 \text{ г}}{100 \text{ г}} \cdot 100 \% = 10,25 \%.$$

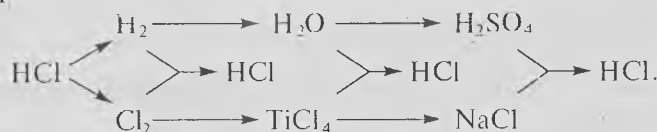


680.

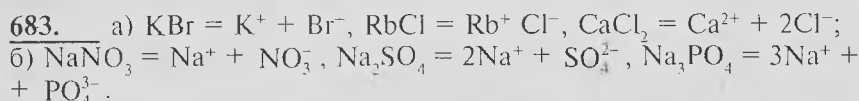
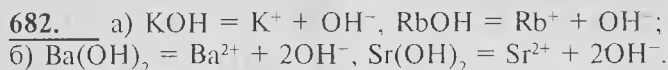
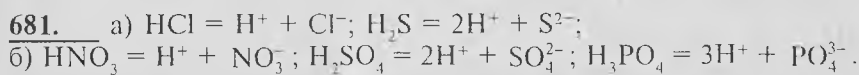
Пример 1

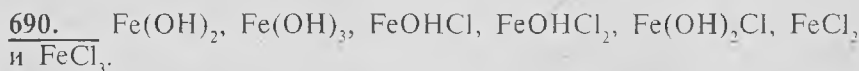
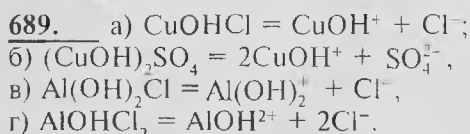
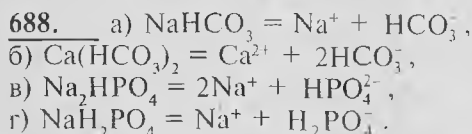
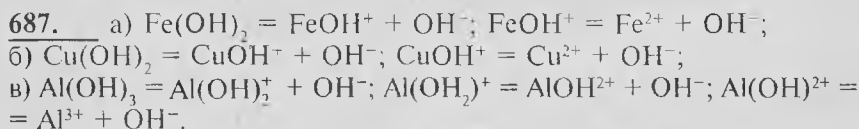
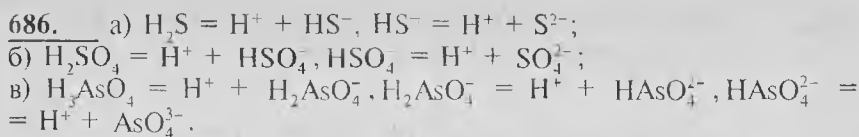


Пример 2



ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ





СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

691. Проводят электрический ток а) и г).

692. В водных растворах HF и H_2SO_4 диссоциируют на ионы

693. В водном растворе HCl диссоциирует на ионы, поэтому
 $\text{Zn} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$.

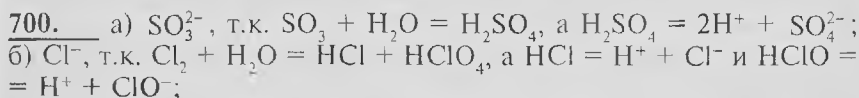
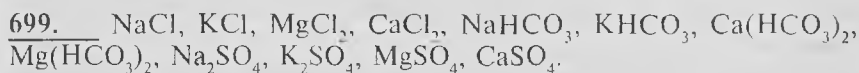
694. а) соль; б) кислота; в) щелочь.

695. а) Cu^{2+} ; б) MnO_4^- .

696. Hg^{2+} .

697. а) I_2 и I^- ; б) Br_2 и Br^- .

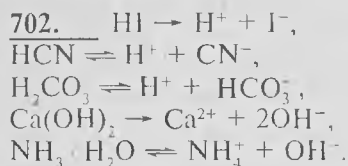
698. а) реакции соединения натрия с хлором; б) диссоциация хлорида натрия; в) образование молекулы из ионов; г) гидратация иона натрия.



- в) Ca^{2+} , т.к. $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$, а $\text{Ca(OH)}_2 = \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$;
 г) S^{2-} , т.к. S не растворима в воде.

СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ. СТЕПЕНЬ ДИССОЦИАЦИИ

701. Сильные электролиты: HBr , HCl , HI , HNO_3 , H_2SO_4 , Ca(OH)_2 , KOH , NaOH . Электролиты средней силы: H_3PO_4 . Слабые электролиты: H_2S , HCN , H_2CO_3 , CH_3COOH , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.



703. $\alpha = \frac{40_{\text{млн}}}{1000_{\text{млн}}} \cdot 100\% = 4\%$.

704. $\alpha = \frac{8000}{500000} \cdot 100\% = 1,6\%$.

705. $N(\text{AB}) = 0,25 \text{ моль/л} \cdot 0,1 \text{ л} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 1,5 \cdot 10^{22}$ молекул, $N(\text{A}^+) = 0,6 \cdot 1,5 \cdot 10^{22} = 9,03 \cdot 10^{21}$ ионов.

706. $\alpha = \frac{0,0017 \text{ моль/л}}{0,1 \text{ моль/л}} \cdot 100\% = 1,7\%$.

<u>707.</u>	$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$
Начальная концентрация, моль/л	$c \quad 0 \quad 0$
Изменение концентрации, моль/л	$- \alpha c \quad + \alpha c \quad + \alpha c$
Равновесная концентрация, моль/л	$c - \alpha c \quad \alpha c \quad \alpha c$
$[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = \alpha c = 0,20 \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 0,1 \text{ моль/л}$	
$[\text{HA}] = (1 - \alpha)c = 0,80 \cdot 0,5 \text{ моль/л} = 0,4 \text{ моль/л}$	

708. а) H_2S ; б) H^+ .

709. б) H_2O .

710. Сила кислоты тем больше, чем больше разность между количеством атомов кислорода и водорода в ее молекуле. Если формулу кислоты записать в виде $\text{Э(ОН)}_n\text{O}_m$, то m определяет силу кислоты.

а) $\text{P(ОН)}_3\text{O}$, $\text{S(ОН)}_2\text{O}_3$ и Cl(ОН)O_3 , следовательно, в ряду сила кислот возрастает;

б) Ti(ОН)_4 , $\text{V(ОН)}_3\text{O}$, $\text{Cr(ОН)}_2\text{O}_2$, Mn(ОН)O_3 , в ряду сила кислот возрастает.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ИОНАМИ В РАСТВОРЕ

711. $c_{\text{Mg}^{2+}} : c_{\text{K}^+} : c_{\text{Cl}^-} : c_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,25 : 1 : 0,5 : 0,5 = 1 : 4 : 2 : 2$, следовательно, растворили K_2SO_4 , MgSO_4 , KCl .

712. $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$, $2\text{Al}^{3+} + 6\text{NO}_3^-$, $3\text{Ca}^{2+} + 6\text{Cl}^-$, $4\text{Na}^+ + 4\text{OH}^-$, следовательно, при растворении 3 моль CaCl_2 получается 9 моль ионов.

713. В растворе NaCl $N = \frac{0,1 \cdot 100\text{г}}{58,5\text{г/моль}} \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 2,0 \cdot 10^{23}$ ионов.

В растворе Li_2SO_4 $N = \frac{0,1 \cdot 100\text{г}}{110\text{г/моль}} \cdot 3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 1,67 \cdot 10^{23}$ ионов.

В растворе $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ $N = \frac{0,1 \cdot 100\text{г}}{261\text{г/моль}} \cdot 3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 0,675 \cdot 10^{23}$ ионов.

714. $N = \frac{0,018 \cdot 10^{-7} \cdot 1\text{г}}{18\text{г/моль}} \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 1,2 \cdot 10^{14}$ ионов.

715. $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$, $n_1(\text{Cl}^-) = \frac{0,56\text{л}}{22,4\text{л/моль}} = 0,025$ моль.

$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$, $n_2(\text{Cl}^-) = \frac{0,8775\text{г}}{58,5\text{г/моль}} = 0,015$ моль.

$n(\text{Cl}) = 0,025 + 0,015 = 0,04$ моль, $c(\text{Cl}^-) = \frac{0,04\text{моль}}{0,5\text{л}} = 0,08$ моль/л

716. $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$,
 $\text{KCl} \rightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^-$.

$N(\text{Ca}^{2+}) = \frac{11,1\text{г}}{111\text{г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 6,02 \cdot 10^{22}$ ионов.

$N(\text{K}^+) = \frac{7,45\text{г}}{74,5\text{г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 6,02 \cdot 10^{22}$ ионов.

$N(\text{Cl}^-) = 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{22} + 6,02 \cdot 10^{22} = 1,8 \cdot 10^{23}$ ионов.

717. $\text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow 3\text{Na}^+ + \text{PO}_4^{3-}$, число ионов $= 0,5 \cdot 4 = 2N_A$.

$\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$, число ионов $= 1,0 \cdot 2 = 2N_A$.

Растворы содержат одинаковое число ионов.

718. 0,1 моль/л, 0,2 моль/л и 0,3 моль/л.

719. Во всех случаях концентрация близка к α_0 .

720. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$;
 $\text{CH}_3\text{COONa} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$.

а) $\leftarrow$; б) $\leftarrow$.

721. в) и г).

722. а) $\text{LiOH} + \text{HCl} = \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$;

б) $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;

в) $2\text{AgNO}_3 + \text{BaCl}_2 = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$;

г) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaNO}_3$

$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4\downarrow$;

д) $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$

$6\text{H}^+ + 2\text{PO}_4^{3-} + 6\text{Na}^+ + 3\text{CO}_3^{2-} = 6\text{Na}^+ + \text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$

$2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$;

е) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{PbS}\downarrow + 2\text{HNO}_3$

$\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{PbS}\downarrow$.

723. а) $3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} = \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$;

б) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$;

г) $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4\downarrow$.

724. а) $\text{NaOH} + \text{HNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$;

б) $2\text{HCl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$;

в) $3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

$\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$.

725. а) $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;

в) $\text{FeS}\downarrow + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$;

г) $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$.

726. а) $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$;

б) $\text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;

в) $\text{ZnS}\downarrow + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$;

г) $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$.

Возможны другие варианты ответов.

727. а) 3H^+ ; б) 3OH^- ; в) S^{2-} ; г) H^+ .

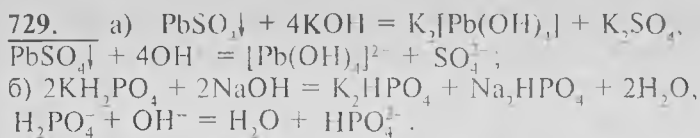
728. $\text{KOH} + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$;

$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KCl}$, $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4\downarrow$;

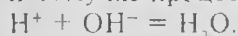
$\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;

$2\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{BaCl}_2 = 6\text{KCl} + \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$, $3\text{Ba}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$;

$\text{K}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 = 2\text{KCl} + \text{CuS}\downarrow$, $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS}\downarrow$.

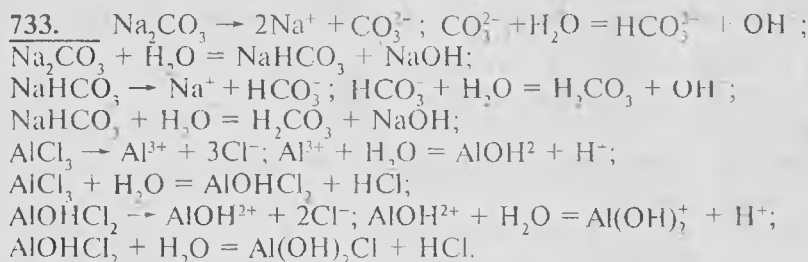
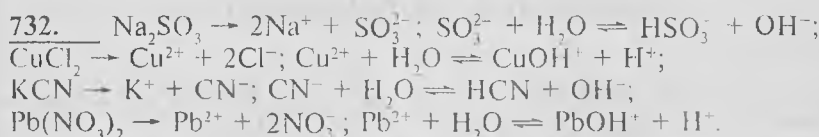


730. Тепловой эффект всех трех реакций относится к одному и тому же процессу:

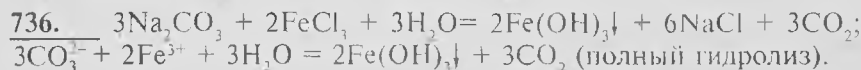
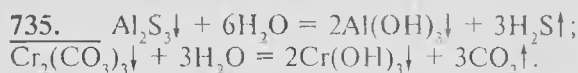


ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

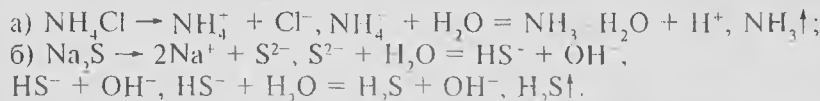
731. а) и б) — Фиолетовый; в) красный; г) синий.



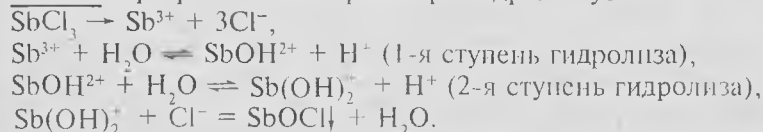
734. а) Щелочная; б) кислая.



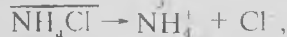
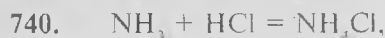
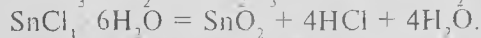
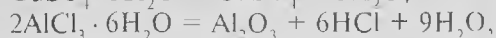
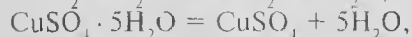
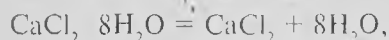
737. При повышении температуры раствора гидролиз усиливается.



738. При разбавлении раствора гидролиз усиливается.



739. Гидраты солей Me^+ и Me^{2+} при нагревании теряют воду, а гидраты солей Me^{3+} и Me^{4+} при нагревании гидролизуются (за исключением $\text{LaCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).



КОНСТАНТА ДИССОЦИИАЦИИ

741. $K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HSO}_4^-]}{[\text{H}_2\text{SO}_4]} = 1,0 \cdot 10^{-3}, K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = 1,5 \cdot 10^{-2}.$

H_2SO_4 диссоциируют как сильная кислота по первой ступени.



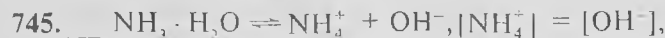
Сила кислот в ряду $\text{HF}, \text{CH}_3\text{COOH}, \text{HCN}$ убывает.



744. $K = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}, [K] = \text{моль/л}$

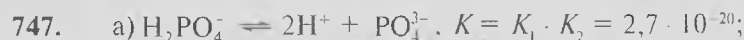
$$K = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}, [K] = \text{моль}^2/\text{л}^2$$

$$K = \frac{[\text{H}^+]^3[\text{AsO}_4^{3-}]}{[\text{H}_3\text{AsO}_4]}, [K] = \text{моль}^3/\text{л}^3.$$



$$K = \frac{(1,3 \cdot 10^{-3})^2}{0,1} = 1,7 \cdot 10^{-5}.$$

746. $K = \frac{[\text{H}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]} = \frac{(4,4 \cdot 10^{-5})^2}{0,02} = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л}.$



748. $K_2 = \frac{1}{K_1}$.

749. $K_3 = K_1 \cdot K_2 = 3,2 \cdot 10^4$, равновесие сдвинуто в сторону прямой реакции.

750. а) $K = 6,2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{6,9 \cdot 10^{-4}} = 0,9$

б) $K = 1,74 \cdot 10^{-5} \frac{1}{6,2 \cdot 10^{-4}} = 2,8 \cdot 10^{-2}$

в) $K = 1,74 \cdot 10^{-5} \frac{1}{1,4 \cdot 10^{-2}} = 1,2 \cdot 10^{-3}$

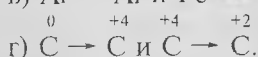
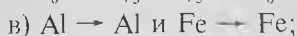
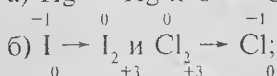
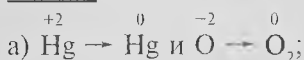
г) $K = 1,8 \cdot 10^9 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} = 2,5 \cdot 10^7$.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

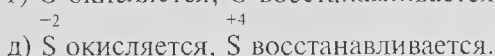
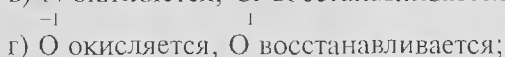
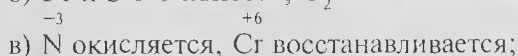
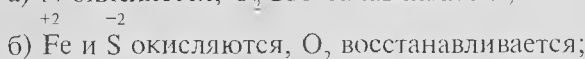
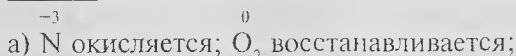
СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОГО БАЛАНСА

751. а) Реакция замещения; б) реакция соединения; в) реакция разложения; г) реакция обмена.

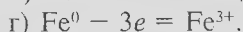
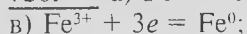
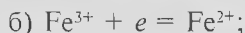
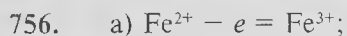
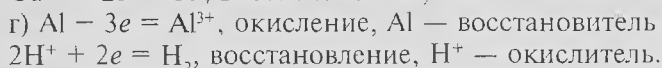
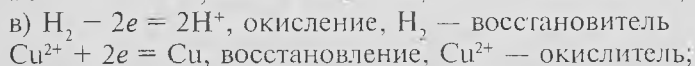
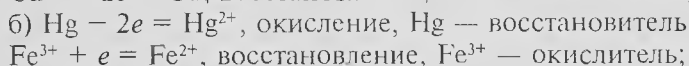
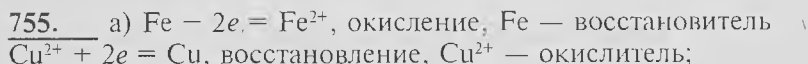
752.



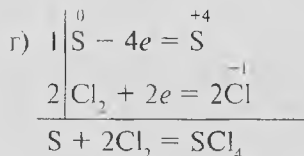
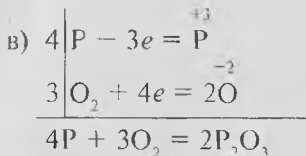
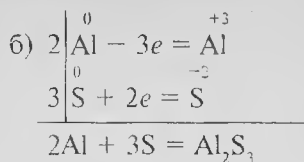
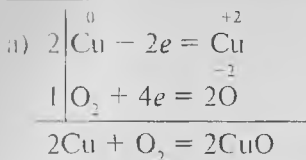
753.



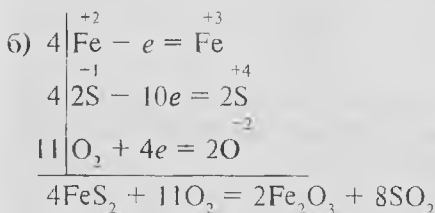
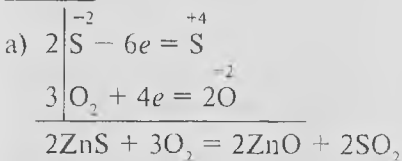
754. а) 2e; б) 4e; в) 12e; г) 20e.



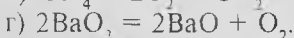
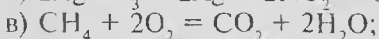
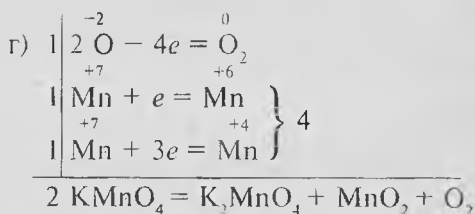
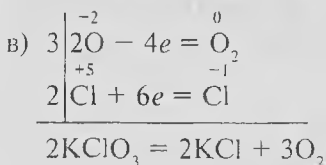
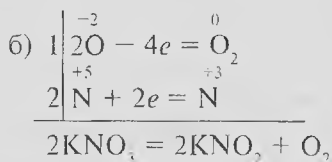
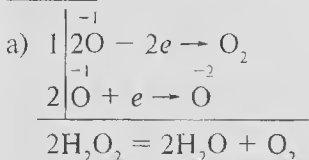
757.



758.

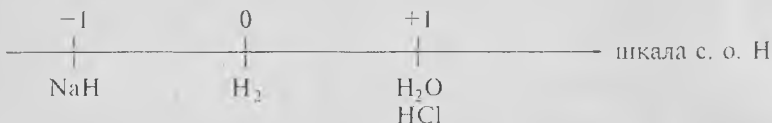


759.

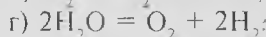
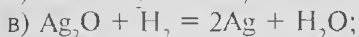


ОКИСЛИТЕЛИ И ВОССТАНОВИТЕЛИ

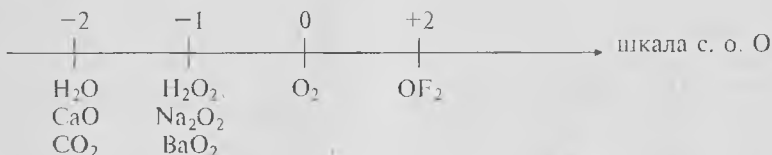
761.



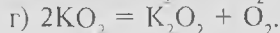
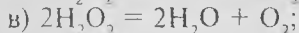
$\overset{+1}{\text{H}}$ — только окислительные, $\overset{-1}{\text{H}}$ — только восстановительные, H_2 — и окислительные и восстановительные свойства.



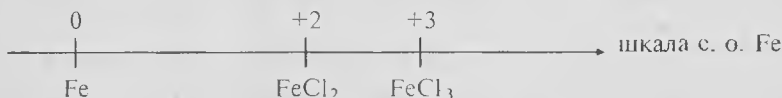
762.



$\overset{+2}{\text{O}}$ — окислительные, $\overset{-2}{\text{O}}$ — восстановительные, $\overset{-1}{\text{O}}$ — и окислительные и восстановительные, O_2 проявляет восстановительные свойства только при взаимодействии с F_2 .



763.



$\overset{+3}{\text{Fe}}$ — только окислительные, Fe — только восстановительные, $\overset{+2}{\text{Fe}}$ — и окислительные и восстановительные свойства.



764.

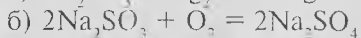
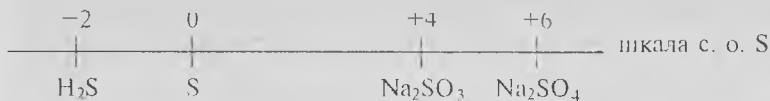
Окислители: $\overset{+4}{\text{PbO}_2}$, $\overset{+2}{\text{OF}_2}$, $\overset{+1}{\text{Cl}_2\text{O}}$, $\overset{+5}{\text{KClO}_3}$, $\overset{+7}{\text{KMnO}_4}$, $\overset{0}{\text{F}_2}$.

Восстановители: $\overset{-1}{\text{KI}}$, $\overset{-2}{\text{Na}_2\text{S}}$, $\overset{-3}{\text{Li}_3\text{N}}$, $\overset{0}{\text{Zn}}$.

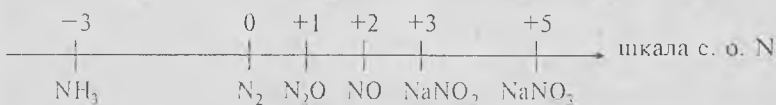
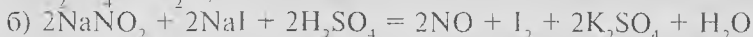
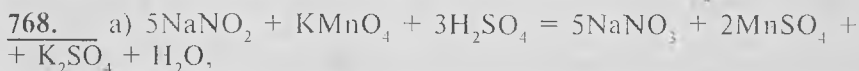
765. а) Na; б) Mg; в) Zn; г) Cs; д) I^- .

766. а) Ag^+ ; б) Cu^{2+} ; в) Hg^{2+} ; г) Cl_2 ; д) O_2 .

767.

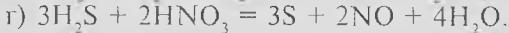
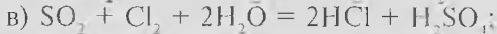
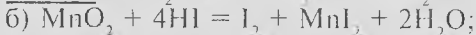
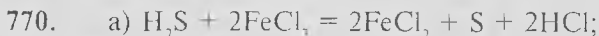
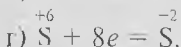
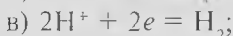
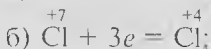
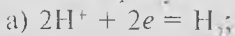


Серa в сульфитах проявляет степень окисления +4; поэтому она может окисляться до $\overset{+6}{\text{S}}$ и восстанавливаться до $\overset{0}{\text{S}}$ и H_2S .



Азот в нитратах проявляет промежуточную степень окисления +3, поэтому он может окисляться до $\overset{+5}{\text{N}}$ и восстанавливаться до $\overset{+2}{\text{N}}$, $\overset{+1}{\text{N}}$ и $\overset{0}{\text{N}}$.

769. Окислительно-восстановительные свойства одного и того же соединения могут определяться степенями окисления различных элементов. Например, HClO_4 может выступать окислителем «по водороду» и окислителем «по хлору».



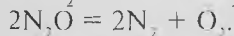
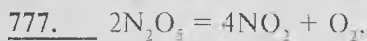
КЛАССИФИКАЦИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

771. Межмолекулярные — а), б) и в), т.к. окислитель и восстановитель находятся в разных веществах.

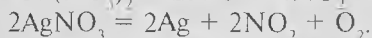
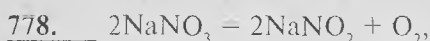
772. Внутримолекулярные — а), б) и в), т.к. окислитель и восстановитель (атомы разных элементов) находятся в одном и том же веществе.

773. Реакции диспропорционирования — а), б) и в). т.к. в каждой из них атомы одного и того же элемента, находящиеся в составе одного вещества, являются и окислителем и восстановителем.

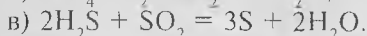
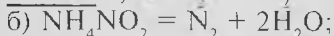
774. Межмолекулярные — а) и в); внутримолекулярные — б) и г); диспропорционирования — д) и е).



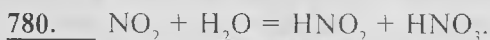
Все реакции относятся к внутримолекулярным.



Все реакции относятся к внутримолекулярным.

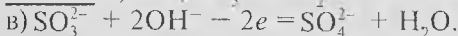
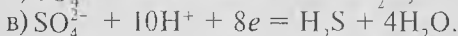
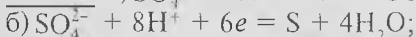
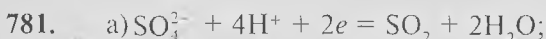


Все реакции синпропорционирования.

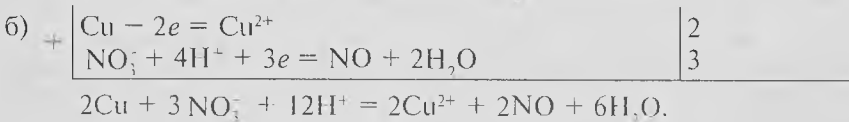
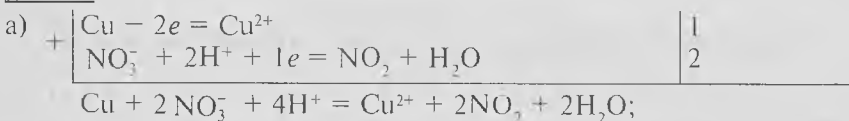


HNO_2 — нестойкая, поэтому $2\text{HNO}_2 = \text{HNO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.

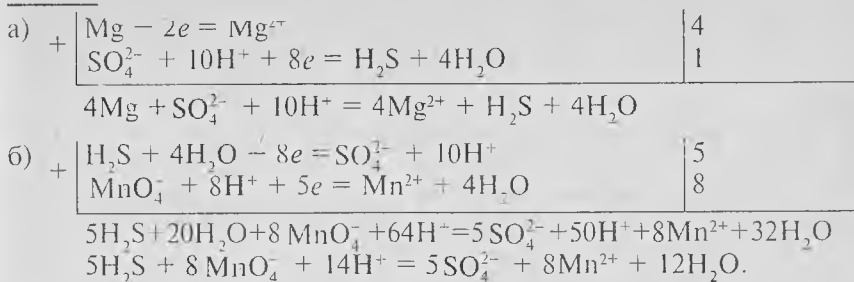
СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОГО БАЛАНСА



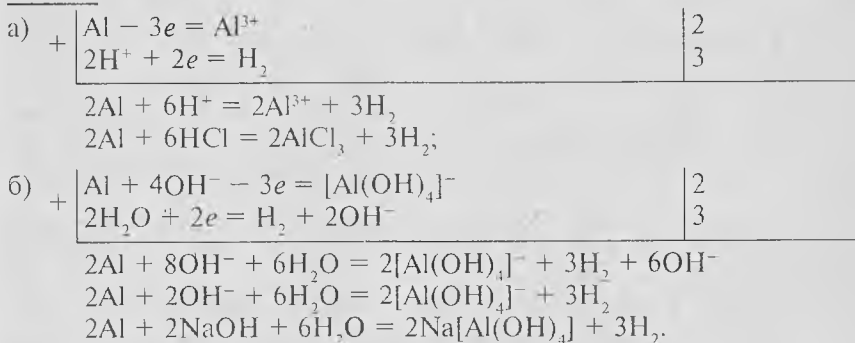
783.



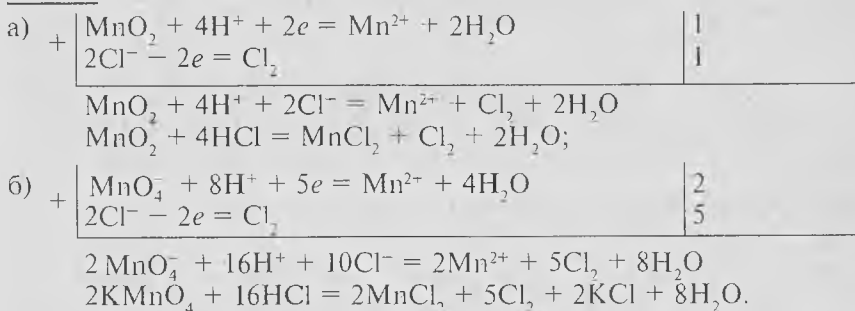
784.



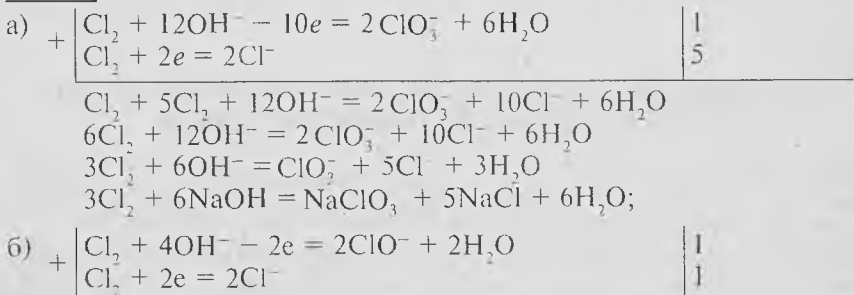
785.

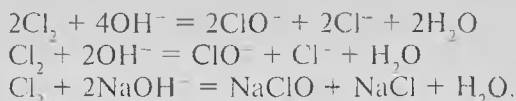


786.

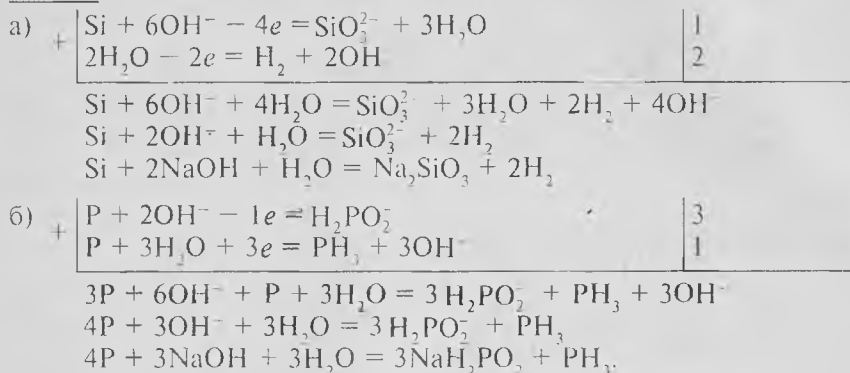


787.

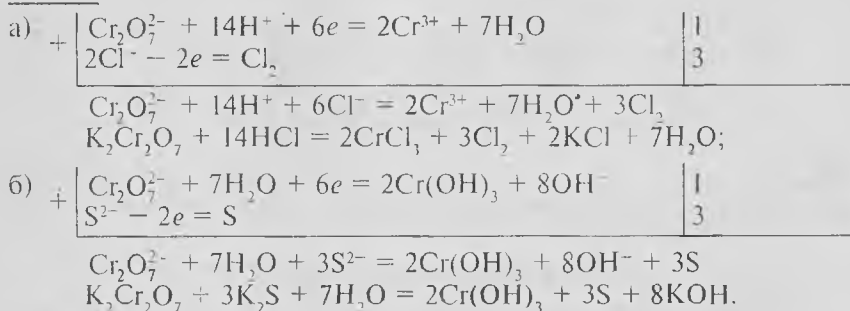




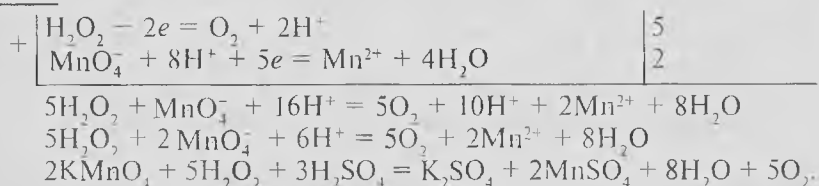
788.



789.

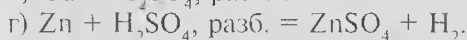
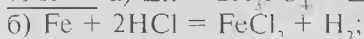


790.

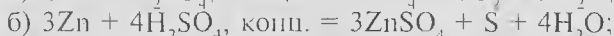


СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ КИСЛОТАМИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

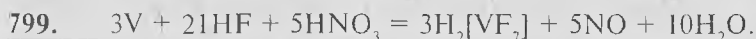
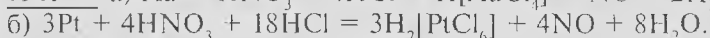
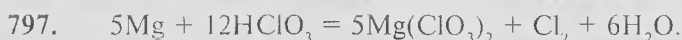
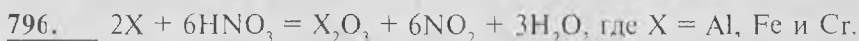
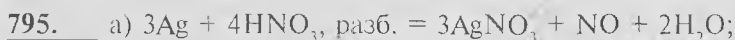
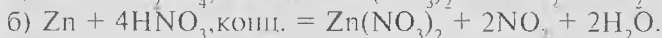
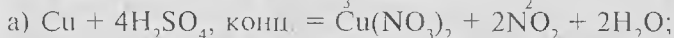
791. Кислоты-окислители — это кислородсодержащие кислоты, анион которых проявляет сильные окислительные свойства.
Кислоты-окислители: HNO_3 (конц.), HNO_3 (разб.), H_2SO_4 (конц.), HClO , HClO_2 .



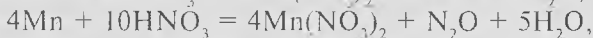
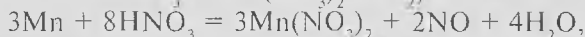
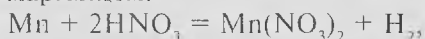
793. Чем активнее металл, реагирующий с серной кислотой, тем глубже идет восстановление серы (VI). Продуктами восстановления H_2SO_4 в реакциях с малоактивными металлами может быть SO_2 , в реакциях с очень активными металлами — H_2S , в реакциях с металлами средней активности — или SO_2 и S, или S и H_2S .



794. Как правило, независимо от активности металла продуктом восстановления HNO_3 является NO_2 .

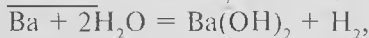


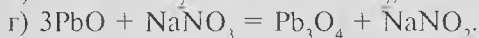
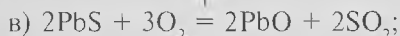
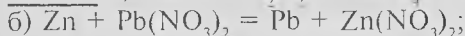
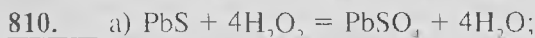
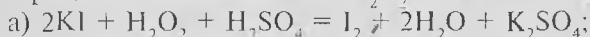
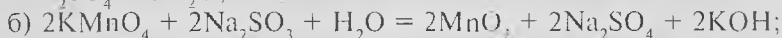
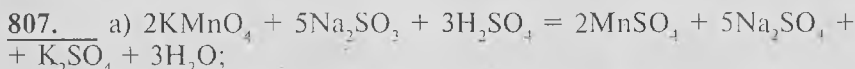
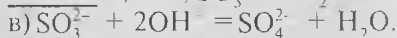
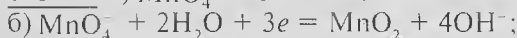
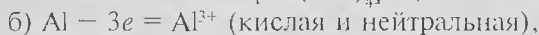
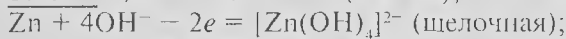
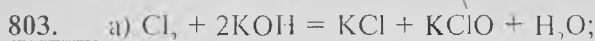
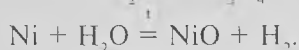
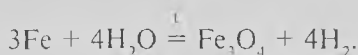
800. Действительно, еще в конце XIX века было установлено, что водород вместе с другими продуктами восстановления азотной кислоты образуется в результате ее реакции с натрием, магнием или марганцем:



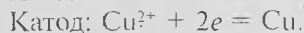
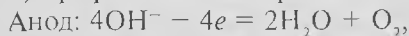
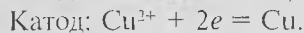
ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА ПРОТЕКАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ

801. В газообразном состоянии — б); с участием твердых веществ — в); в водных растворах — а) и г).





ЭЛЕКТРОЛИЗ



812. а) Расплав KI:

Анод: $2\text{I}^- - 2e = \text{I}_2$;

Катод: $\text{K}^+ + e = \text{K}$;

б) Водный раствор KI:

Анод: $2\text{I}^- - 2e = \text{I}_2$;

Катод: $2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$.

813. а) Анод: $2\text{H}_2\text{O} - 4e = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$;

б) Катод: $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

814. а) Водный раствор KCl:

$\text{KCl} \rightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^-$,

$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Анод: $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$

Катод: $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

| 1

| 1

$2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

$2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{KOH}$;

б) Водный раствор Na_2SO_4 :

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$,

$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Анод: $2\text{H}_2\text{O} - 4e = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

Катод: $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

| 1

| 2

$6\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{OH}^-$

$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$.

815. а) Mg и Cl_2 ; б) Ca и Cl_2 ; в) Pb и Br_2 .

816. а) H_2 , Cl_2 , NaOH; б) Cu, Cl_2 ; в) H_2 , O_2 , NaOH, HNO_3 ; г) Cu, O_2 , H_2SO_4 ; д) H_2 , O_2 ; е) H_2 , O_2 .

817. При включении тока от кристаллика по направлению к катоду потянулась голубая дорожка.

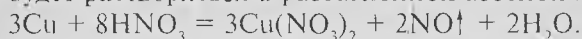
818. За счет электролиза воды: $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ уменьшается масса воды и, следовательно, увеличивается концентрация NaOH.

819. При полном электролизе раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ на катоде осаждается медь, на аноде выделяется кислород, а в растворе остается HNO_3 ;

$2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu}\downarrow + 4\text{HNO}_3 + \text{O}_2\uparrow$.

а) Если после электролиза вынуть из раствора электроды, то в растворе останется только HNO_3 .

б) Если электролиты оставить в растворе и отключить ток, то медь будет растворяться в разбавленной азотной кислоте:

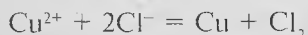
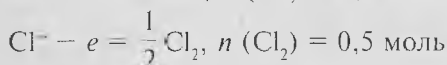
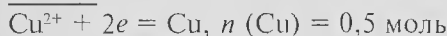


820. Среди ионов, образующихся при диссоциации солей KCl и MgSO_4 , только хлорид-ионы могут принимать участие в электродном процессе: $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$. На катоде происходит восстановление воды: $\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$. Когда все хлорид-ионы окислятся, в растворе появится такое количество гидроксид-ионов, что станет возможна реакция: $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$. При этом концентрация ионов магния уменьшится в растворе в 2 раза. Таким образом, после полного окисления хлорид-ионов в растворе останутся соли K_2SO_4 и MgSO_4 , молярные концентрации которых в 2 раза меньше, чем исходные концентрации KCl и MgSO_4 . При дальнейшем электролизе на аноде окисляются молекулы воды: $\text{H}_2\text{O} - 4e = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$, катионы H^+ реагируют с анионами OH^- , образующимися на катоде, и, следовательно, дальнейшего изменения концентрации не происходит.

Если KCl заменить на K_2SO_4 , концентрация солей изменяться не будет.

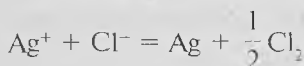
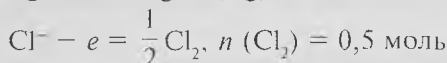
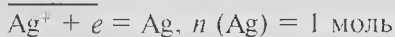
ЗАКОНЫ ФАРАДЕЯ

821.



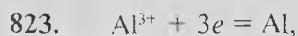
Количество электричества, равное 96500 Кл (точнее 96485 Кл), получило название 1 Фарадей и обозначается символом F . $1F$ — это заряд 1 моль электронов, т.е. заряд $6,02 \cdot 10^{23}$ электронов. Для восстановления каждого иона Cu^{2+} требуются 2 электрона, а для восстановления 1 моль меди — 2 моль электронов, т.е. $2F$. При прохождении через электролизер $1F$ электричества происходит окисление 1 моль ионов Cl^- в 0,5 моль Cl_2 .

822.



а) $m(\text{Ag}) = 108 \text{ г}$, $m(\text{Cl}_2) = 35,5 \text{ г}$;

б) $m(\text{Ag}) = 216 \text{ г}$, $m(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г}$.



$$n(\text{Al}) = \frac{1000\text{г}}{27\text{г/моль}} = 37 \text{ моль атомов.}$$

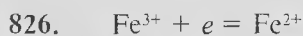
Поскольку на выделение каждого атома алюминия необходимо 3 электрона, на выделение 37 моль потребуется $3 \cdot 37 = 111$ моль электронов. Это количество электронов несет заряд 111F или 10730 Кл .

824. См. решение задачи 823,

$$t = \frac{10730000\text{Кл}}{40000\text{Кл} \cdot \text{с}^{-1}} = 268 \text{ с} = 4,5 \text{ мин.}$$

825. $N_A = \frac{96485\text{Кл} \cdot \text{моль}^{-1}}{1,6022 \cdot 10^{-19}\text{Кл}} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

См. решение задачи 821.

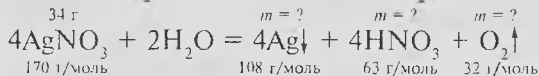
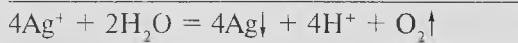
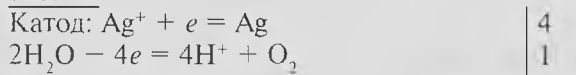


$$Q = 0,6\text{F} = 57900 \text{ Кл.}$$

827. $Q = \frac{2,4\text{г} \cdot 2 \cdot 96500\text{Кл/моль}}{24\text{г/моль}} = 19300 \text{ Кл};$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{19300\text{Кл}}{5 \cdot 3600\text{с}} = 1,1\text{А.}$$

828.

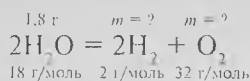


$$m(\text{Ag}) = \frac{34\text{г} \cdot 108\text{г/моль}}{170\text{г/моль}} = 21,6 \text{ г,}$$

$$m(\text{O}_2) = \frac{34\text{г} \cdot 32\text{г/моль}}{4 \cdot 170\text{г/моль}} = 1,6 \text{ г,}$$

$$m(\text{HNO}_3) = \frac{34\text{г} \cdot 63\text{г/моль}}{170\text{г/моль}} = 12,6 \text{ г.}$$

Общее уменьшение массы раствора за счет серебра и кислорода равно $21,6 + 1,6 = 23,2 \text{ г}$. При электролизе образовавшегося раствора азотной кислоты разлагается вода. Потеря массы раствора за счет электролиза воды составляет $25 - 23,2 = 1,8 \text{ г}$.



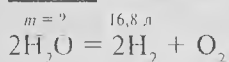
18 г/моль 2 г/моль 32 г/моль

$m(\text{H}_2) = 0,2 \text{ г}$, $m(\text{O}_2) = 1,6 \text{ г}$. Общая масса кислорода, выделившегося на аноде в двух процессах равна $1,6 + 1,6 = 3,2 \text{ г}$.

Масса раствора после окончания электролиза: $400 - 25 = 375 \text{ г}$.

Массовая доля азотной кислоты: $\omega(\text{HNO}_3) = \frac{12,6 \text{ г}}{375 \text{ г}} \cdot 100 \% = 3,36 \%$.

829. Вычисление массы воды, подвергнувшейся электролизу:



18 г/моль 22,4 г/моль

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{16,8 \text{ л} \cdot 18 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 13,5 \text{ г}.$$

Вычисление массы серной кислоты и массы воды в исходном растворе:

$$m(\text{р-ра}) = 1,07 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 214 \text{ г},$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 214 \text{ г} = 21,4 \text{ г},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 214 - 21,4 = 192,6 \text{ г}.$$

Масса воды в растворе после электролиза: $192,6 - 13,5 = 179,1 \text{ г}$.

Вычисление массовой доли H_2SO_4 :

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{21,4 \text{ г}}{179,1 \text{ г}} \cdot 100 \% = 12 \%.$$

Время электролиза $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

$$t = \frac{nF}{I}; n = \frac{16,8 \text{ л} \cdot 2}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,5 \text{ моль}, t = \frac{1,5 \text{ моль} \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{4 \text{ Кл} \cdot \text{с}^{-1}} = 10 \text{ час } 3 \text{ мин}.$$

830. Вычисление массы никеля:

$$m(\text{Ni}) = \frac{0,6 \cdot 20 \text{ А} \cdot 60 \cdot 70 \text{ с} \cdot 59 \text{ г/моль}}{2 \cdot 96500 \text{ Кл/моль}} = 15,4 \text{ г}.$$

Вычисление толщины слоя:

$$d = \frac{m(\text{Ni})}{\rho(\text{Ni}) \cdot 2 \cdot S} = \frac{15,4 \text{ г}}{8,9 \text{ г/см}^3 \cdot 2 \cdot 16 \text{ см}^2} = 0,05 \text{ см}.$$

ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ

831. Согласно закону Фарадея, для того чтобы выделить на электроде молярную массу эквивалентов металла, нужно пропустить через электролитическую ячейку 96500 Кл электричества.

$$M_{\text{э}} = \frac{mF}{It} = \frac{2,965 \text{ г} \cdot 96500 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}}{15 \text{ А} \cdot 60 \cdot 10 \text{ с}} = 31,79 \text{ г/моль}.$$

$$832. \quad M_{\text{э}}(\text{Mg}^{2+}) = \frac{24}{2} = 12 \text{ г/моль}$$

$$m = \frac{M_{\text{э}} It}{F} = \frac{12 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ А} \cdot 5 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 2,24 \text{ г}.$$

$$833. \quad Q = \frac{mF}{M_{\text{э}}} \quad \text{а) } 96,5 \text{ Кл; б) } 965 \text{ Кл; в) } 9560 \text{ Кл}.$$

$$834. \quad \text{Объем кислорода при н.у.: } V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = 0,224 \text{ л}.$$

Объем эквивалентов кислорода при н.у. равен 5,6 л/моль.

На основе закона эквивалентных отношений $\frac{m(\text{Cu})}{V_0(\text{O}_2)} = \frac{M_{\text{э}}(\text{Cu})}{V_{\text{э}}(\text{O}_2)}$,
откуда $m(\text{Cu}) = \frac{31,75 \text{ г/моль} \cdot 0,224 \text{ л}}{5,6 \text{ л/моль}} = 1,27 \text{ г}.$

835. Объем эквивалентов водорода при н.у. равен 11,2 л/моль, а кислорода — 5,6 л/моль.

$$V(\text{H}_2) = \frac{5 \text{ А} \cdot 90 \cdot 60 \text{ с} \cdot 11,2 \text{ л/моль}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 280 \text{ мл},$$

$$V_0(\text{H}_2) = \frac{280 \text{ мл} \cdot 298 \text{ К}}{273 \text{ К}} = 305 \text{ мл},$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{5 \text{ А} \cdot 90 \cdot 60 \text{ с} \cdot 5,6 \text{ л/моль}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 140 \text{ мл},$$

$$V_0(\text{O}_2) = 152 \text{ мл}.$$

$$836. \quad m(\text{Ag}) = \frac{108 \text{ г/моль} \cdot 5 \text{ А} \cdot 30 \cdot 60 \text{ с}}{96500 \text{ Кл/моль}} = 10,07 \text{ г};$$

$$\eta = \frac{8,45 \text{ г}}{10,07 \text{ г}} \cdot 100 \% = 84 \%.$$

837. Объем эквивалентов хлора при н.у. равен 11,2 л/моль.

Количество вещества эквивалентов хлора: $\frac{1,12 \text{ л}}{11,2 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$

Молярные массы эквивалентов металлов:

$$M_{\text{э}}(\text{Cu}^{2+}) = 31,75 \text{ г/моль}; \quad M_{\text{э}}(\text{Ni}^{2+}) = 29,5 \text{ г/моль}; \quad M_{\text{э}}(\text{Fe}^{3+}) = 18,7 \text{ г/моль}; \quad M_{\text{э}}(\text{Fe}^{2+}) = 28 \text{ г/моль}.$$

Массы металлов:

$$m(\text{Cu}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 31,75 \text{ г/моль} = 3,175 \text{ г},$$

$$m(\text{Ni}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 29,5 \text{ г/моль} = 2,95 \text{ г},$$

$$m_1(\text{Fe}) = 1,87 \text{ г},$$

$$m_2(\text{Fe}) = 2,8 \text{ г}.$$

838. Количество вещества эквивалентов ионов Ag^+ равно 0,05 моль. Согласно закону Фарадея, на катоде выделится количество вещества эквивалентов цинка, равное 0,05 моль. Молярная масса эквивалентов цинка равна $65/2 = 32,5 \text{ г/моль}$. Тогда масса цинка $0,05 \text{ моль} \cdot 32,5 \text{ г/моль} = 1,625 \text{ г}$.

839. Согласно закону Фарадея, при прохождении через электролизеры одинаковых количеств электричества на электродах выделяются одинаковые количества вещества эквивалентов.

$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$, $M_+(\text{Ag}) = M(\text{Ag}) = 108 \text{ г/моль}$.

Согласно закону эквивалентных отношений, $\frac{m(\text{Ag})}{m(\text{Me})} = \frac{M_+(\text{Ag})}{M_+(\text{Me})}$,

откуда $M_+(\text{Me}_1) = \frac{0,399 \text{ г} \cdot 108 \text{ г/моль}}{0,769 \text{ г}} = 56 \text{ г/моль}$ (при $n = 2$ это кадмий).

$M_+(\text{Me}_2) = \frac{0,231 \text{ г} \cdot 108 \text{ г/моль}}{0,769 \text{ г}} = 32,4 \text{ г/моль}$ (при $n = 2$ это цинк).

840. Согласно закону Фарадея, при прохождении одинакового количества электричества через разные растворы на электродах выделяется одинаковое количество вещества эквивалентов. По-

скольку электрический ток способен вызвать разложение $\frac{10 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль NaOH}$, при электролизе раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ выделилось на катоде и аноде по 0,25 моль эквивалентов вещества. А так как на электродах происходят реакции:

Катод: $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$

Анод: $2\text{H}_2\text{O} - 4e = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$,

то на катоде выделяется 0,25 моль количества вещества эквивалентов Cu , а на аноде — 0,25 моль количества вещества эквивалентов H^+ . Каждый ион Cu^{2+} принимает 2 электрона, поэтому молярная масса эквивалентов этих ионов равна $64 \text{ г/моль}/2 = 32 \text{ г/моль}$. На катоде выделяется $0,25 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 8 \text{ г}$ или 0,125 моль металлической меди. На аноде появление четырех ионов H^+ связано с отрывом от двух молекул воды четырех электронов. Поэтому молярная масса эквивалентов ионов H^+ совпадает с их молярной массой. В результате электролиза образуется 0,25 моль ионов H^+ . Заметим, что до электролиза раствор содержал 0,2 моль $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Полученные нами результаты внесем в таблицу:

Количество вещества, моль	Cu^{2+}	NO_3^-	H^+	Cu
до электролиза	0,2	0,4	0	0
после электролиза	0,075	0,4	0,25	0,125

Таким образом, при электролизе образовалась концентрированная азотная кислота и металлическая медь.

Они взаимодействуют:

$\text{Cu} + 2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, причем медь находится в избытке.

Следовательно, 0,25 моль H^+ реагируют с $0,25/4 = 0,0625$ моль Cu . В результате из 8 г металлической меди растворится 0,0625 моль $\cdot 63,5$ г/моль = 4 г и на платиновом электроде останется 4 г Cu .

ОБЩИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

841. В первой — третьей группах (кроме водорода и бора), а также в побочных подгруппах четвертой — восьмой групп. В главной подгруппе четвертой группы (кроме углерода и кремния), в главной подгруппе пятой группы (кроме азота, фосфора и мышьяка), в главной подгруппе шестой группы только один металл — полоний.

842. Эти металлы ковкие, пластичны и неактивны в химическом отношении, они встречаются в природе в виде самородков.

843. Эти металлы активны, они легко вступают в химические реакции.

844. Железо и медь окисляются кислородом воздуха.

845. Для защиты железа от коррозии.

846. Сравните температуры плавления Cu (1083°C) и W (3120°C). медь после серебра — второй металл по электропроводности.

847. А — неметалл, В — металл.

848. К, Са, Sb и Cr.

849. а) Ti; б) Al; в) Fe; г) Ag.

850. а) Cu; б) Mg; в) Na; г) Ra или Po; д) Cs.

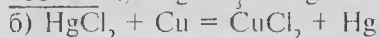
РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ

851. Ряд Аристотеля: Fe, Sn, Cu, Ag, Au.
Современный ряд: Fe, Sn, Cu, Ag, Au.

852. К, Са, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H₂, Cu, Hg, Ag, Au.

853. Fe и Zn.

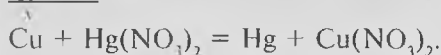
854. Zn и Cr.



856. Медь.

857. Цинк и олово вытесняют медь из растворов ее солей.

858.

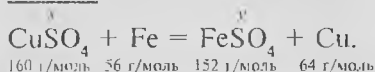


Медь переходит в раствор, а ртуть осаждается на проволочке, при этом изменение массы, проволочки составляет 6,36 г. Если прореагируют 64 г меди, то образуется 201 г ртути (см. уравнение реакции). Тогда изменение массы проволочки составит $201 - 64 = 137$ г.

Вычисление массы меди:

$$\frac{x}{64 \text{ г/моль}} = \frac{6,36 \text{ г}}{137 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 2,97 \text{ г.}$$

859.



Вычисление массы CuSO_4 в растворе до реакции:

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,12 \cdot 454 \text{ г} = 54,48 \text{ г.}$$

Изменение массы пластинки: $14,12 - 12,44 = 1,68$ г.

Если прореагирует 56 г, образуется 64 г Cu, тогда изменение массы пластинки: $64 - 56 = 8$ г.

Вычисление массы CuSO_4 , вступившего в реакцию:

$$\frac{x}{160 \text{ г/моль}} = \frac{1,68 \text{ г}}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 33,6 \text{ г.}$$

Вычисление массы FeSO_4 , образовавшегося в реакции:

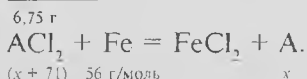
$$\frac{y}{152 \text{ г/моль}} = \frac{1,68 \text{ г}}{8 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 31,92 \text{ г.}$$

Масса CuSO_4 после реакции: $54,48 - 33,6 = 20,88$ г.

Масса раствора после реакции: $454 - 33,6 + 31,92 = 452,32$ г.

$$\text{Массовая доля } \text{CuSO}_4: \frac{20,88 \text{ г}}{452,32 \text{ г}} \cdot 100 \% = 4,6 \%. \quad \text{г}$$

860.



Изменение массы пластинки: $0,008 \cdot 50 \text{ г} = 0,4 \text{ г}$. Если прореагирует 56 г Fe, изменение массы пластинки составит $(x - 56) \text{ г}$.

$$\frac{6,75}{x + 71} = \frac{0,4}{x - 56}, \text{ откуда } x = 64 \text{ г/моль (медь)}.$$

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

861. а) Mo, W, Cr, Ni;

б) Na, K, Ca, Mg.

862. $\text{H}_2 + \text{CuO} = \text{H}_2\text{O} + \text{Cu},$

$\text{C} + \text{ZnO} = \text{Zn} + \text{CO},$

$2\text{Al} + \text{Co}_3\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Co},$

$\text{Ca} + \text{NiO} = \text{CaO} + \text{Ni},$

$2\text{CO} + \text{TiO}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{Ti}.$

863. $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2,$

$3\text{Fe}_3\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2,$

$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2,$

$\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2.$

864. $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2,$

$\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}.$

865. а) $\text{In}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 2\text{In} + 3\text{H}_2\text{O};$

б) $\text{PbO} + \text{C} = \text{Pb} + \text{CO};$

в) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3;$

г) $\text{Ag}_2\text{O} + \text{Zn} = 2\text{Ag} + \text{ZnO};$

д) $\text{La}_2\text{O}_3 + 3\text{Ca} = 2\text{La} + 3\text{CaO}.$

866. $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2,$

$\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O},$

$\text{CuO} + \text{C} = \text{Cu} + \text{CO}.$

867. $2\text{HgO} = 2\text{Hg} + \text{O}_2.$

868. $m(\text{TiO}_2) = 36,8 \text{ т}; m(\text{Ti}) = \frac{36,8 \cdot 10^3 \text{ кг}}{80 \text{ кг/моль}} \cdot 48 \text{ кг/кмоль} = 22 \text{ т}.$

869. $m(\text{Fe}) = 42 \text{ кг},$

$m(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = 168 \text{ (кг)},$

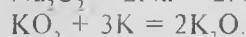
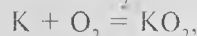
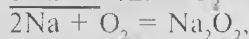
$\omega(\text{FeCr}_2\text{O}_4) = \frac{168}{500} \cdot 100 \% = 33,6 \%, \omega(\text{примесей}) = 66,4 \%.$

$$870. \quad m(\text{Al}) = \frac{M_s(\text{Al}) \cdot Q}{F} = \frac{0,009 \text{ кг} \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ А} \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}}{96500 \text{ Кл}} =$$

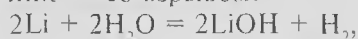
$$= 1,6 \cdot 10^6 \text{ кг/сут.}$$

$$\text{Число плотин: } \frac{3000 \cdot 1000 \text{ кг}}{1,6 \cdot 10^6 \text{ кг}} = 1,88.$$

ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ



872. Литий реагирует с водой относительно медленно, а калий — со взрывом.

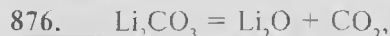
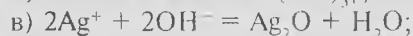
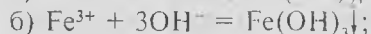
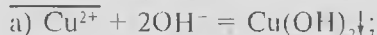
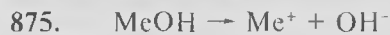


873. Полный гидролиз (необратимый): $\text{NaN} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2$.

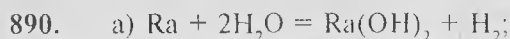
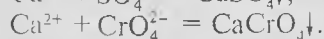
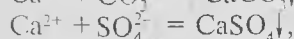
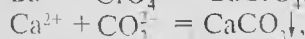
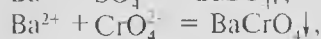
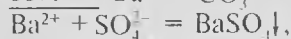
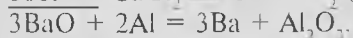
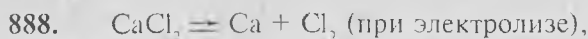
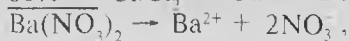
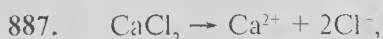
Гидролиз по аниону (обратимый): $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$.

874. а) LiCl; б) NaCl; в) KCl.

Хлориды щелочных металлов имеют ярко выраженный ионный характер, высокие температуры плавления и кипения, растворяются в воде, плохо растворимы в органических растворителях, в водных растворах проводят электрический ток.

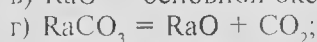


877. Распывание — это поглощение твердым веществом воды из атмосферного воздуха с образованием раствора. Растворы NaOH и KOH могут поглощать из воздуха CO_2 , образуя соответствующие гидрокарбонаты и карбонаты:



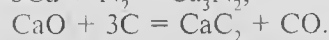
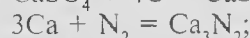
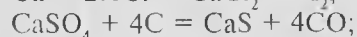
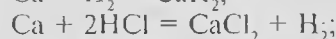
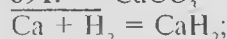
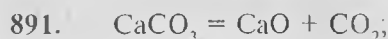
б) растворимы $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$ и RaCl_2 , нерастворим RaSO_4 ;

в) RaO — основной оксид;



д) электролиз RaCl_2 .

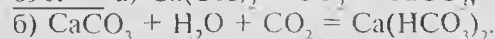
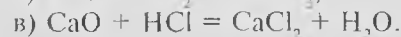
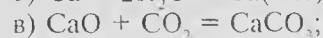
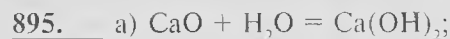
КАЛЬЦИЙ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ



892. да — б), д) и е), нет — а), в) и г).



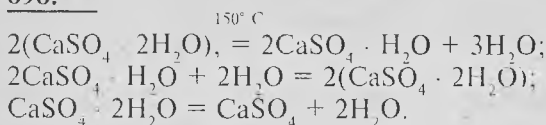
894. 1—3; 2—5; 3—4; 4—2; 5—1; 6—6.



897. а) Реакция негашеной извести с водой сопровождается вскипанием. При обработке оксида кальция горячей водой получается мелкораздробленный гидроксид кальция — пушонка.

б) На воздухе гашеная известь поглощает углекислый газ и превращается в карбонат кальция.

898.



899. $M(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 219 \text{ г/моль},$

$$m(\text{Ca}) = \frac{40 \text{ г/моль}}{219 \text{ г/моль}} = 0,9 \text{ г},$$

$$m(\text{Ca в столовой ложке}) = \frac{0,9 \text{ г} \cdot 15 \text{ мл}}{100 \text{ мл}} = 0,14 \text{ г}.$$

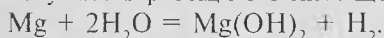
900.

	H_2O	HNO_3
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	растворяется	выделяется CO_2
CaCO_3	не растворяется	выделяется CO_2
Na_2SO_4	растворяется	—
CaSO_4	не растворяется	—

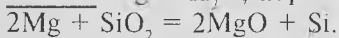
МАГНИЙ

901. Кальций расплывается на воздухе в результате образования гидроксида и карбоната. При нагревании на воздухе кальций горит светло-красным пламенем, образуя смесь оксида CaO и нитрида Ca_3N_2 . В отличие от магния с водой он вступает в интенсивную реакцию.

Магний на воздухе покрывается защитным слоем оксидной пленки. При поджигании он сгорает яркой вспышкой, образуя оксид MgO и нитрид Mg_3N_2 . Магний не реагирует с холодной водой, но вступает в реакцию с кипящей водой:



902. $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O, пар} = \text{MgO} + \text{H}_2,$

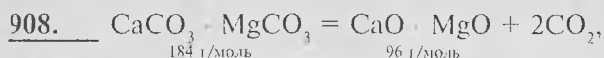
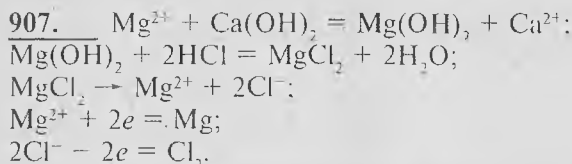
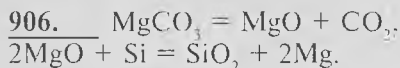
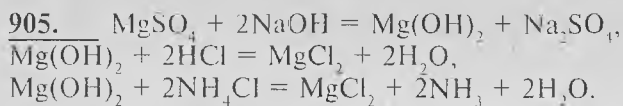


903. $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2,$



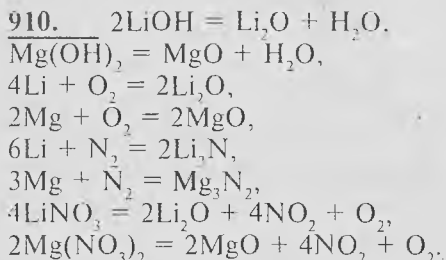
904. $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}.$

$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2$, раствор приобретает малиновую окраску.



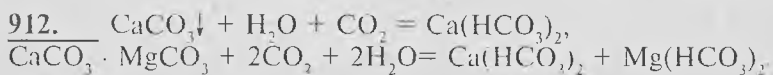
$$\frac{184 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} \approx 2 \text{ раза.}$$

909. а) $r(\text{Na}) > r(\text{Mg})$; $r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$;
 б) $I(\text{Na}) < I(\text{Mg})$;
 в) $t_{\text{пл}}(\text{Na}) < t_{\text{пл}}(\text{Mg})$;
 г) основной характер более выражен у Na_2O и NaOH .

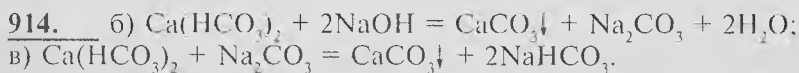


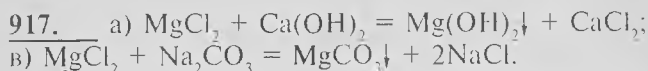
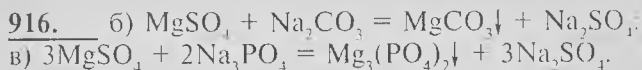
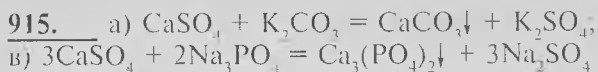
ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ И СПОСОБЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

911.

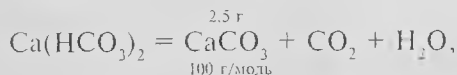


913. При кипячении воды, содержащей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ выпадает в осадок CaCO_3 .





918.



$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{2,5 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,025 \text{ моль},$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{Ca}^{2+}),$$

$$C(\text{Ca}^{2+}) = \frac{0,025 \text{ моль}}{0,5 \text{ л}} = 0,05 \text{ моль/л}.$$

919. $n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{6,124 \cdot 10^{-3} \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 1,531 \cdot 10^{-4} \text{ моль};$

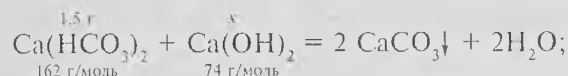
$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{4,873 \cdot 10^{-3} \text{ г}}{24 \text{ г/моль}} = 2,030 \cdot 10^{-4} \text{ моль};$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,531 \cdot 10^{-4} + 2,030 \cdot 10^{-4} = 3,561 \cdot 10^{-4} \text{ моль};$$

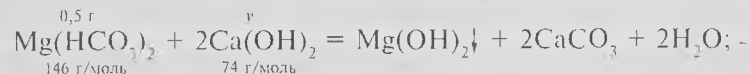
$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 3,561 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 37,75 \text{ мг}.$$

920. $m[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2] = \frac{0,015\% \cdot 10000 \text{ г}}{100\%} = 1,5 \text{ г};$

$$m[\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2] = \frac{0,005\% \cdot 10000 \text{ г}}{100\%} = 0,5 \text{ г};$$



$$x = \frac{1,5 \text{ г} \cdot 74 \text{ г/моль}}{162 \text{ г/моль}} = 0,685 \text{ г};$$



$$y = \frac{0,5 \text{ г} \cdot 2 \cdot 74 \text{ г/моль}}{146 \text{ г/моль}} = 0,507 \text{ г};$$

$$m[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 0,685 \text{ г} + 0,507 \text{ г} = 1,19 \text{ г}.$$

АЛЮМИНИЙ

921. По цвету и плотности: алюминий серебристо-белый, блестящий и легкий металл.

922. а) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$;

б) $2\text{Al} + 3\text{Hg}^{2+} = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Hg}$;

в) Al не реагирует с холодной концентрированной азотной кислотой;

г) $2\text{Al} + 3\text{Cu}^{2+} = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Cu}$;

д) $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$.

923. Al_2O_3 — оксид алюминия; Al_2S_3 — сульфид алюминия; Al_2Se_3 — селенид алюминия.

924. Полный гидролиз: $\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3$.

Гидролиз по катиону: $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$

или $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{AlOHCl}_2 + \text{HCl}$.

925. в) и г).

926. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \neq$

927. $\text{Al}(\text{OH})_3, \text{тв.} + \text{NaOH}, \text{тв.} = \text{Na}_3\text{AlO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{Al}(\text{OH})_3, \text{тв.} + \text{NaOH}, \text{тв.} = \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

928. $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$,

$\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$,

$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{NH}_4\text{Cl} = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$,

$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{NaHCO}_3 = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

929. а) $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4$;

б) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$.

930. а) $\text{Be} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$;

б) $\text{Be} + 2\text{HCl} = \text{BeCl}_2 + \text{H}_2$;

в) $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$;

г) $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{BeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

ЖЕЛЕЗО

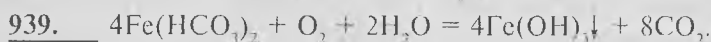
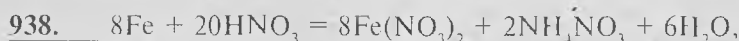
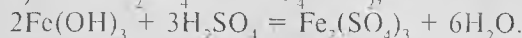
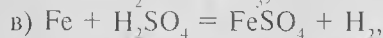
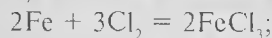
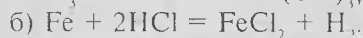
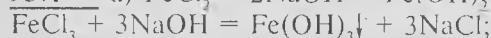
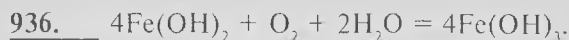
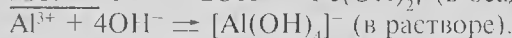
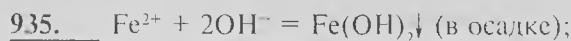
931. Железо содержится в метеоритах.

932. FeSO_4 .

933. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3$.

934. $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Fe}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-}$;

$\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{K}^+ + \text{Fe}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-}$.



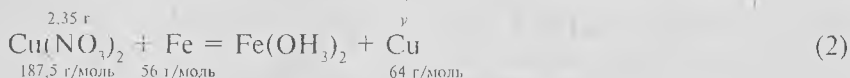
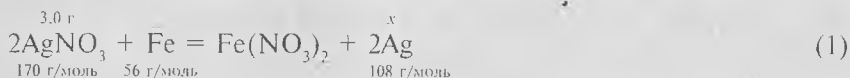
940. Вычисление массы веществ, содержащихся в растворе:

$m(\text{KNO}_3) = 0,005 \cdot 250 \text{ г} = 1,25 \text{ г}$,

$m(\text{AgNO}_3) = 0,012 \cdot 250 \text{ г} = 3,0 \text{ г}$,

$m[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] = 0,0094 \cdot 250 \text{ г} = 2,35 \text{ г}$.

Уравнения реакций:



Вычисление массы серебра:

$$\frac{3,0 \text{ г}}{2 \cdot 170 \text{ г/моль}} = \frac{x}{2 \cdot 108 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 1,906 \text{ г}.$$

Вычисление массы железа, вступившего в реакцию (1):

$$\frac{m(\text{Fe})}{56} = \frac{1,906 \text{ г}}{2 \cdot 108 \text{ г}}, \text{ откуда } m(\text{Fe}) = 0,49 \text{ г}.$$

Для реакции (2) осталось: $1,12 - 0,49 = 0,63 \text{ Fe}$.

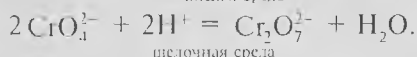
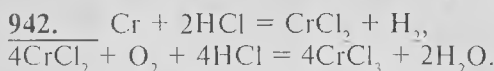
Определение вещества, находящегося в недостатке:

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	Fe
$\frac{2,35 \text{ г}}{187,5 \text{ г/моль}} = 0,0125 \text{ моль}$	$\frac{0,63 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,01125 \text{ моль}$
избыток	недостаток

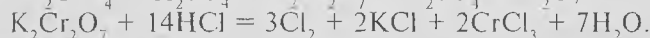
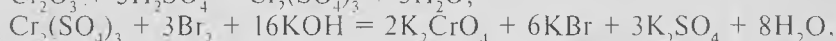
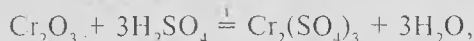
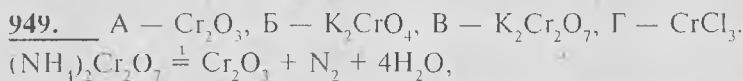
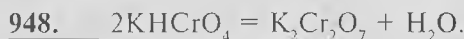
Вычисление массы меди:

$$\frac{0,63 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = \frac{y}{64 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } y = 0,72 \text{ г}.$$

ХРОМ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ



Cr^{3+} в чистом виде имеет фиолетовую окраску, но из-за наличия примесей его растворы кажутся зелеными.



950. Масса кислорода в оксиде металла: $3,04 - 2,08 = 0,96$ г.
 На основе закона эквивалентных отношений:

$$\frac{m(\text{Me})}{m(\text{O})} = \frac{M_j(\text{Me})}{M_j(\text{O})} \cdot \frac{2,08\text{г}}{0,96\text{г}} = \frac{M_j(\text{Me})}{8\text{г/моль}}, \text{ откуда}$$

$M_j(\text{Me}) = 17,33$ г/моль. При $z = 3$ $M(\text{Me}) = 52$ г/моль (хром).

Молярная масса газа: $0,771$ г/л $\cdot 22,4$ л/моль = $17,27$ г/моль (NH_3).

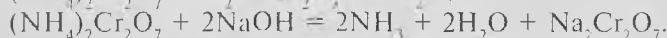
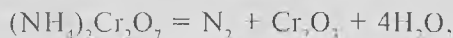
Следовательно, А — аммонийная соль хромовой кислоты.

Вычисление молярной массы соли А:

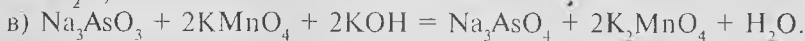
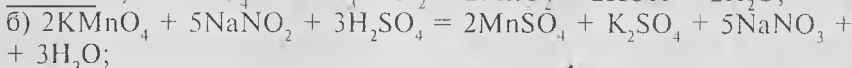
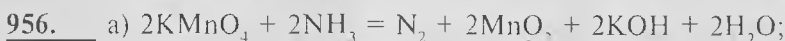
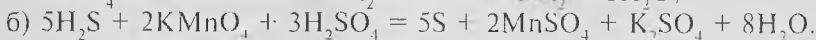
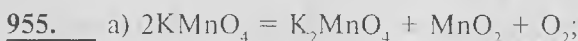
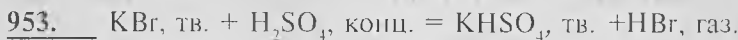
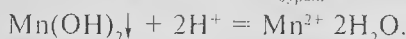
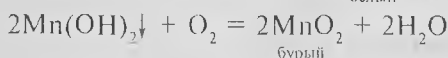
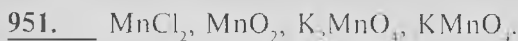
$$M(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{n(\text{A})}.$$

Если А — средняя соль, $n(\text{A}) = \frac{m(\text{NH}_3)}{2}$, тогда

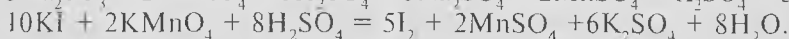
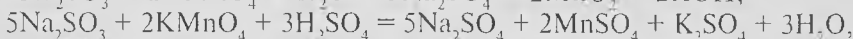
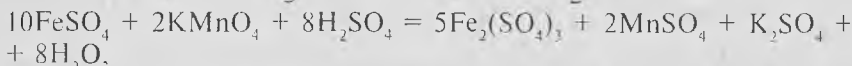
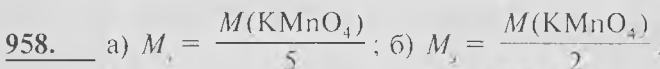
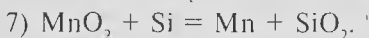
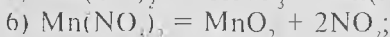
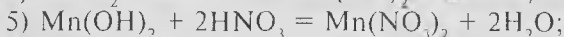
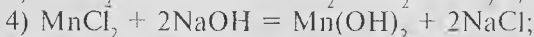
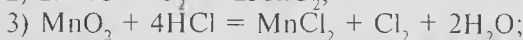
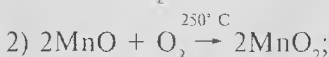
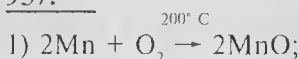
$$M(\text{A}) = \frac{2 \cdot 5,04\text{г} \cdot 22400\text{мл/моль}}{896\text{мл}} = 252 \text{ г/моль} - (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7.$$



МАРГАНЕЦ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ



957.



960. а) $\text{MnO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 б) $2\text{MnSO}_4 + 5\text{PbO}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HMnO}_4 + 5\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 в) $2\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
 г) $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{Mn}(\text{OH})_4 = \text{Mn}_2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

СПЛАВЫ

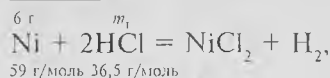
961. С соляной кислотой не реагирует углерод, кремний, фосфор и сера.

962. HNO_3 .

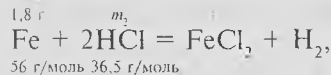
963. Cu_aZn_b

$$a : b = \frac{0,6}{63,5} : \frac{0,4}{65} = 3 : 2, \text{ следовательно, формула соединения } \text{Cu}_3\text{Zn}_2.$$

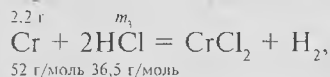
964.



$$m_1(\text{HCl}) = 7,4 \text{ г.}$$



$$m_2(\text{HCl}) = 2,3 \text{ г.}$$



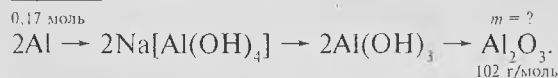
$$m_3(\text{HCl}) = 3,1 \text{ г.}$$

Общая масса кислоты $m(\text{HCl}) = 7,4 + 2,3 + 3,1 = 12,8 \text{ г}$

$$V(\text{p-p HCl}) = \frac{12,8 \text{ г}}{1,152 \text{ г/мл} \cdot 0,30} = 37 \text{ мл.}$$

965. а) 1,35 г; б) 3,09 г.

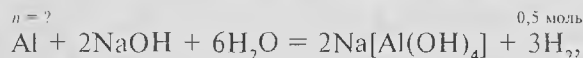
966. Стехиометрическая схема:



Вычисление количества вещества водорода:

$$n(\text{H}_2) = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$$

Вычисление количества вещества алюминия:



$$n(\text{Al}) = \frac{0,5 \text{ моль}}{3} = 0,17 \text{ моль.}$$

Вычисление массы оксида алюминия:

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{0,17 \text{ моль}}{2} \cdot 102 \text{ г/моль} = 8,5 \text{ г.}$$

967. Вычисление массы HCl:

$$m(\text{HCl}) = 0,146 \cdot 100 = 14,6 \text{ г.}$$

Уравнение реакции:



$$m = ? \quad 14,6 \text{ г}$$



$$65 \text{ г/моль} \quad 36,5 \text{ г/моль}$$

Вычисление массы цинка:

$$m(\text{Zn}) = \frac{14,6 \text{ г} \cdot 65 \text{ г/моль}}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}} = 13 \text{ г.}$$

Следовательно, растворилось 13 г цинка, а осталось цинка столько, сколько меди в исходном сплаве, т. е. 26 г. Отсюда, масса всей навески равна: 26 г Cu + 26 г Zn + 13 г Zn = 65 г.

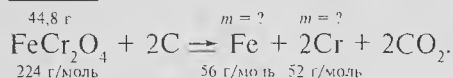
Вычисление массовых долей.

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{26 \text{ г}}{65 \text{ г}} \cdot 100\% = 40\%, \quad \omega(\text{Zn}) = 60\%.$$

$$n(\text{Cu}) = \frac{26 \text{ г}}{63,5 \text{ г/моль}} = 0,41 \text{ моль}; \quad n(\text{Zn}) = \frac{39 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,60 \text{ моль.}$$

$$\chi(\text{Cu}) = \frac{0,41}{0,41 + 0,60} \cdot 100\% = 40,6\%; \quad \chi(\text{Zn}) = 59,4\%.$$

968.



$$224 \text{ г/моль}$$

$$56 \text{ г/моль}$$

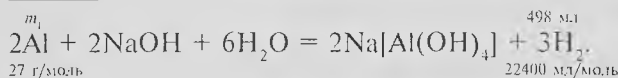
$$52 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Fe}) = \frac{44,8 \text{ г} \cdot 56 \text{ г/моль}}{224 \text{ г/моль}} = 11,2 \text{ г.}$$

$$m(\text{Cr}) = \frac{44,8 \text{ г} \cdot 2 \cdot 52 \text{ г/моль}}{224 \text{ г/моль}} = 20,8 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{11,2 \text{ г}}{32 \text{ г}} \cdot 100\% = 35\%, \quad \omega(\text{Cr}) = 65\%.$$

969.



$$27 \text{ г/моль}$$

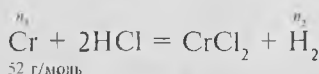
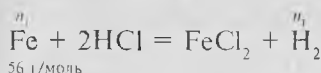
$$498 \text{ мл}$$

$$22400 \text{ мл/моль}$$

Вычисление массы алюминия:

$$\frac{m_1}{27 \text{ г/моль}} = \frac{498 \text{ мл}}{3 \cdot 22400 \text{ мл/моль}}, \text{ откуда } m_1 = 0,4 \text{ г}, \omega(\text{Al}) = 4 \%,$$

Вычисление масс железа и хрома:



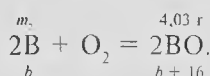
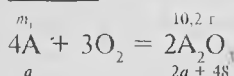
$$\} 56n_1 + 52n_2 = 9,6 \text{ г}$$

$$\} 22,4(n_1 + n_2) = 0,388.$$

откуда $m(\text{Fe}) = 56n_1 = 8,3 \text{ г}$ и $m(\text{Cr}) = 52n_2 = 1,3 \text{ г}$,

$\omega(\text{Fe}) = 83 \%$, $\omega(\text{Cr}) = 13 \%$.

970.



Предположим, что в щелочи растворился A_2O_3 , тогда $m(\text{A}_2\text{O}_3) = 10,2 \text{ г}$, а масса $m(\text{BO}) = 14,23 - 10,2 = 4,03 \text{ г}$.

Пусть атомная масса А равна a , атомная масса В равна b , тогда $M(\text{A}_2\text{O}_3) = 2a + 48$ и $M(\text{BO}) = b + 16$.

По условию задачи:

$$\frac{10,2}{2a + 48} = \frac{4,03}{b + 16}.$$

По уравнению реакции: $\frac{m_1}{2a} = \frac{10,2}{2a + 48}$, $\frac{m_2}{b} = \frac{4,03}{b + 16}$, $m_1 + m_2 = 7,83$,

откуда, $a = 27 \text{ г/моль}$ (алюминий), $b = 24 \text{ г/моль}$ (Mg), $m_1 = 5,43 \text{ г}$, $m_2 = 2,40 \text{ г}$, $\omega(\text{Al}) = 0,69$, $\omega(\text{Mg}) = 0,31$.

СПЛАВЫ ЖЕЛЕЗА

971. Б.

972. А.

973. Б.

974. А.

975. Б.

976. А.

977. Б.

978. В.

979. А.

980. Б.

ОБЩИЕ СВОЙСТВА НЕМЕТАЛЛОВ

981. Только в главных подгруппах в конце малых и больших периодов.

982. 22.

983. Неметаллы — плохо проводят электрический ток и теплоту, мягкие, нековкие.

984. Окислительные свойства убывают в ряду:
 $F > O > Cl > N > S > C > P > H > Si$.

985. Cl_3N , BP , OF_2 .

986. $SiBrCl_2$, $PSBrClF$, SOF_4 , IBr_2N .

987. SF_4 — тетрафторид серы; CoF_3 — фторид кобальта (III); HCl — хлорид водорода; $AlCl_3$ — хлорид алюминия; Al_2Cl_6 — гексахлорид диалюминия; SnI_2 — йодид олова (II); SnI_4 — йодид олова (IV); PCl_3F_2 — дифторид-трихлорид фосфора; $HOCl$ — фторид-оксид водорода.

Для соединений металлов с неметаллами при составлении названия используют метод Штока: в конце названия указывают степень окисления элемента римской цифрой в круглых скобках. Для соединений неметаллов с неметаллами — метод численных приставок: перед названием элемента указывают число его атомов в молекуле с помощью численных приставок: 1 — моно, 2 — ди, 3 — три, 4 — тетра, 5 — пента, 6 — гекса, 7 — гепта, 8 — окта.

988. а) оксиды;

б) нитриды;

в) фосфиды;

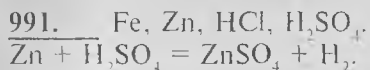
г) гидриды.

989. Ионные соединения: KCl , MgO , Na_2S .

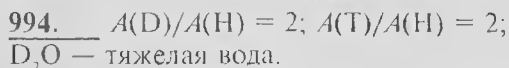
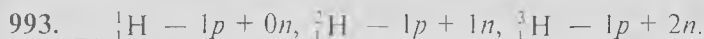
Ковалентные соединения: H_2O , NH_3 , CH_4 .

990. а) C; б) He; в) N_2 ; г) S; д) I_2 ; е) P.

ВОДОРОД, ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ



992. Водород горит, соединяясь с кислородом, образуя воду.



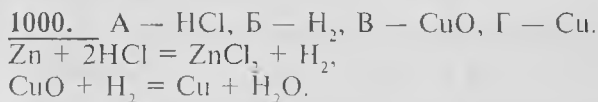
995. В природе дейтерия значительно меньше, чем водорода, а тритий встречается в ничтожных количествах.

996. Атомы водорода очень реакционноспособны, сталкиваясь между собой, они образуют молекулу H_2 .

997. 420 кДж.

998. а) ~15; б) 16; в) 14.

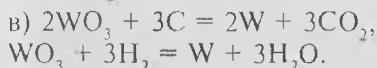
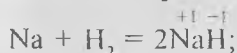
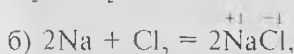
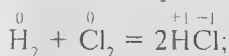
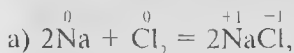
999. Ядра водорода обрушиваются на Землю от Солнца с так называемым «солнечным ветром». Этот «солнечный водород» вступает в различные химические реакции и в виде соединений остается на Земле.



ВОДОРОД, ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1001. Атомарный водород получают в сосуде, содержащем реагенты, например, по реакции: $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}$. Причина большой реакционной способности атомарного водорода в том, что не требуется энергия для разрыва связей в молекулах H_2 .

1002.



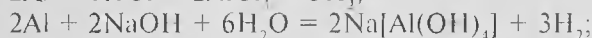
$$\text{H}:\text{H}$$


ковалентная
неполярная

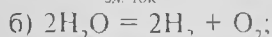
ковалентная
полярная

ковалентная
полярная

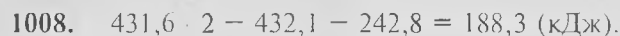
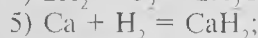
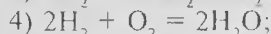
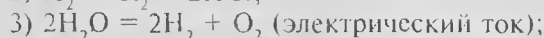
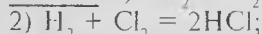
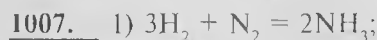
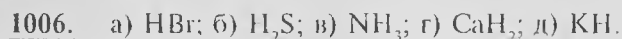
REVISION



3A. 10K



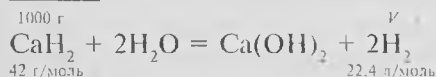
1005. Если внести в цилиндр с водородом горящую деревянную палочку, будет слышен характерный «хлопок». Если внести в цилиндр с кислородом тлеющую деревянную палочку, она ярко загорится.



$$a : b = \frac{0,75}{12} : \frac{0,25}{1} = 1 : 4.$$

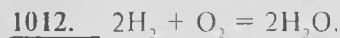
Формула соединения: C_6H_4 .

1010.



$$V = \frac{1000 \text{ г} \cdot 2 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{42 \text{ г/моль}} \approx 1000 \text{ л.}$$

ВОДА



1013. Изогну́тая (угло́вая); $104,5^\circ$; $0,096$ нм.

1014. Ковалентная полярная: сигма-связь $O-H$; две неподеленные пары электронов.

1015. $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$; $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$.

1016. $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$; $Cl_2 + H_2O = HCl + HClO$.

1017. Все, кроме оксида бария.

1018. Все, кроме кислорода, азота, углекислого газа.

1019. а) окислительно-восстановительная реакция; б) гидратация; в) соединение; г) полный гидролиз.

1020. а) H_2O ; б) D_2O .

ХЛОР

1021. а) по цвету; б) по запаху.

1022. Давление не изменится.

1023. а) $0,6$ л (60%) HCl ; $0,4$ л (40%) H_2 ;
б) $0,6$ л (60%) HCl ; $0,4$ л (40%) Cl_2 .

1024. а) ионный; б) ковалентный полярный; в) ковалентный неполярный.

1025. а) $2KMnO_4 + 16HCl, \text{ конц.} = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$;
б) $MnO_2 + 4HCl, \text{ конц.} = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$;
в) $Ca(ClO)_2 + 4HCl, \text{ конц.} = CaCl_2 + 2H_2O + 2Cl_2$.

1026.

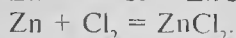
$$4HCl + O_2 \xrightarrow{15^\circ} 2H_2O + 2Cl_2, \quad V = ?$$
$$V(Cl_2) = 7,5 \text{ л.}$$

1027. а) увеличиваются; б) усиливается; в) уменьшается; г) уменьшается.

1028. а) окислительные; б) и в) реакции диспропорционирования; и окислительные, и восстановительные свойства.

1029. а) $4Li + O_2 = 2Li_2O$, $2Mg + O_2 = 2MgO$;
б) $2Li + Cl_2 = 2LiCl$; $Mg + Cl_2 = MgCl_2$.

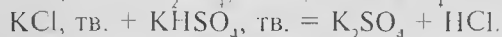
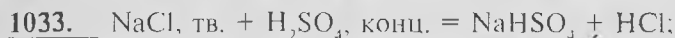
1030. А — H_2 ; Б — Cl_2 ; Г — $ZnCl_2$; В — HCl .
 $H_2 + Cl_2 = 2HCl$,



ХЛОРОВОДОРОД, СОЛЯНАЯ КИСЛОТА

1031. Хлороводород — бесцветный газ с сильным запахом, во влажном воздухе образует туман («дымит»).

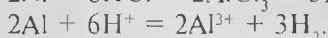
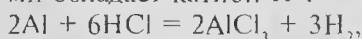
1032. По изменению окраски индикатора.



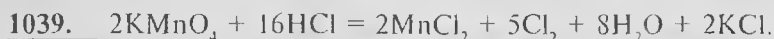
1034. а).

1035. Серная кислота — гигроскопична, в силу этого повышается концентрация хлороводорода в растворе.

1036. HCl — кислота-неокислитель, окислительными свойствами обладает катион H^+ :



1037. а) и б) HI .



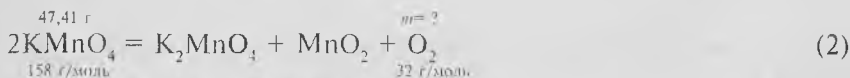
1040.



65 г/моль

2 г/моль

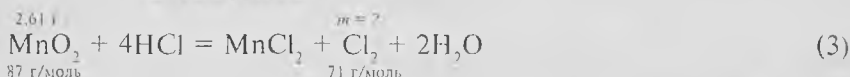
$$m(\text{H}_2) = \frac{21,45 \text{ г} \cdot 2 \text{ г/моль}}{65 \text{ г/моль}} = 0,66 \text{ г}$$



158 г/моль

32 г/моль

$$m(\text{O}_2) = \frac{47,41 \text{ г} \cdot 32 \text{ г/моль}}{2 \cdot 158 \text{ г/моль}} = 4,8 \text{ г}$$

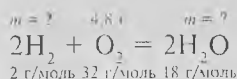


87 г/моль

71 г/моль

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{2,61 \text{ г} \cdot 71 \text{ г/моль}}{87 \text{ г/моль}} = 2,13 \text{ г}.$$

После взрыва:

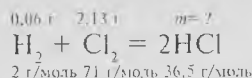


(4)

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{4,8 \text{ г} \cdot 2 \cdot 18 \text{ г/моль}}{32 \text{ г/моль}} = 5,4 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2) = \frac{4,8 \text{ г} \cdot 2 \cdot 2 \text{ г/моль}}{32 \text{ г/моль}} = 0,6 \text{ г}$$

Масса оставшегося водорода: $0,66 - 0,6 = 0,06 \text{ г}$



H_2	Cl_2
$\frac{0,06 \text{ г}}{2 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}$	$\frac{2,13 \text{ г}}{71 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}$

Реагируют в стехиометрическом отношении

$$m(\text{HCl}) = 2 \cdot 0,03 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 2,19 \text{ г}$$

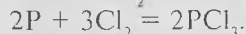
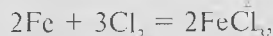
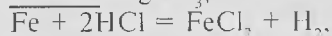
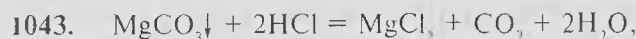
Масса раствора: $2,19 \text{ г} + 5,4 \text{ г} = 7,59 \text{ г}$

$$\text{Массовая доля кислоты: } \frac{2,19 \text{ г}}{7,59 \text{ г}} \cdot 100 \% = 28,8 \%$$

ХЛОРИДЫ

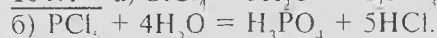
1041. а) Галит, каменная соль, поваренная соль; б) сильвин;
в) бишофит.

1042. AgCl



1044. CuCl , PbCl_2 , AgCl , AgBr , AgI .

1045. F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 а) и в).



1048. С помощью соляной кислоты
 $\text{NaCl} + \text{HCl} \neq$

$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}$ (выделяется газ с сильным запахом).
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (выделяется газ без запаха).

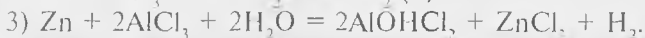
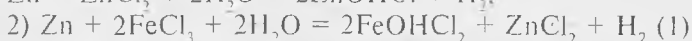
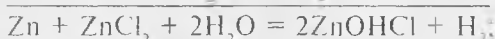
1049.

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Состав осадка	Растворимость в № 1
№ 1	—	—	—	—	—	—
№ 2	—	—	↓	↓	AgCl и Ag_3PO_4	—
№ 3	—	↓	—	—	AgCl или Ag_3PO_4	не растворим
№ 4	—	↓	—	—	AgCl или Ag_3PO_4	растворим

Следовательно, в пробирке № 1 — HNO_3 ; а в пробирке № 2 — AgNO_3 . Для того, чтобы распознать вещества в пробирках № 3 и № 4, нужно проверить растворимость осадков в азотной кислоте (пробирка № 1). Осадок AgCl в азотной кислоте не растворяется, осадок Ag_3PO_4 — растворяется. Следовательно, в пробирке № 3 — NaCl , а в пробирке № 4 — Na_3PO_4 .

1050. Цинк растворяется в растворах тех хлоридов металлов, соли которых подвергаются гидролизу (ZnCl_2 , AlCl_3 , FeCl_3) или их катионы являются окислителями по отношению к цинку (FeCl_3).

1) $\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{ZnOHCl} + \text{HCl}$ (гидролиз)



Цинк не растворяется в растворах KCl и BaCl_2 .

КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ ХЛОРА

1051. Cl_2O — оксид дихлора, ClO_2 — диоксид хлора, Cl_2O_6 — гексаоксид дихлора, Cl_2O_7 — гетаксид дихлора.

1052. HClO — хлорноватистая кислота, оксохлорат (I) водорода;

HClO_2 — хлористая кислота, диоксохлорат (III) водорода;

HClO_3 — хлорноватая кислота, триоксохлорат (V) водорода;

HClO_4 — хлорная кислота, тетраоксохлорат (VII) водорода.

1053. KClO — гипохлорит калия, оксохлорат (I) калия;

KClO_2 — хлорит калия, диоксохлорат (III) калия;

KClO_3 — хлорат калия, триоксохлорат (V) калия;
 KClO_4 — перхлорат калия, тетраоксохлорат (VII) калия.

1054. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, NaClO_2 , $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$, NaClO .

1055. а) Усиливаются; б) возрастают; в) уменьшается.

1056. а) $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ + \text{HClO} = 2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$;

б) $2\text{ClO}^- = 2\text{Cl}^- + \text{O}_2$;

в) $3\text{ClO}^- = 2\text{Cl}^- + \text{ClO}_3^-$.

1057.

$2\text{KClO}_3 \xrightarrow{370^\circ \text{C}} 2\text{KCl} + \text{O}_2$;

$4\text{KClO}_3 \xrightarrow{< 370^\circ \text{C}} 3\text{KClO}_4 + \text{KCl}$.

1058. $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + 4\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

1059. а) Электролиз раствора NaCl :

Анод:	$2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2$	1
Катод:	$2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	1

$2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{NaOH}$



$\text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NaClO} + \text{H}_2 + \text{H}_2$;

б) $\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{NaClO}_3 + 3\text{H}_2$;

в) $\text{NaClO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaClO}_4 + \text{H}_2$.

1060. Индивидуальные соединения: Cl_2O , ClO_2 , Cl_2O_7 .

Короткоживущие свободные радикалы: ClO , ClO_3 .

Не известны: Cl_2O_3 и Cl_2O_5 .

В кристаллическом состоянии оксид Cl_2O_6 существует в виде ионов:

ClO_2^+ , ClO_4^- .

Получение:

$2\text{Cl}_2 + \text{HgO} = \text{Cl}_2\text{O} + \text{HgCl}_2$,

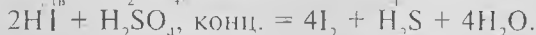
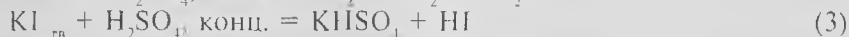
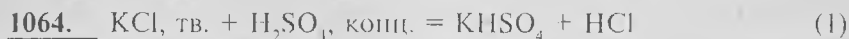
$3\text{KClO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ конц.} = 2\text{ClO}_7 + \text{HClO}_4 + 3\text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$,

$2\text{ClO}_2 + 2\text{O}_3 = \text{Cl}_2\text{O}_6 + 2\text{O}_2$,

$4\text{HClO}_4 + \text{P}_4\text{O}_{10} \xrightarrow{t < 10^\circ} 2\text{Cl}_2\text{O}_7 + 4\text{HPO}_3$.

ФТОР, БРОМ, ЙОД

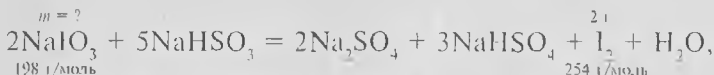
1061. Хлор — желто-зеленый газ с резким запахом, бром — жидкость темно-красного цвета, пары ее имеют резкий удушливый запах. Йод — серо-черные, с металлическим блеском кристаллы с острым запахом.



1066. Фтор получают электролизом фторида калия KF в жидком фтороводороде; фтор можно получить при нагревании некоторых фторидов:



1067.



$m(\text{I}_2) = 0,05 \cdot 0,7893 \text{ г/см}^3 \cdot 50 \text{ см}^3 = 2 \text{ г}$,

$m(\text{NaIO}_3) = \frac{2\text{г} \cdot 2 \cdot 198\text{г/моль}}{254\text{г/моль}} = 3 \text{ г}$

$m(\text{руды}) = \frac{3\text{г}}{0,002} = 1,5 \text{ кг}$.



1070. Формула соли: KX_n . На основе закона эквивалентных отношений можно определить молярную массу эквивалентов соли KX_n :

$\frac{m(\text{KX}_n)}{m(\text{Na}_2\text{SO}_3)} = \frac{M_e(\text{KX}_n)}{M_e(\text{Na}_2\text{SO}_3)}$, где $M_e(\text{Na}_2\text{SO}_3) = \frac{126\text{г/моль}}{2} =$

$$= 63 \text{ г/моль, откуда } M_3(KX_n) = \frac{12,59 \cdot 63 \text{ г/моль}}{3,78 \text{ г}} = 209,9 \text{ г/моль.}$$

Соль KX_n в реакции выступает окислителем: $KX_n + ae \rightarrow$ продук-

$$\text{ты. следовательно, } M_3(KX_n) = \frac{M_3(KX_n)}{a} = \frac{39 + nM_x}{a} = 209,9, \text{ от-}$$

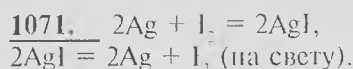
$$\text{куда } M(X) = \frac{209,9a - 39}{n}.$$

При $n = 3$ $M(X) = 126,9 \text{ г/моль}$ (йод).

Формула соли: KI_3 .



СОЕДИНЕНИЯ ГАЛОГЕНОВ, ПРИМЕНЕНИЕ

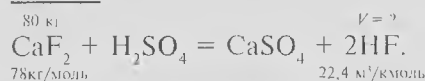


1073. Окислительные отбеливатели: $NaClO$, $Ca(ClO)_2$, H_2O_2 , O_2 .
 Восстановительные отбеливатели: SO_2 , Na_2SO_3 .

1074. $CaOCl_2$ проявляет окислительные свойства.

1075. $HClO$ выделяется вследствие гидролиза $NaClO$ и $KClO$.

1076.



78 кг/моль 22,4 м³/кмоль

$$V(HF) = \frac{20 \text{ кг} \cdot 2 \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}{78 \text{ кг/кмоль}} = 46 \text{ м}^3 \text{ при н. у.}$$

$$V(HF) = 50 \text{ м}^3 \text{ при } 25^\circ \text{C.}$$

1077.



1078. $m(\text{p-ра}) = 1,040 \text{ г/мл} \cdot 10 \text{ мл} = 10,4 \text{ г},$

$m(25\% \text{ p-ра}) = x, m(H_2O) = 10,4 \text{ г} - x.$

По правилу «креста»:

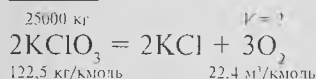
$$\begin{array}{ccc} 25\% & & 8,3 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 8,3\% & \\ & \nearrow & \searrow \\ 0 & & 16,7 \end{array} \quad \begin{array}{c} x \\ | \\ 10,4 - x \end{array}$$

$$\frac{x}{10,4 - x} = \frac{8,3}{16,7}, \text{ откуда } x = 3,45 \text{ г}$$

$$V(25 \% \text{ р-ра}) = \frac{3,45 \text{ г}}{1,125 \text{ г/мл}} = 3 \text{ мл.}$$

3 мл 25 %-ного раствора соляной кислоты следует разбавить водой до 10 мл.

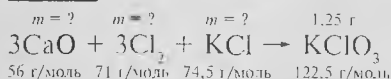
1079.



$$V(\text{O}_2) = \frac{25000 \text{ кг} \cdot 3 \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}}{2 \cdot 122,5 \text{ кг/кмоль}} = 6,8 \text{ м}^3 \text{ при н. у.}$$

Автор допустил ошибку.

1080. Схетиометрическая схема процесса:



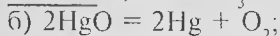
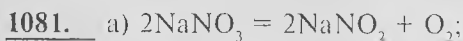
Теоретический выход KClO_3 : $\frac{1 \text{ т}}{0,8} = 1,25 \text{ т.}$

$$m(\text{CaO}) = \frac{1,25 \cdot 3 \cdot 56}{122,5} = 1,71 \text{ т,}$$

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{1,25 \cdot 3 \cdot 71}{122,5} = 2,17 \text{ т,}$$

$$m(\text{KCl}) = \frac{1,25 \text{ т} \cdot 74,5}{122,5} = 0,76 \text{ т.}$$

КИСЛОРОД, ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ



1082. Кислородсодержащие кислоты: HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 .
Безкислородные кислоты: HF , HCl , H_2S .

1083. Мел — CaCO_3 , уксусная кислота — CH_3COOH , глюкоза — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ и др.

1084. а) 53,3 % и 66,7 %;

б) 48 % и 60 %.

1085. Растворимость кислорода при повышении температуры воды уменьшается

1086. Фракционированная перегонка жидкого воздуха и электролиз воды.

1087. Первым улетучивается азот, т. к. $t_{\text{кип}}(\text{O}_2) = -183^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}(\text{N}_2) = -196^\circ\text{C}$.

1088. Для получения кислорода исходное вещество помещают в пробирку с газоотводной трубкой, пробирку нагревают, собирают кислород в пробирку «над водой». Кислород плохо растворим в воде, поэтому он пробулькивает через воду и попадает в пробирку, которая сначала была наполнена водой. Пузырьки кислорода вытесняют воду из пробирки.

1089. а) KMnO_4 ; б) KClO_3 ; в) HgO ; г) Ag_2O .

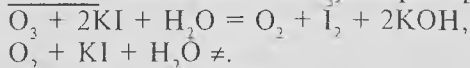
1090.
$$\omega(\text{O}) = \frac{16n}{2M(\text{A}) + 16n} \cdot 100\%$$

ОЗОН

1091. Дикислород (или просто кислород) и трикислород (озон), O_2 и O_3 , устойчивы при обычных условиях кислорода.

1092. а) Электрический разряд; б) при хранении и нагревании.

1093. Более активен O_3 , например:



1094. а) $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;

б) $\text{CH}_4 + 2\text{O}_3 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.

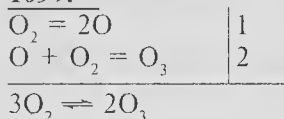
1095. $\text{K} + \text{O}_3 = \text{KO}_3$.

1096. Озон тяжелее воздуха.

1097. Озон способен разрушать многие живые организмы, находящиеся в воде, в том числе и безвредные. Хлорированная вода имеет неприятный запах и привкус.

1098. $1,8 \cdot 10^6$ т.

1099.



1100. а) $\text{CF}_2\text{Cl}_2 = \text{CF}_2\text{Cl} + \text{Cl}$,

$\text{Cl} + \text{O}_3 = \text{ClO} + \text{O}_2$;

б) $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$.

ПЕРОКСИД ВОДОРОДА

1101. Na_2O_2 и BaO_2 .

1102. Пероксид водорода окисляет I^- до I_2 .

1103. $Q = \frac{1000 \text{ г} \cdot 188 \text{ кДж/моль}}{34 \text{ г/моль}} = 5530 \text{ кДж.}$

1104. Соединения марганца являются катализаторами реакции разложения пероксида водорода.

1105. $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ и $\text{O} + 2e \rightarrow \text{O}^{2-}$
а) H_2O или OH^- ; б) O_2 .

1106. а) $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Fe}(\text{OH})_3$;
б) $2\text{CrCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{NaCl} + 4\text{HCl}$.

1107. а) $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{PbO}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{O}_2$;
б) $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HIO} = \text{I}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

1108. а) $2\text{HI} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
б) $\text{NiS} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{S} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

1109. 1) $2\text{BaO} + \text{O}_2 = 2\text{BaO}_2$;
2) $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$.

1110. А — H_2O_2 , Б — O_2 , В — I_2 .
 $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$,
 $3\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KMnO}_4 = 3\text{O}_2 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$
 $2\text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + 2\text{KOH}$.

СЕРА И ЕЕ СОЕДИНЕНИЯ

1111. S_8 .

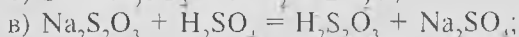
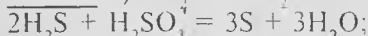
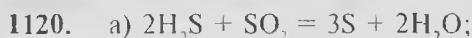
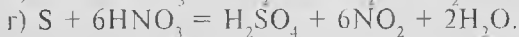
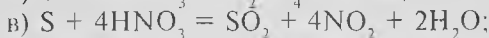
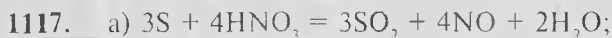
1112. В природе встречаются залежи почти чистой, самородной серы. FeS_2 — железный колчедан, пирит; ZnS — цинковая обманка.

1113. H_2S , SO_2 — ковалентная полярная, K_2S — ионная, K^+HS^- — ионная, HS^- — ковалентная полярная.

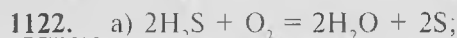
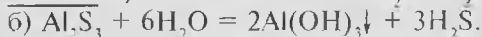
1114. а) -2 ; б) $+4$; в) -6 .

1115. а) $\text{Zn} + \text{S} = \text{ZnS}$ — сульфид цинка;
б) $2\text{Al} + 3\text{S} = \text{Al}_2\text{S}_3$ — сульфид алюминия;

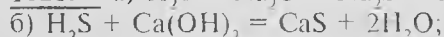
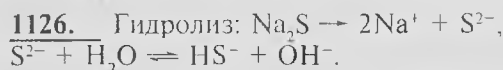
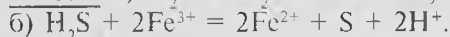
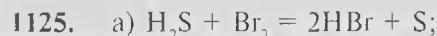
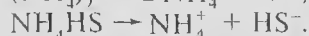
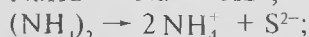
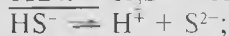
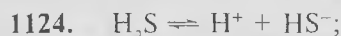
- в) $S + O_2 = SO_2$ — диоксид серы;
 г) $S + H_2 = H_2S$ — сульфид водорода, сероводород.

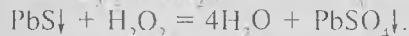
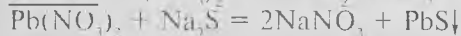
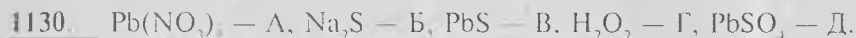
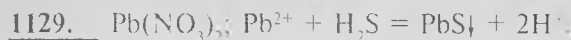
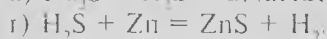


СЕРОВОДОРОД, СЕРОВОДОРОДНАЯ КИСЛОТА И ЕЕ СОЛИ

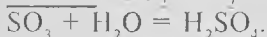
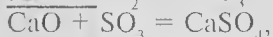
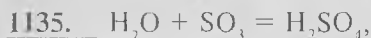
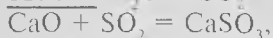
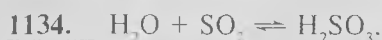
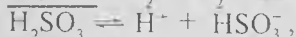
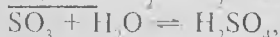
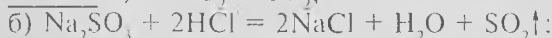


1123. K_2S — сульфид калия, KHS — гидросульфид калия, FeS — сульфид железа (II), Fe_2S_3 — сульфид железа (III).



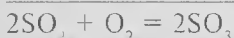


ОКСИДЫ СЕРЫ



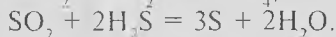
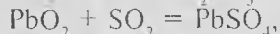
1137. При понижении температуры, при повышении давления, при уменьшении концентрации SO_2 . При нормальных условиях эта реакция протекает достаточно медленно, однако в присутствии катализатора она ускоряется.

1138.



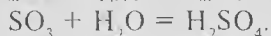
NO_2 участвует в реакции, однако не входит в состав продуктов.

1139. SO_3 — сильный окислитель; SO_2 проявляет восстановительные, а с сильными восстановителями — окислительные свойства.



1140. Олеум — это раствор SO_3 в 100 %-ной H_2SO_4 .

$$m = ? \quad 14,4 \text{ г} \quad m = ?$$



$$80 \text{ г/моль} \quad 18 \text{ г/моль} \quad 98 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{p-ра}) 1,8 \text{ г/мл} \cdot 200 \text{ мл} = 360 \text{ г},$$

$$m_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,96 \cdot 360 \text{ г} = 345,6 \text{ г},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 360 - 345,6 = 14,4 \text{ г},$$

$$m_1(\text{SO}_3) = \frac{14,4 \text{ г} \cdot 80 \text{ г/моль}}{18 \text{ г/моль}} = 64 \text{ г},$$

$$m_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{14,4 \text{ г} \cdot 98 \text{ г/моль}}{18 \text{ г/моль}} = 78,4 \text{ г},$$

$$m_2(\text{SO}_3) = \frac{x}{345,6 + 18,4 + x} = 0,3, \text{ откуда } x = 156 \text{ г}.$$

$$\text{Общая масса } \text{SO}_3 = 64 + 156 = 220 \text{ г}.$$

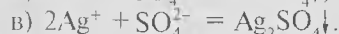
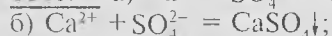
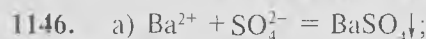
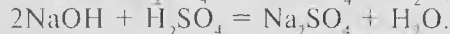
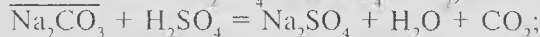
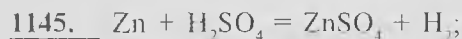
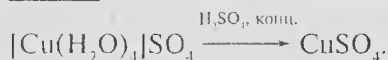
СЕРНАЯ КИСЛОТА

1141. H_2SO_4 поглощает влагу из воздуха.

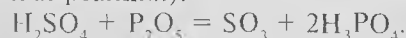
1142. CO_2 , HCl , Cl_2 .

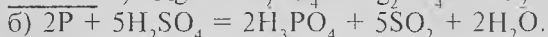
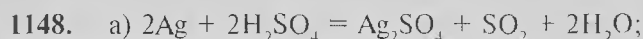
1143. Концентрированная серная кислота — бесцветная маслянистая жидкость.

1144. Концентрированная серная кислота — дегидратирующий агент,

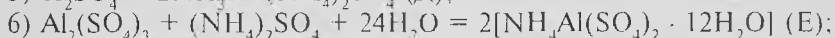
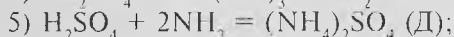
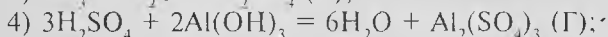
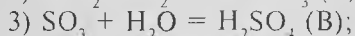
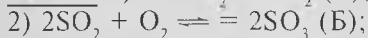
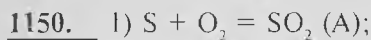
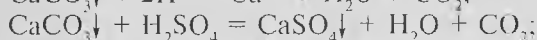
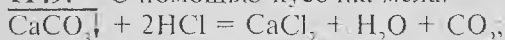


1147. $2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{S} = 3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (окислительно-восстановительная реакция).





1149. С помощью кусочка мела:



СУЛЬФАТЫ, СУЛЬФИТЫ И ТИОСОЕДИНЕНИЯ



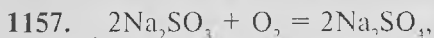
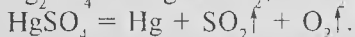
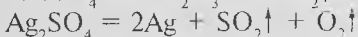
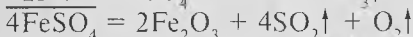
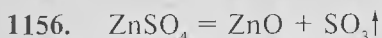
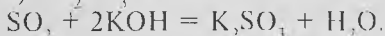
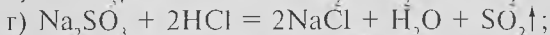
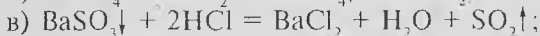
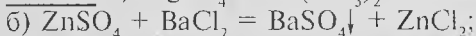
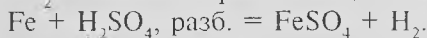
белый осадок

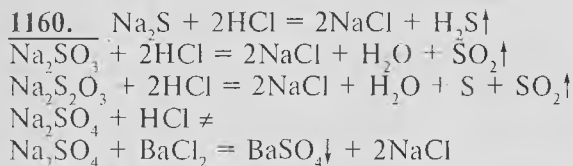
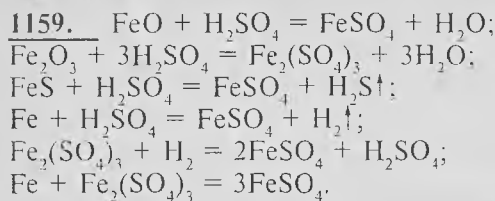
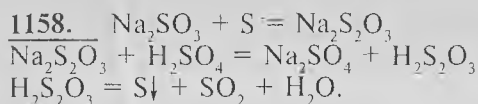
1152. В реакции $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ образуется вода, бурно реагирующая с кислотой, возможно разбрызгивание раствора.

1153. Холодная концентрированная серная кислота пассивирует поверхность стали, взаимодействие происходит только при нагревании.



SO_2 — имеет острый запах, вызывающий кашель



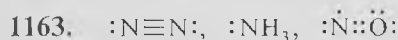


$\text{H}_2\text{S}\uparrow$ вызывает почернение фильтровальной бумаги, смоченной раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; $\text{SO}_2\uparrow$ обесцвечивает фильтровальную бумагу, смоченную раствором KMnO_4 ; $\text{S}\downarrow$ вызывает помутнение раствора; $\text{BaSO}_4\downarrow$ — осадок белого цвета.

АЗОТ

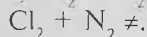
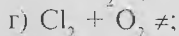
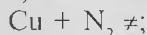
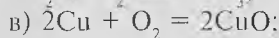
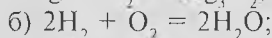
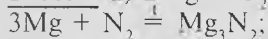
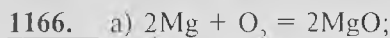
1161. В молекуле азота N_2 тройная связь обладает очень высокой прочностью.

1162. N не имеет d -орбиталей, P может образовать пять ковалентных связей за счет перехода электрона с $3s$ -орбитали на одну из $3d$ -орбиталей.



1164. N_2 — ковалентная неполярная; NH_3 , NH_4^+ , NO ковалентные полярные.

1165. N_2 — бесцветный газ, без вкуса и запаха, не поддерживает горения, не растворяется в воде.



1167. а) Путем сжижения воздуха;
б) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$,
 $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

1168. $3 \cdot 10^9$ лет.

1169. Гелий.

1170. Азот.

АММИАК

1171. $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$, нашатырь.
 $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$, аммиак.

1172. а) $\leftarrow$; б) $\rightarrow$; в) $\rightarrow$; г) $\rightarrow$.

1173. При отводе образующегося аммиака из реакционной смеси и возвращения непрореагировавших азота и водорода в реактор.

1174. Раствор аммиака в воде: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ обладает слабыми щелочными свойствами.

1175. По запаху.

1176. Чашка с раствором аммиака после выпаривания окажется пустой.

1177. $2\text{NH}_4\text{Cl}$, тв. + $\text{Ca}(\text{OH})_2$, тв. = $\text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3\uparrow$
 NH_3 осушают, пропуская через оксид кальция, собирают в опрокинутый сосуд.

1178. При добавлении в раствор NH_4Cl равновесие:

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ сдвигается влево, малиновая окраска исчезнет.

1179. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$
 $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$.

1180. а) $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;
б) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$;
в) $2\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = \text{N}_2 + 6\text{HCl}$;
г) $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 = 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$.

ОКСИДЫ АЗОТА

1181. NO_2 — по цвету; NO — легко окисляется кислородом воздуха до NO_2 ; NH_3 — по запаху; N_2 — не поддерживает горение.

1182. NO — бесцветный газ, его нельзя хранить в открытом сосуде, т. к. на воздухе он легко окисляется до бурого газа NO₂.

1183. В сосуде с NO₂ изменит окраску влажная лакмусовая бумага.

1184. а) Промыть водой; б) пропустить над кусочками гидроксида натрия.

1185. а) $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$;

б) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$;

в) $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{HNO}_3$.

1186. $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3$, разб. = $3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$.

1187. а) NO; б) N₂O₃; в) NO₂.

1188. $2\text{HNO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 = 2\text{HPO}_3 + \text{N}_2\text{O}_5$.

1189. $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$,

$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,

$2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$.

1190. $\text{N}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$.

СОЛИ АММОНИЯ

1191. NH₄NO₂ — нитрит аммония, NH₄NO₃ — нитрат аммония, NH₄HSO₄ — гидросульфат аммония, (NH₄)₂SO₄ — сульфат аммония, (NH₄)₂Cr₂O₇ — дихромат аммония.

1192. $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^-$

$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$

$\text{NH}_4\text{HSO}_4 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HSO}_4^-$

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-}$

$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

1193. а) $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$;

б) $\text{NH}_4^+ + \text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HS}^-$.

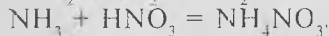
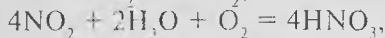
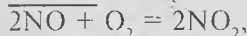
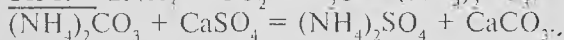
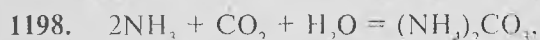
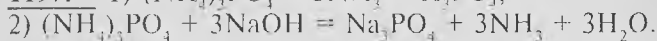
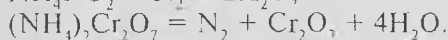
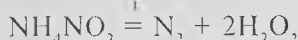
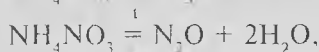
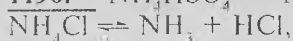
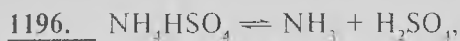
1194. а) $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

б) $\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI}\downarrow$;

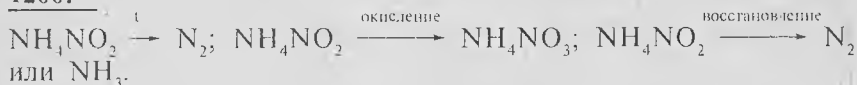
в) $\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- = \text{CaSO}_4\downarrow + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$;

г) $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

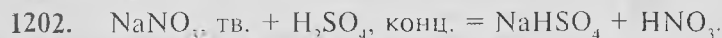
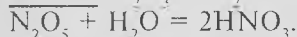
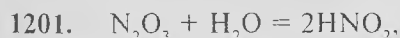
1195. При нагревании он разлагается с образованием газов, всплывающих тесто, $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.



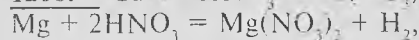
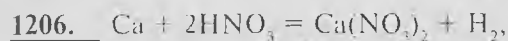
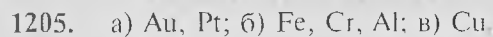
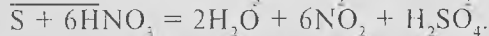
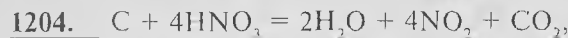
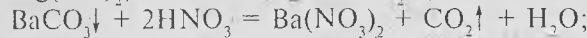
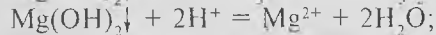
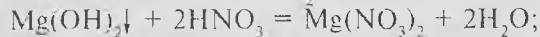
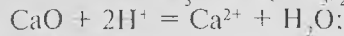
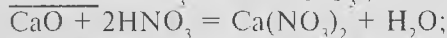
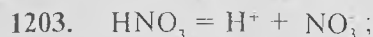
1200.

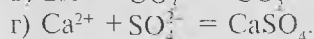
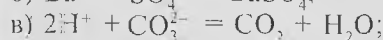
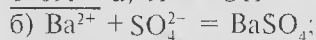
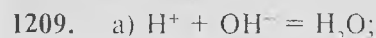
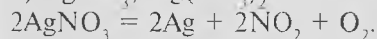
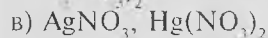
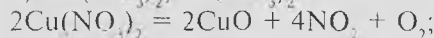
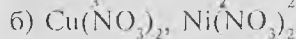
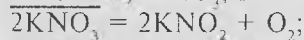
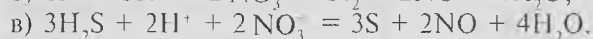
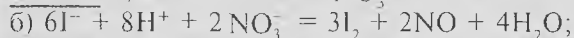
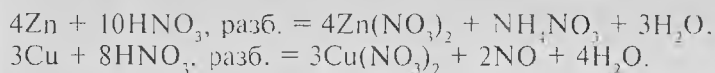


АЗОТНАЯ КИСЛОТА

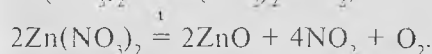
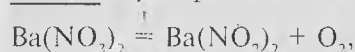


Желтая окраска обусловлена присутствием растворенного в ней диоксида азота, который образуется в результате термического разложения азотной кислоты.





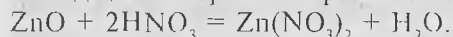
1210. При прокаливании смеси:



Твердую смесь $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ и ZnO поместить в сосуд с водой, $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ растворится, ZnO не растворится, осадок ZnO отфильтровать. Раствор $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ окислить пероксидом водорода H_2O_2 :

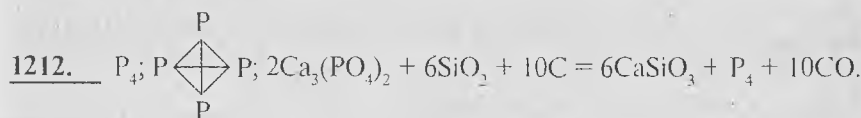


Оксид цинка обработать разбавленным раствором азотной кислоты.



ФОСФОР

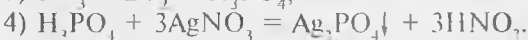
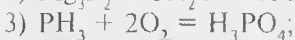
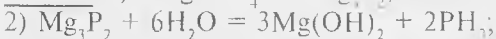
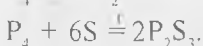
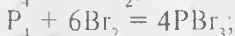
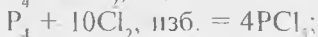
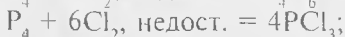
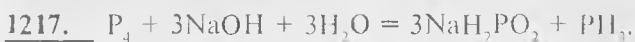
1211. По окраске, запаху и степени твердости. Наиболее активен белый фосфор.



1213. В темноте на воздухе наблюдается зеленоватое свечение (люминесценция), сопровождающаяся выделением такого количества теплоты, что фосфор может расплавиться и воспламениться.

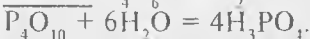
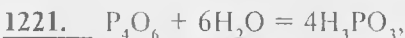
1214.



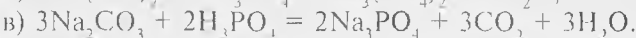
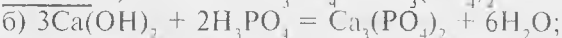
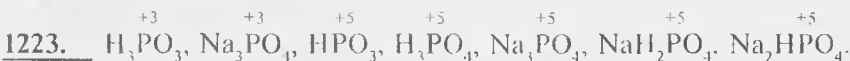


1220. Он не указал, какой фосфор ему необходим.

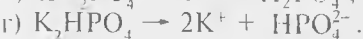
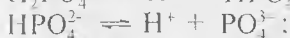
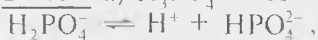
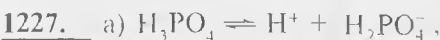
ФОСФОРНЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ СОЛИ



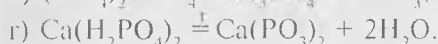
1222. H_3PO_3 — фосфористая кислота, Na_2PO_3 — фосфит натрия, HPO_2 — метафосфорная кислота, H_3PO_4 — ортофосфорная кислота, Na_3PO_4 — фосфат натрия, NaH_2PO_4 — дигидрофосфат натрия, Na_2HPO_4 — гидрофосфат натрия.



1225. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ — растворим, CaHPO_4 — не растворим, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — не растворим.



1228.



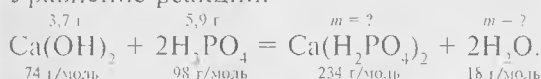
1229. а) H^+ ; б) OH^- ; в) H^+

1230. Масса фосфорной кислоты в растворе:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,13 \cdot 1,07 \text{ г/мл} \cdot 42,3 \text{ мл} = 5,9 \text{ г.}$$

$$\text{Масса воды в растворе: } 45,3 - 5,9 = 39,4 \text{ г.}$$

Уравнение реакции:



Определение вещества, находящегося в недостатке:

$\text{Ca}(\text{OH})_2$	H_3PO_4
$\frac{3,7 \text{ г}}{74 \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$	$\frac{5,9 \text{ г}}{2 \cdot 98 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль}$
Избыток	Недостаток

Масса гидроксида кальция, вступившего в реакцию:

$$m[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 0,03 \text{ моль} \cdot 74 \text{ г/моль} = 2,2 \text{ г.}$$

$$\text{Масса гидроксида кальция, не вступившего в реакцию: } 3,7 - 2,2 = 1,5 \text{ г.}$$

Масса дигидрофосфата кальция, образовавшегося в реакции:

$$m[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = 0,03 \text{ моль} \cdot 234 \text{ г/моль} = 7,0 \text{ г.}$$

Масса воды, образовавшейся в реакции:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,03 \text{ моль} \cdot 2 \cdot 18 \text{ г/моль} = 1,1 \text{ г.}$$

$$\text{Масса воды в растворе после реакции: } 39,4 \text{ г} + 1,1 \text{ г} = 40,5 \text{ г.}$$

Масса гидрофосфата в растворе:

$$m_1[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = \frac{1,8 \text{ г} \cdot 40,5 \text{ г}}{100 \text{ г}} = 0,7 \text{ г.}$$

Масса гидрофосфата в осадке:

$$m_2[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = 7,0 - 0,7 = 6,3 \text{ г.}$$

$$\text{Масса раствора гидрофосфата: } 40,5 + 0,7 = 41,2 \text{ г.}$$

Массовая доля гидрофосфата в растворе:

$$\omega[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = \frac{0,7 \text{ г}}{41,2} \cdot 100 \% = 1,7 \%. \quad \text{—}$$

$$\text{Состав осадка: } 6,3 \text{ г } \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \text{ и } 1,5 \text{ г } \text{Ca}(\text{OH})_2.$$

УГЛЕРОД И ЕГО ОКСИДЫ

1231. Солнечные лучи разрушили кристаллическую решетку алмаза. Алмаз исчез, превратившись в пенел.

1232. CO_2 — диоксид углерода, углекислый газ.

1233. CO_2 , +4 — наивысшая степень окисления углерода.

1234. CO ↑ ядовит.

1235. CO_2 в 1,5 раза тяжелее воздуха.

1236. При сжигании углеродсодержащих веществ при недостатке кислорода (и при температурах $> 1000^\circ\text{C}$): $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$.

1237. $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$.

1238. $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$.

1239. $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$,

$\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{I}} \text{CaO} + \text{CO}_2$,

$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$,

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$.

1240. Из неорганических солей при нагревании без остатка разлагаются соли аммония. Если при связывании газа щелочью его плотность не изменилась, то выделилась смесь различных газов. Их средняя молекулярная масса равна $2 \text{ г/моль} \cdot 22 = 44 \text{ г/моль}$. Следовательно, щелочь могла поглотить CO_2 .

С медью реагирует оксид азота N_2O , при этом $\text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ и объем смеси газов не изменяется. Следовательно, смесь газов состоит из эквимольных количеств CO_2 и N_2O .

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{I}} 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$.

При пропускании через раствор H_2SO_4 :

$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,

$\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\text{I}} \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$, $M(\text{N}_2\text{O}) = 44 \text{ г/моль}$,

$\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O} + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\text{O}$ (объем уменьшился, плотность не изменялась).

$\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{Cu} \xrightarrow{\text{I}} \text{CO}_2 + \text{CuO} + \text{N}_2$ (объем не изменялся, плотность уменьшилась).

$\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{C} \xrightarrow{\text{I}} \text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{CO}$ (объем увеличился, плотность уменьшилась).

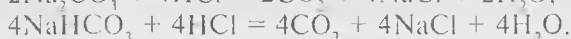
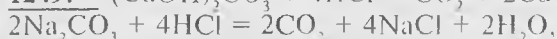
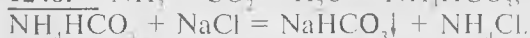
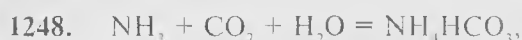
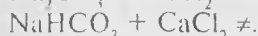
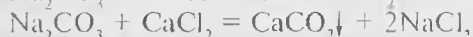
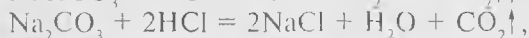
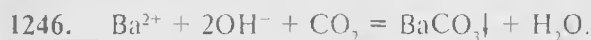
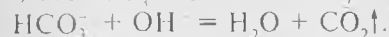
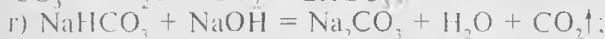
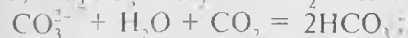
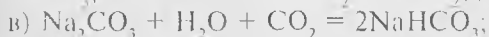
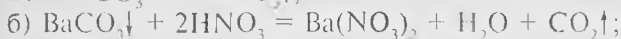
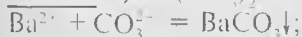
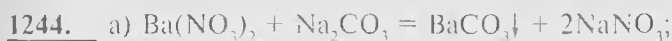
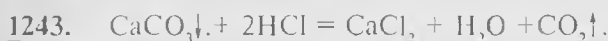
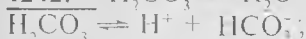
$\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$.

УГОЛЬНАЯ КИСЛОТА И ЕЕ СОЛИ

1241. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$;

$\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$;

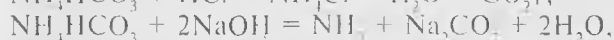
$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.



1250. Предположим, что при действии щелочи на твердое вещество выделяется аммиак (Б). Тогда молярная масса вещества А равна:

$$M(\text{A}) = \frac{M(\text{NH}_3)}{2,59} = \frac{17}{2,59} = 6,56 \text{ (г/моль)}, \text{ однако газа с такой мо-}$$

лярной массой нет, тогда $17 - 2,59 = 44$ (г/моль). Это CO_2 . Следовательно, вещество X может быть карбонатом аммония. А поскольку по условию задачи объемы газов А и Б одинаковы, X — гидрокарбонат аммония.



$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = \frac{11,2 \text{ л} \cdot 79 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 39,5 \text{ г}.$$

КРЕМНИЙ

1251. а) CO_2 , SiO_2 ; б) CO , SiO ; в) CO , SiO ; г) CS_2 , SiS_2 ; д) CaC_2 , Mg_2Si .

1252. а) $\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (конц.)} = \text{CO}_2\uparrow + 2\text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

$3\text{C} + 4\text{HNO}_3 \text{ (конц.)} = 3\text{CO}_2\uparrow + 4\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;

б) $3\text{Si} + 4\text{HNO}_3 \text{ (конц.)} + 12\text{HF (конц.)} = 3\text{SiF}_4\uparrow + 4\text{NO}\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$.

1253. $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\uparrow$.

1254. а) $\text{SiF}_4 + 4\text{K} = \text{Si} + 4\text{KF}$;

б) $\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} = \text{Si} + 2\text{MgO}$;

в) $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 = \text{Si} + 4\text{HCl}$.

1255. а) $\text{SiO}_2 + \text{CaO} = \text{CaSiO}_3$;

б) $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$;

в) $\text{SiO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

1256. $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow$.

1257. Гидролиз: $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow$.

1258. H_2SiO_3 слабее H_2CO_3 , поэтому CO_2 вытесняет кремниевую кислоту из ее солей.

1259. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + 6\text{SiO}_2 + 2\text{CO}_2\uparrow$.

1260.

87,5 % 12,5 %

BH_3

$M(\text{B}) \text{ г/моль}$

$$\frac{87,5}{M(\text{B})} = \frac{12,5}{x \cdot 1}$$

$$M(\text{B}) = 7x.$$

$$M(\text{B}) = 7x.$$

При $x = 4$ Б — Si

25,26 % 74,74 %

ACl_3

$M(\text{A}) \text{ г/моль}$

$$\frac{25,26}{M(\text{A})} = \frac{74,74}{y \cdot 35,5}$$

$$M(\text{A}) = 12y.$$

$$M(\text{A}) = 12y.$$

При $y = 2$ А — Mg.

Формула соединения А₃Б — Mg_3Si

$\text{Mg}_3\text{Si} + 4\text{HCl} = \text{SiH}_4 + 2\text{MgCl}_2$,

$\text{SiH}_4 + 2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$.

БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ

1261. He и Ne, известны клатраты (соединения включения) $\text{Ar} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Kr} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Xe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а также соединения ксенона, криптона и радона: XeF_2 , KrF_2 , RnF_2 и другие.

1262. а) F^- , O^{2-} , N^{3-} , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} ;

б) Cl^- , S^{2-} , P^{3-} , K^+ , Ca^{2+} .

1263. а) +8; б) +6; в) +4; г) +2; д) +1.

1264. Гелий-4: а) 2; б) 4; в) 2; г) 2. Гелий-3: а) 2; б) 3; в) 2; г) 1

1265. $\text{Xe} + \text{F}_2 = \text{XeF}_2$

$\text{Xe} + 2\text{F}_2 = \text{XeF}_4$,

$\text{Xe} + 3\text{F}_2 = \text{XeF}_6$.

1266. $6\text{XeF}_4 + 12\text{H}_2\text{O} = 2\text{XeO}_3 + 24\text{HF} + 4\text{Xe} + 3\text{O}_2$,

1267. $\text{SiO}_2 + 2\text{XeF}_6 = \text{SiF}_4 + 2\text{XeOF}_4$.

1268. $V_m = 24,5$ л/моль при 25 °С и 101,3 кПа

0,048 л 0,490 г

$2\text{Xe} + a\text{F}_2 = 2\text{XeF}_a$

24,5 л/моль 2(131 + 19a)

Вычисление a : $\frac{0,048}{2 \cdot 24,5} = \frac{0,490}{2(131 + 19a)}$, откуда $a = 6$.

Формула фторида XeF_6 .

1269. На основе модели отталкивания электронных пар валентной оболочки Гиллеспи-Найхолма: XeF_2 — линейная, XeF_4 — плоская квадратная, XeF_6 — искаженный октаэдр.

1270. а) He; б) Ne; в) Rn; г) Ar; д) Ne, а также Ar и Kr; е) Rn.

СОСТАВ ВОЗДУХА

1271. Углекислый газ поступает в атмосферу в результате практической деятельности человека, содержание водяного пара и пыли зависит от климатических условий.

1272. В процессе фотосинтеза растения из углекислого газа и воды получают органические вещества — углеводы, выделяя при этом свободный кислород:

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \underset{\text{углевод}}{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} + 6\text{O}_2$.

1273. Благодаря конденсации на частичках пыли.

1274. См. решение задачи 1273.

1275. $5,5 \cdot 10^{13}$ т

1276. $1,3 \cdot 10^{15}$ т.

1277. $4,4 \cdot 10^{-3}$ %.

1278. $3,6 \cdot 10^{-5}$ %.

1279. а) 148 л; б) $2,6 \cdot 10^6$ л.

1280. Масса атмосферы составляет примерно миллионную долю массы земного шара.

ВЫДАЮЩИЕСЯ ХИМИКИ

1281. Парациель Теофраст.

1282. Пристли Джозеф.

1283. Лавуазье Антуан Лоран.

1284. Дальтон Джон.

1285. Авогадро Амедео.

1286. Аррениус Сванте Август.

1287. Менделеев Дмитрий Иванович.

1288. Бутлеров Александр Михайлович.

1289. Берцелиус Йенс Якоб.

1290. Ломоносов Михаил Васильевич.

ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

1291. 1 — пробирка; 2 — химический стакан; 3 — воронка; 4 — цилиндр; 5 — мерный цилиндр; 6 — плоскодонная колба; 7 — коническая колба; 8 — пробиркодержатель; 9 — штатив для пробирок; 10 — ложечка для сжигания веществ; 11 — лабораторные щипцы; 12 — асбестовая сетка; 13 — спиртовка; 14 — газовая горелка; 15 — теххимические весы; 16 — шпатель; 17 — фарфоровая чашечка; 18 — промывалка; 19 — лабораторный штатив; 20 — муфта для штатива; 21 — лапка для штатива; 22 — кольцо для штатива.

1292. Колба, воронка, стеклянная палочка, фарфоровая чашечка.

1293. а) NH_3 .

1294. в) CO_2 .

1295. 1) Пробирка, пробирка с газоотводной трубкой, склянка с водой, горелка, штатив.

2) Водород легче воздуха и плохо растворим в воде.

3) Наиболее горячей является внешняя кромка несветящегося пламени.

1296. Для того чтобы приготовить обыкновенный фильтр, квадратный кусок фильтровальной бумаги *a* складывают вчетверо, а именно перегибают пополам, параллельно одной из сторон, а затем еще раз пополам. Свободный угол полученного квадрата *б*, состоящего из четырех слоев бумаги, срезают ножницами по дуге круга, как показано на рисунке пунктиром. Отделив один слой бумаги, расправляют готовый фильтр, который принимает вид конуса *в*, одна половина которого состоит из трех слоев бумаги, другая из одного. Фильтр, правильно сложенный, хорошо прилегает к обыкновенной стеклянной воронке, имеющей угол в 60° . Фильтр не должен выставляться из воронки.

1297. Если приходится в тонкостенной посуде размешивать что-нибудь стеклянной палочкой, то нужно делать это как можно осторожнее,водя палочкой вдоль стенок сосуда, а не двигая ею сверху вниз, так как можно проткнуть при этом дно сосуда.

1298. 1 — чашки; 2 — коромысло; 3 — стрелка; 4 — шкала. Гирьки и разновесы кладут на правую чашку весов.

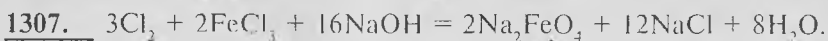
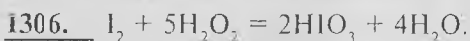
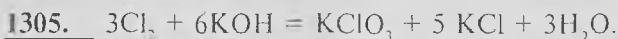
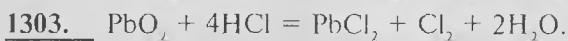
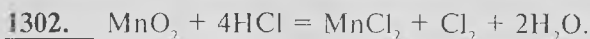
1299. 1 — штатив; 2 — лапка; 3 — бюретка; 4 — плоскодонная колба; 5 — стеклянный сосуд с пипеткой для индикатора.

1300. Разбавленную соляную кислоту наливают в коническую колбу, где насыпана мраморная крошка. Реакция протекает по уравнению:

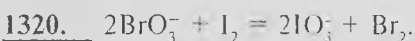
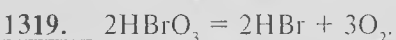
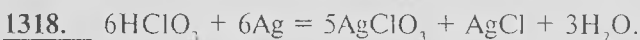
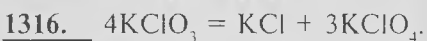
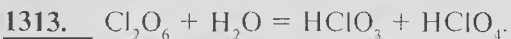
$$\text{CaCO}_3 (\text{тв.}) + 2\text{HCl} (\text{водн.}) \rightarrow \text{CaCl}_2 (\text{водн.}) + \text{CO}_2 (\text{г.}) + \text{H}_2\text{O} (\text{ж.})$$

Выделяющийся диоксид углерода собирают с помощью газовой пипетки (газового шприца). За изменением скорости реакции можно проследить, измеряя объем выделившегося диоксида углерода через равные промежутки времени по мере протекания реакции.

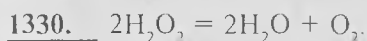
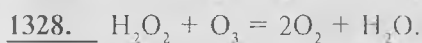
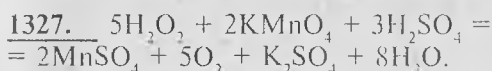
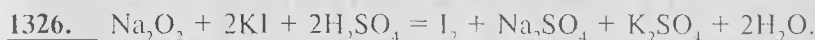
СВОЙСТВА ГАЛОГЕНОВ



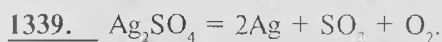
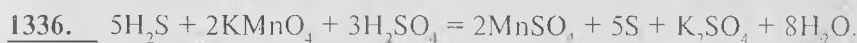
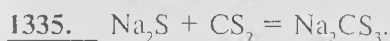
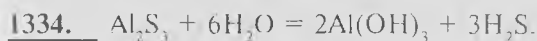
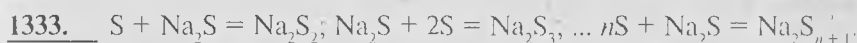
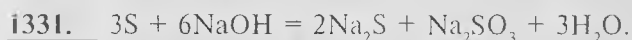
СВОЙСТВА КИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЛОГЕНОВ



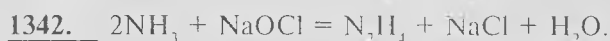
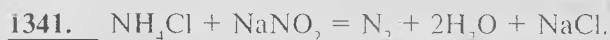
СВОЙСТВА КИСЛОРОДА



СВОЙСТВА СЕРЫ



СВОЙСТВА АЗОТА



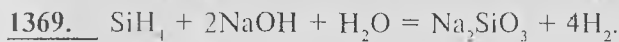
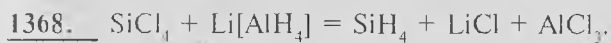
1343. $3\text{N}_2\text{H}_4 + 2\text{ClO}_3^- = 3\text{N}_2 + 2\text{Cl}^- + 6\text{H}_2\text{O}$.
1344. $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HNO}_2 = \text{HN}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.
1345. $3\text{HN}_3 + \text{Mg} = \text{Mg}(\text{N}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{NH}_3$.
1346. $2\text{HNO}_2 + 2\text{HI} = \text{I}_2 + 2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$.
1347. $3\text{HNO}_2 = \text{HNO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.
1348. $5\text{HNO}_2 + 2\text{MnO}_4^- + \text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{NO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O}$.
1349. $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.
1350. $6\text{HNO}_3 + \text{S} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

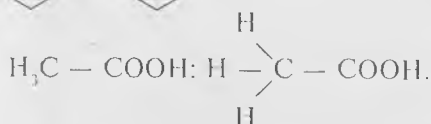
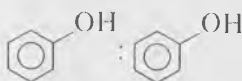
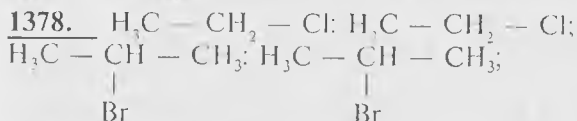
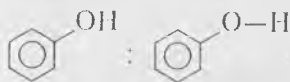
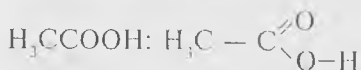
СВОЙСТВА ФОСФОРА

1351. $\text{P} + 5\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
1352. $2\text{P}_4 + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{PH}_3 + 3\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$.
1353. $\text{PH}_3 + \text{HI} = \text{PH}_4\text{I}$.
1354. $3\text{H}_3\text{PO}_2 = \text{PH}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_3$.
1355. $\text{P}_2\text{S}_3 + 3\text{Na}_2\text{S} = 2\text{Na}_3\text{PS}_3$.
1356. $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{HgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{HCl} + \text{Hg}$.
1357. $\text{PF}_5 + \text{HF} = \text{H}[\text{PF}_6]$.
1358. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$.
1359. $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{PCl}_5 = 5\text{POCl}_3$.
1360. $\text{POBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{HBr}$.

СВОЙСТВА УГЛЕРОДА И КРЕМНИЯ

1361. $3\text{C} + \text{CaO} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$.
1362. $\text{CS}_2 + 3\text{Cl}_2 = \text{CCl}_4 + \text{S}_2\text{Cl}_2$.
1363. $5\text{CO} + \text{Fe} = [\text{Fe}(\text{CO})_5]$.
1364. $4\text{CO} + \text{Fe}_3\text{O}_4 = 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$.
1365. $(\text{CN})_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCN} + \text{HCNO}$;
более глубокий гидролиз:
 $(\text{CN})_2 + 4\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.



СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ1371. $1s^2 2s^2 2p^3$; $1s^2 2s 2p^3$ 1372. а) sp^3 ; четыре гибридные sp^3 -орбитали направлены от атома углерода к вершинам тетраэдра;б) sp^2 ; три гибридные орбитали направлены к вершинам равностороннего треугольника;в) sp ; две гибридные орбитали образуют друг с другом угол 180° .1373. sp^2 ; sp .1374. а) 6 σ -связей; 1 π -связь; б) 8 σ -связей; 1 π -связь; в) 13 δ -связей; 1 π -связь.1375. а) sp^2 ; б) sp^2 ; в) sp^3 .1376. а) KCl ; NaI ; б) H_2SO_4 ; CH_4 ; C_2H_5Cl ; NH_3 ; в) P_4 .1377. H_3CCl ; $H_3C - Cl$;

1379. Молекулы: C_4H_{10} , C_3H_8 , C_2H_6 .

Радикалы: OH ; CH_2OH ; C_2H_5 ; C_6H_5 .

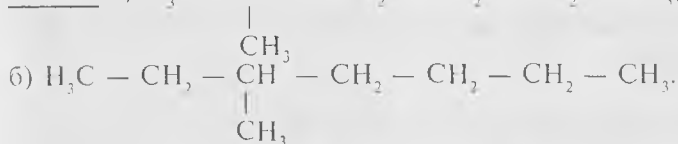
1380. Молекулы: C_3H_8 , C_3H_6 , H_2O_2 .

Ионы: $C_3H_7^+$, OH^- ; CH_3^+ ; I^- .

СТРОЕНИЕ И НОМЕНКЛАТУРА АЛКАНОВ

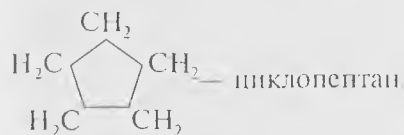
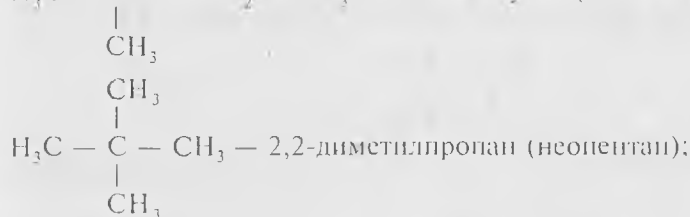
1381. а), б) — *n*-Бутан; в) е) — 2-метилбутан; г), д) — *n*-пентан.

1382. а) $H_3C - CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$,

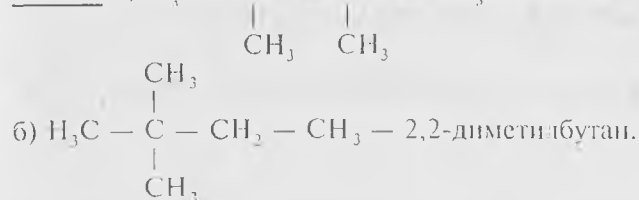


1383. $H_3C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ — *n*-пентан;

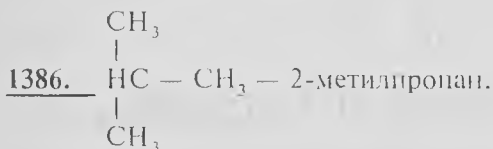
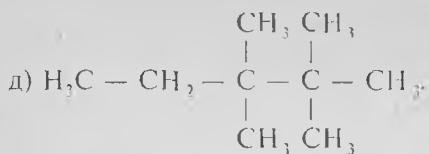
$H_3C - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - CH_2 - CH_3$ — 2-метилбутан (изопентан);



1384. а) $H_3C - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - CH_3$ — 2,3-диметилбутан;



1385. а) $(H_3C)_3 - C - CH_2 - CH_3$; б) $H_3C - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 - CH_2 \end{array}}{CH} - CH - CH_3$;

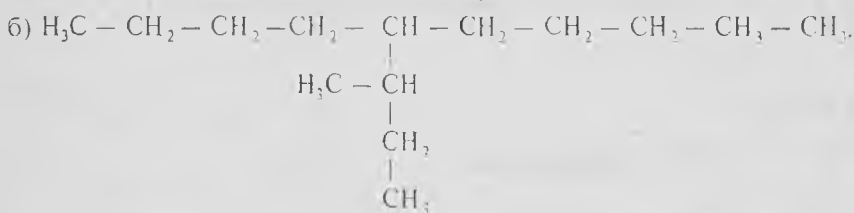
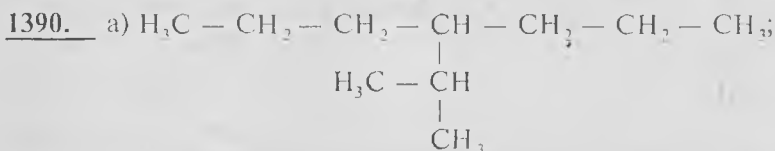
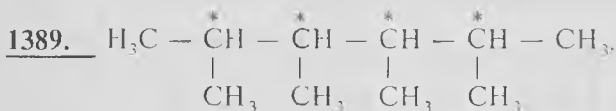


1387. а) 2, 2, 3, 3-Тетраметилбутан;

б) 2, 2-диметил-4, 4-диэтилгексан.

1388. а) 3, 3-Диметилгексан;

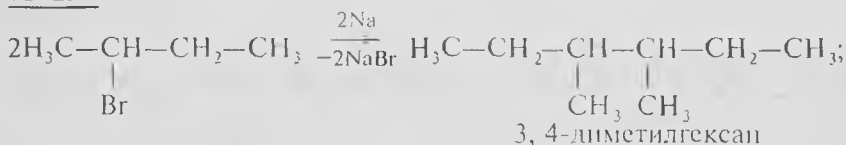
б) 2-метилгексан.

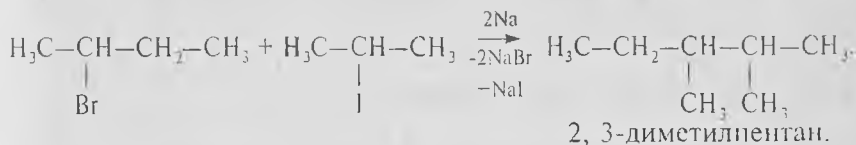
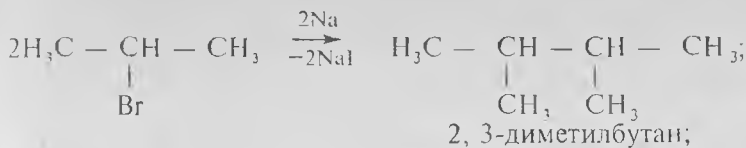


СИНТЕЗ И СВОЙСТВА АЛКАНОВ

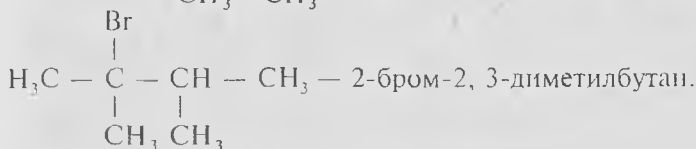
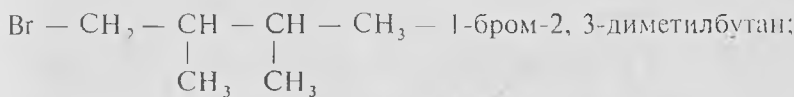
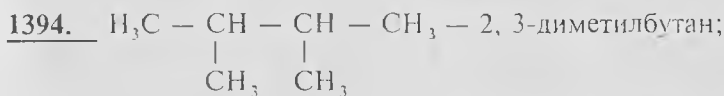
1391. Получится смесь, в состав которой входят *n*-бутан, *n*-гексан и *n*-пентан.

1392.



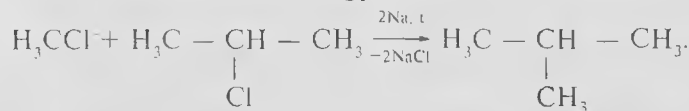
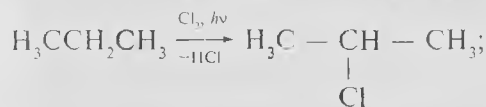
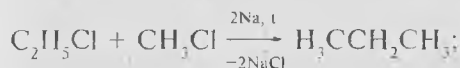
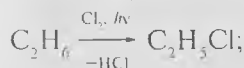
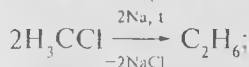
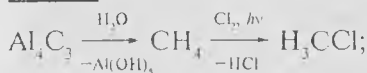


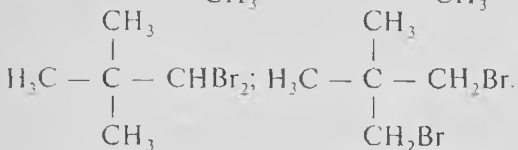
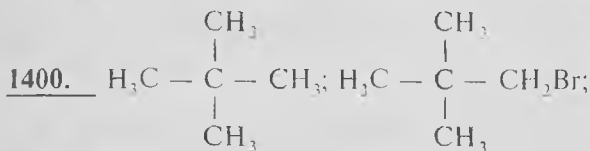
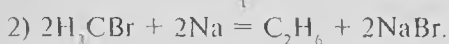
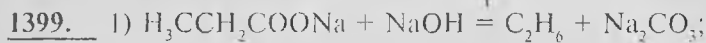
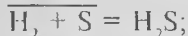
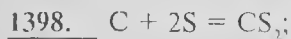
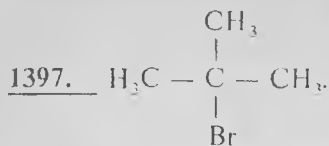
1393. а) Этан C_2H_6 ; б) бензол C_6H_6 .



1395. А — Na_2CO_3 , Б — метан CH_4 , В — хлорметан H_3CCl ; Г — хлорэтан $\text{H}_3\text{C}_2\text{Cl}$.

1396.

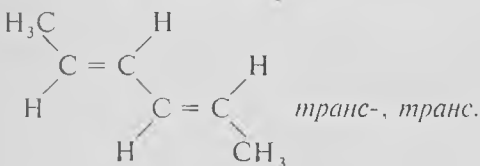
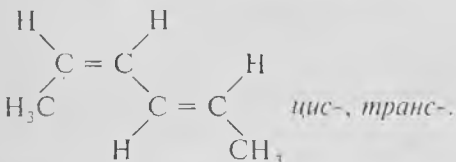
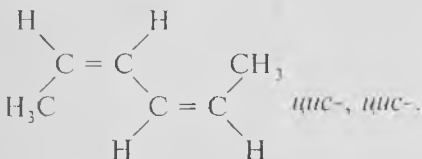




НОМЕНКЛАТУРА, СИНТЕЗ И ЦИС-, ТРАНС-ИЗОМЕРИЯ АЛКЕНОВ

1401. 5-метил-3-гептен, *цис*- и *транс*-изомеры существуют.

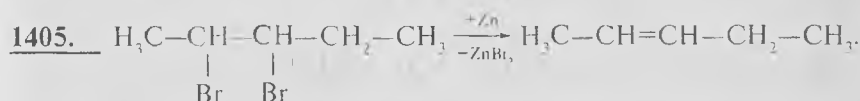
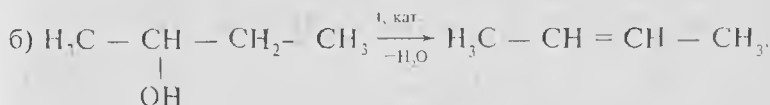
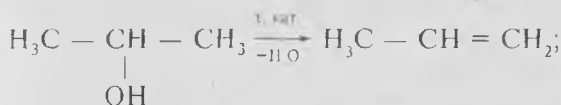
1402. 3 изомера



1403. а) 3, 4-диметил-3-гексен;

б) 5-метил-2-гексен.

1404. а) $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{\text{t, кат.}} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2$ или



1406. *Цис*-, *транс*-изомерия характерна для алкенов а), б) и г).

1407. А — $(\text{H}_3\text{C})_3\text{CCl}$,

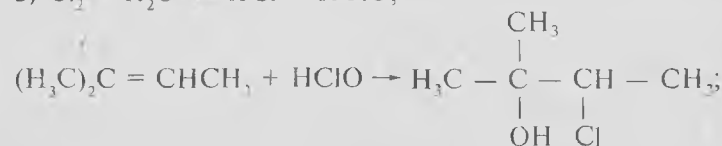
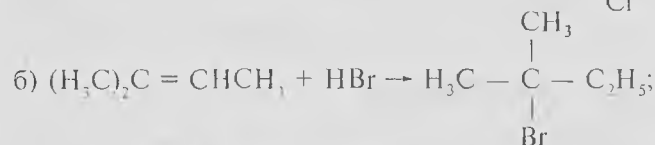
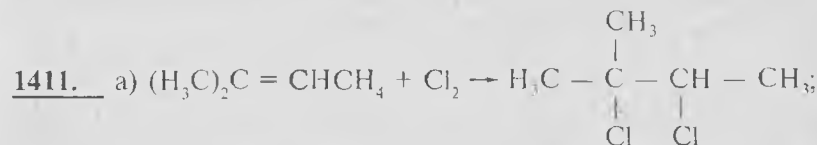
Б — $\text{H}_2\text{C} = \text{C}(\text{CH}_3)_2.$

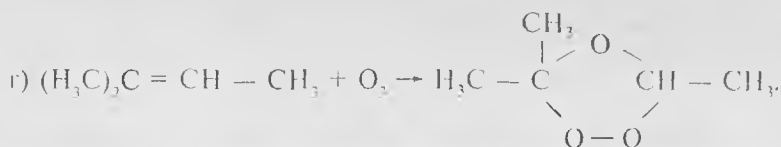
1408. *Цис*-изомер: в); *транс*-изомер: б).

1409. Полярны молекулы *цис*-2-бутена.

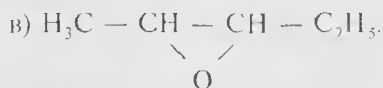
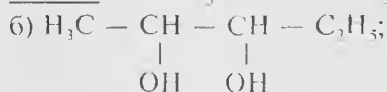
1410. а) 2-бутен; б) 3-метил-3-гексен.

СВОЙСТВА АЛКЕНОВ

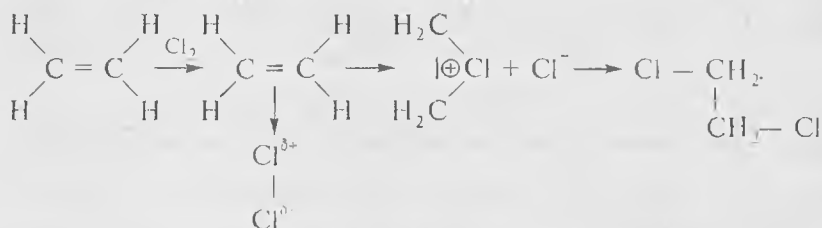




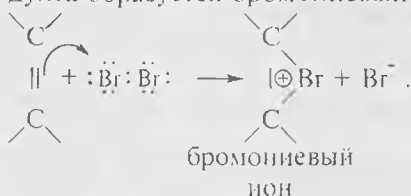
1412. а), r) $H_3CCOOH + H_3C_2COOH$:



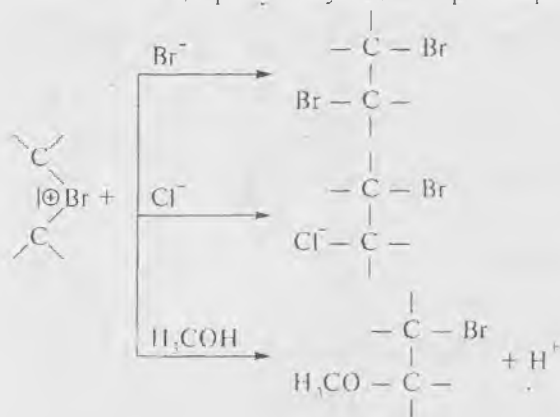
1413. $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow ClCH_2 - CH_2Cl$

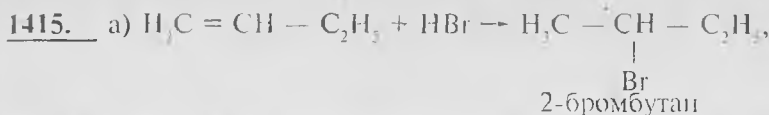


1414. Присоединение брома к 2-гексану — реакция электрофильного присоединения, в которой в качестве промежуточного продукта образуется бромониевый ион:



Бромониевый ион может подвергнуться атаке любым нуклеофильным агентом, присутствующим в растворе:

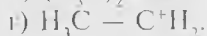
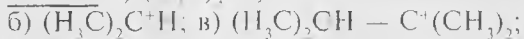
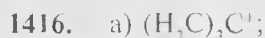




присоединение происходит в соответствии с правилом Марковникова;

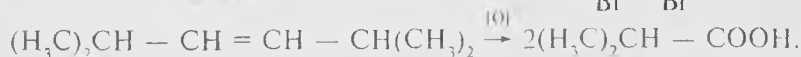
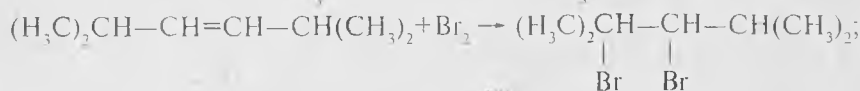
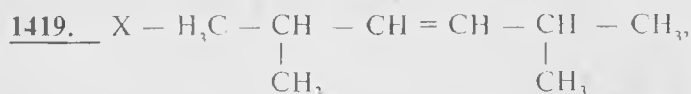
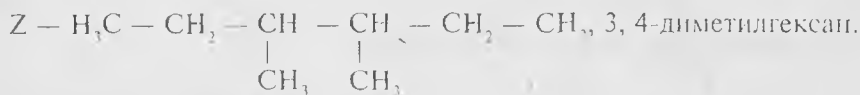
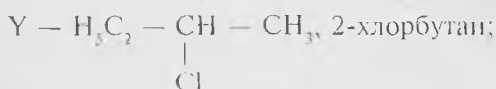
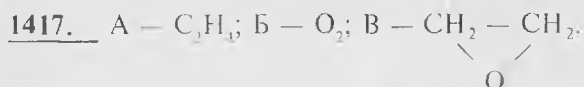


присоединение происходит против правила Марковникова (перекисный эффект Караша).



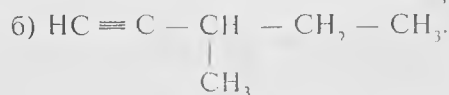
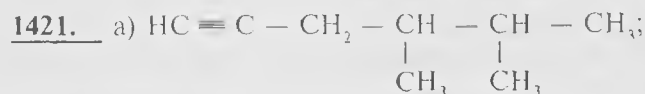
Скорость реакции повышается в ряду:

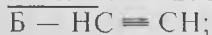
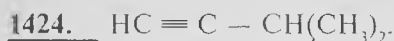
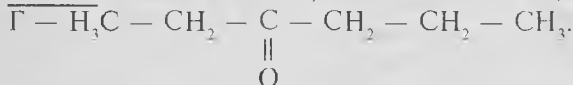
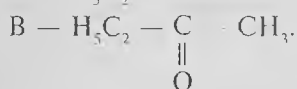
этилен < пропилен < изобутилен < 2,3-диметил-2-бутен.



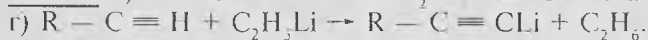
1420. А — пропен (пропилен); Б — 1-бромпропан; В — пропен;
Г — 1-хлор-2-пропанол.

АЛКИНЫ





1429. Алкены, содержащие тройную связь у первого атома углерода ($HC \equiv C - R$) образуют, в отличие от других непредельных углеводородов, осадки при взаимодействии с водно-аммиачными растворами Ag_2O или Cu_2O . Эта реакция служит для открытия алкинов указанного типа.

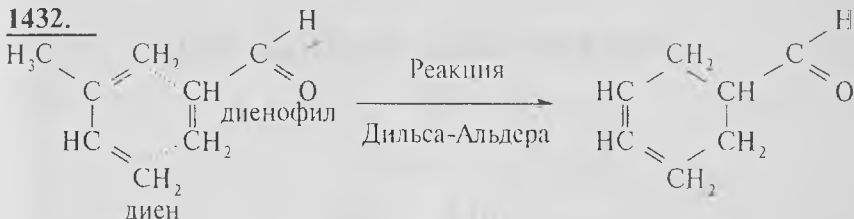


АЛКАДИЕНЫ

1431. Образуется смесь $\text{BrH}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$

и $\text{BrCH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{Br}$.

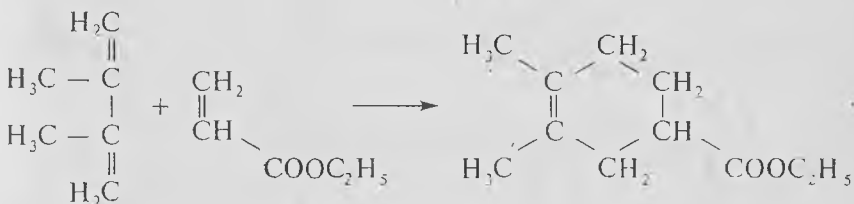
1432.



1433. А — $\text{BrCH}_2\text{CH} = \text{CH}_2$; Б — $\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{CH}_2$ (аллен).

1434. $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \rightarrow (-\text{H}_2\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2-)_n$.

1435.



1436. $\text{HC}_2 = \text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2$.

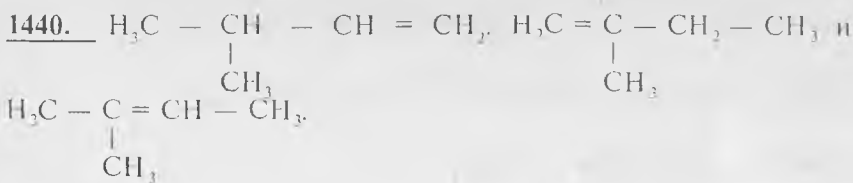
1437. $\text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_3$

1438. $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{-HCl}]{\text{Cl}_2, h\nu} \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2\text{Cl} \xrightarrow[\text{-HCl}]{\text{KOH спирт}} \text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2 \xrightarrow[\text{(H}_2\text{SO}_4)]{\text{H}_2\text{O, t}} \text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2\text{OH}$.

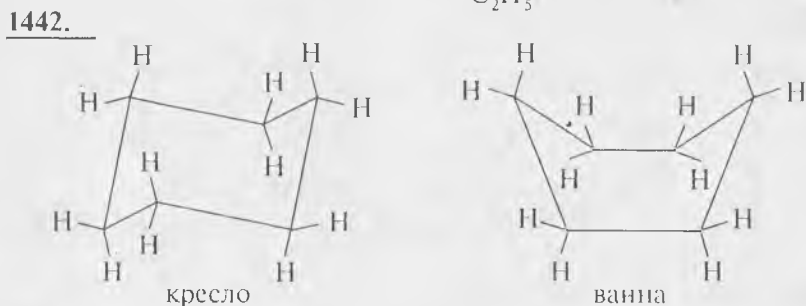
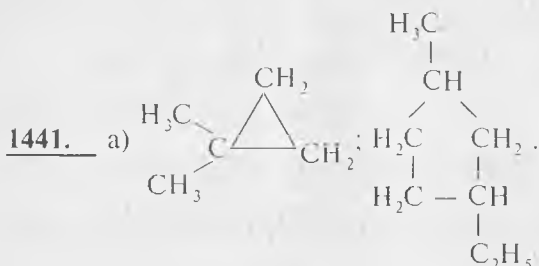
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{(\text{MgO, ZnO}), \text{t}} \text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$.

1439. $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3 \xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{1) \text{O}_2, 2) \text{H}_2\text{O}}$

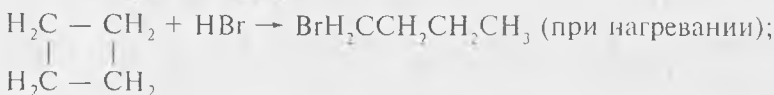
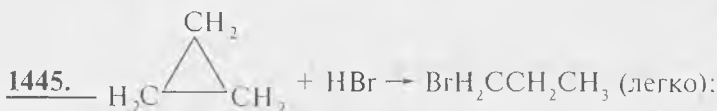
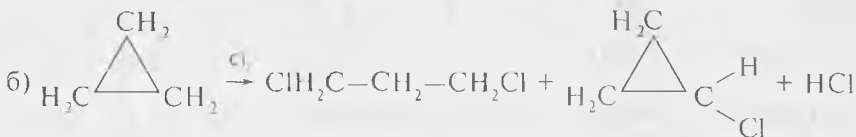
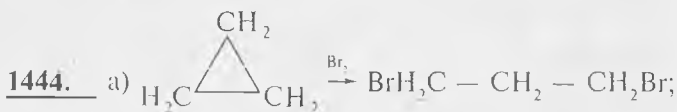
$\rightarrow \text{H}_2\text{C} = \text{O} + \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C} \diagdown \\ || \quad || \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} \diagdown \\ || \\ \text{O} \end{array}$.



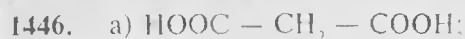
АЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ



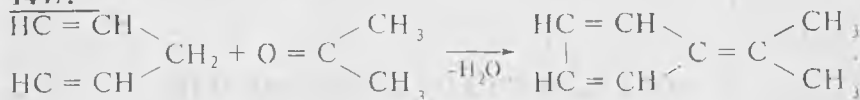
1443. а) циклобутан; б) циклогексан;
 в) циклобутан.



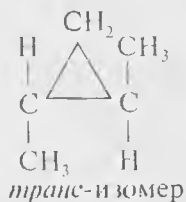
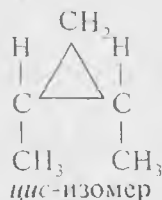
углеводороды с высшими циклами в реакцию не вступают.



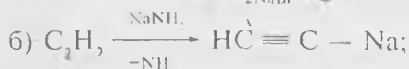
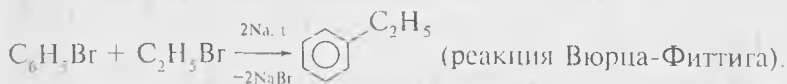
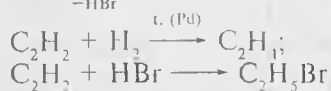
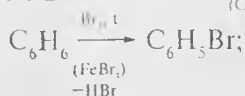
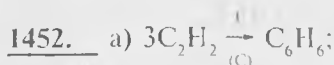
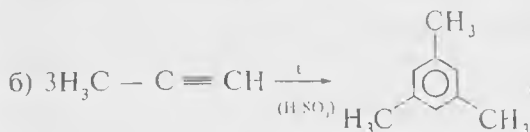
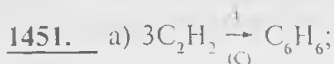
1447.

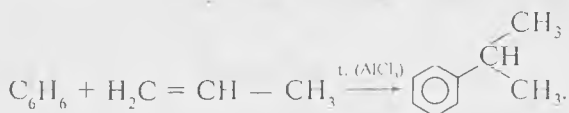
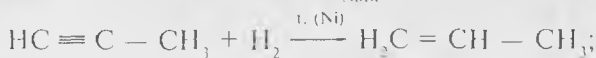
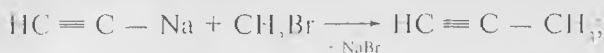


1448.

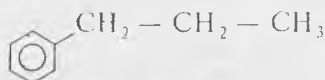


БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ

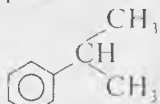




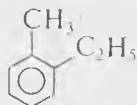
1453.



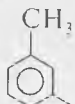
пропилбензол,



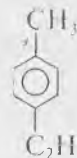
изопропилбензол (кумол),



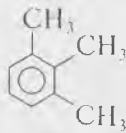
о-метилэтилбензол,



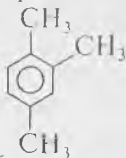
м-метилэтилбензол,



п-метилэтилбензол.



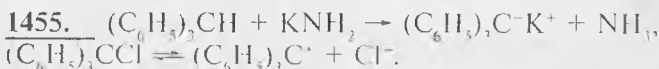
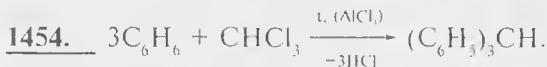
1, 2, 3-триметилбензол,



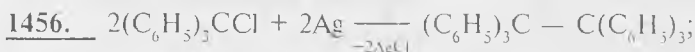
1, 2, 4-триметилбензол,

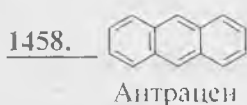
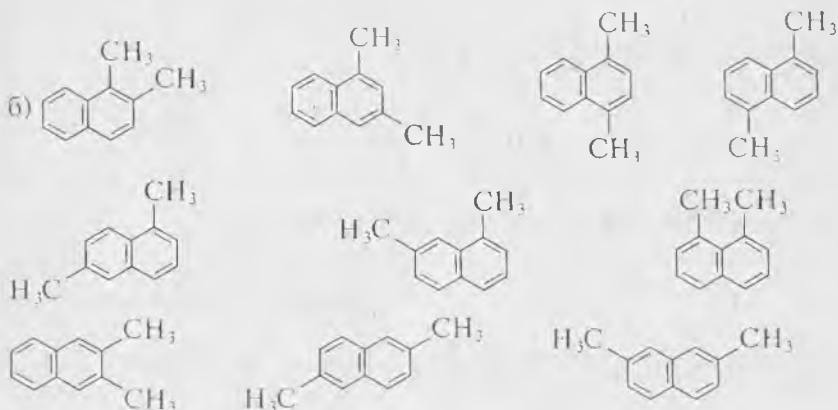
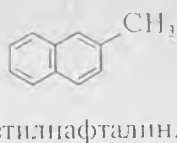
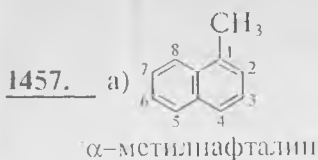


1, 3, 5-триметилбензол.

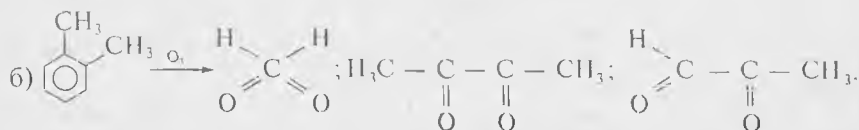
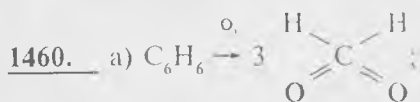


Повышенная устойчивость трифенилметил-аниона и трифенилметил-катиона объясняется рассредоточением заряда метанового атома углерода между всеми о- и п- углеродными атомами бензольных ядер.





1459. а) У антрацена возможны три монозамещенных производных;
 б) у фенантрена возможны пять монозамещенных производных.



АРОМАТИЧНОСТЬ

1461. б), в), г).

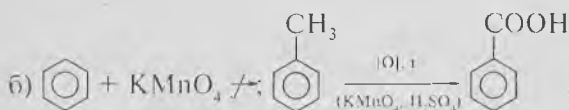
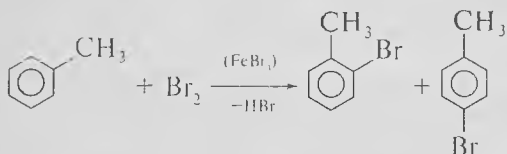
1462. д).

1463. б), в).

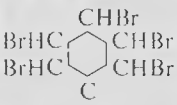
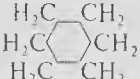
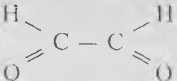
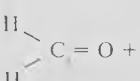
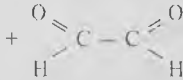
1464. а), в), г).

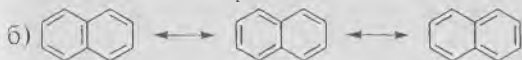
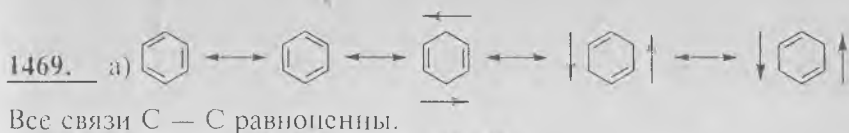
1465. а), б), г).

1466. а), б), г).

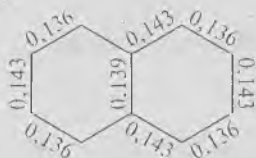


1468.

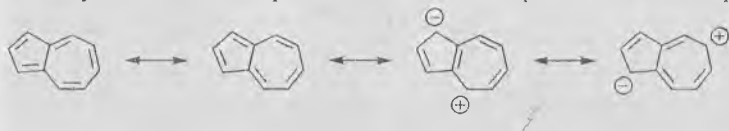
N	C ₆ H ₆		H ₂ C=CH-CH=CH-CH=CH ₂	
	реагенты	продукты	реагенты	продукты
1	HNO ₃ + H ₂ SO ₄ , t	нитробензол 	HNO ₃ + H ₂ SO ₄ , t	смесь продуктов окисления и полимеризации
2	Br ₂ /FeBr ₃	бромбензол 	} Br ₂ , < 10 °C	1,6-дибром-2,4-гексадиен
3	Br ₂ ; hν	гексабромциклогексан 		BrH ₂ C-CH = =CH-CH= =CH-CH ₂ Br
4	H ₂ /Ni, t, P	циклогексан 	H ₂ /Ni, t, P	n-гексан H ₃ C(CH ₂) ₄ CH ₃
5	O ₃ ; H ₂ O(Zn)		O ₃ ; H ₂ O (Zn)	 + 



Длины связей С — С в нафталине, нм:



1470. Азулен — ароматический углеводород, высокий дипольный момент связан с тем, что строение молекулы можно представить совокупностью нейтральных и ионных резонансных структур:

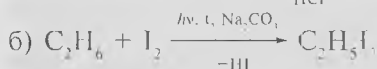
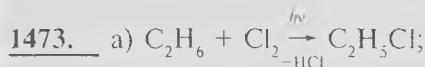
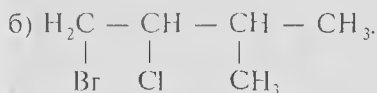
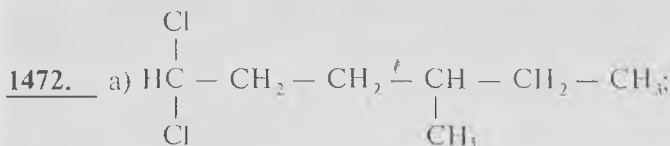


ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ АЛКАНОВ

1471. а) 3-Йод-3-метилгексан;

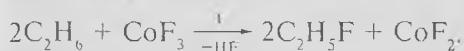
б) 1-хлор-2,2-диметилпентан;

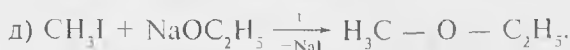
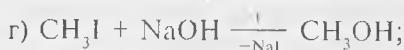
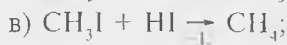
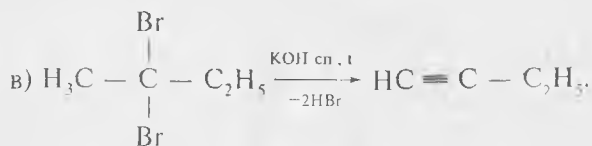
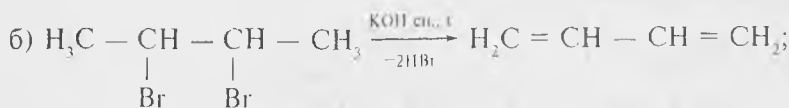
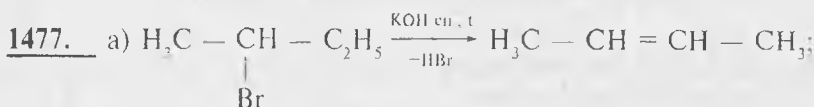
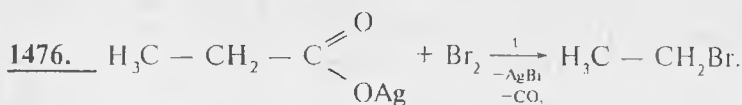
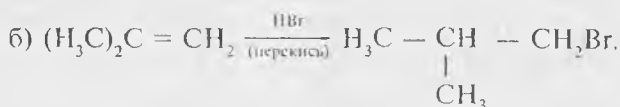
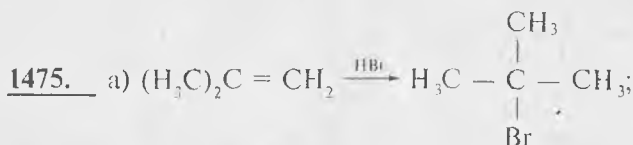
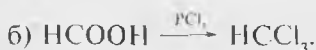
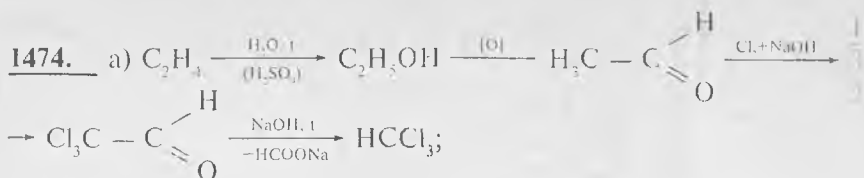
в) 1,2-дифтор-2-метилбутан.

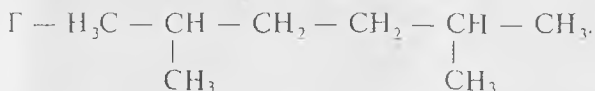
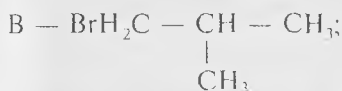
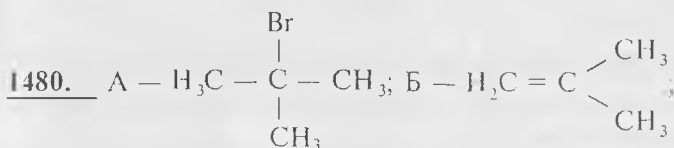
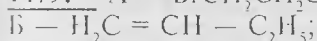


Na_2CO_3 необходим для связывания выделяющегося HI ;

в) прямое фторирование приводит к разрушению молекул углеводорода; лучше воспользоваться трифторидом кобальта:







РЕАКЦИИ НУКЛЕОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ И ОТШЕПЛЕНИЯ

1481. а) Br^- . Хотя Br^+ и Br^- несут неподеленные электронные пары и могут, вообще говоря, выступать донорами электронов, очень трудно представить условия, в которых эти частицы ведут себя как нуклеофилы. В общем случае нуклеофилы — это молекулы или анионы, способные быть донорами электронной пары;

б) H_2O ; OH^- ; в) NH_3 , NH_2^- .

1482. Если атакующий атом в нуклеофилах один и тот же, нуклеофильность растет с ростом основности реагента. Если нуклеофильные центры разные, то сила нуклеофила тем больше, чем больше поляризуемость.

а) $\text{H}_2\text{O} < \text{OH}^- < \text{H}_3\text{CO}^-$;

б) $\text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$;

в) $\text{NH}_3 < \text{H}_3\text{CNH}_2 < \text{NH}_2^- < \text{H}_3\text{CNH}_2^-$.

1483. $\frac{dc(\text{CH}_3\text{OH})}{dt} = V = r \cdot c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{CH}_3\text{Br})$, где c — концентрации реагентов. Скорость увеличится в два раза.

1484. Концентрацию катиона $(\text{H}_3\text{C})_3\text{C}^+$ можно считать малой постоянной величиной (принцип квазистационарных концентраций).

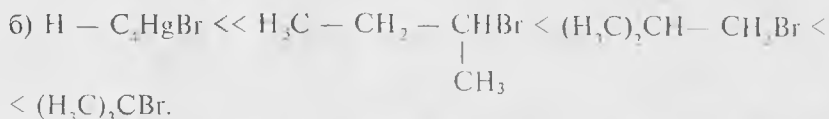
Тогда $0 = \frac{dc((\text{CH}_3)_3\text{C}^+)}{dt} = k_1 \cdot c((\text{CH}_3)_3\text{CCl}) - k_{-1}c((\text{CH}_3)_3\text{C}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) - k_2 \cdot c((\text{CH}_3)_3\text{C}^+) \cdot c(\text{X}^-)$, откуда $c((\text{CH}_3)_3\text{C}^+) = \frac{k_1 \cdot c((\text{CH}_3)_3\text{CCl})}{k_{-1} \cdot c(\text{Cl}^-) + k_2 \cdot c(\text{X}^-)}$.

$$dc((\text{CH}_3)_3\text{C}^+)/dt = v = k_1 \cdot c((\text{CH}_3)_3\text{CCl}) \frac{k_2 \cdot c(\text{X}^-)}{k_{-1} \cdot c(\text{Cl}^-) + k_2 \cdot c(\text{X}^-)}$$

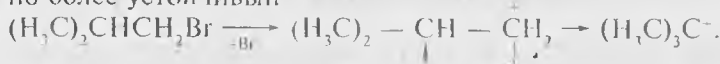
При $k_1 \cdot c(\text{Cl}^-) \ll k_2 \cdot c(\text{X}^-)$ (например, при избытке X^-) выражение упрощается:

$$v = k_1 \cdot c((\text{CH}_3)_3\text{CCl}).$$

1485. а) $(\text{H}_3\text{C})_3\text{CBr}$ и $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH} - \text{CH}_2\text{Br}$ содержат объемные заместители у α -атома углерода и практически не вступают в реакции, протекающие по механизму S_N2 ;

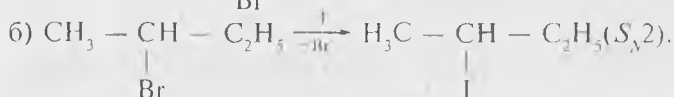
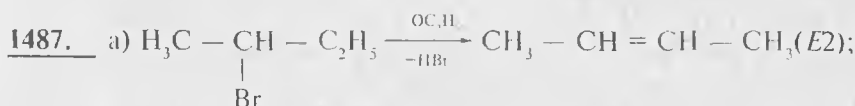


При диссоциации $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHCH}_2\text{Br}$ образуется неустойчивый первичный карбокатион, который перегруппировывается в значительно более устойчивый



1486. а) Бензол — неполярный растворитель, в нем *трет*-бутилхлорид не может диссоциировать на ионы. Реакции по механизму S_N1 происходить не будут;

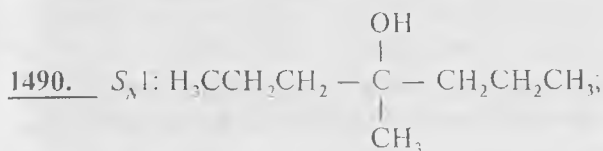
б) муравьиная кислота — растворитель полярный, способствующий диссоциации на ионы. Дополнительный фактор, благоприятствующий диссоциации — сольватация хлорид-иона молекулами муравьиной кислоты за счет образования водородных связей. Реакции замещения по механизму S_N1 происходить будут.



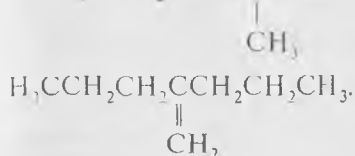
1488.

	Молярная доля алкена, %	
	$(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH}=\text{CH}_2$	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_5$
а	70	30
б	30	70
в	20	80
г	10	90

1489. Поскольку алкен и спирт образуются из карбокатиона $(H_3C)_3C^+$, соотношение между их количествами веществ мало зависит от природы уходящей группы.



$E1$: $H_3CCH_2CH = \overset{\overset{CH_3}{|}}{C} - CH_2CH_2CH_3$ (основной продукт),



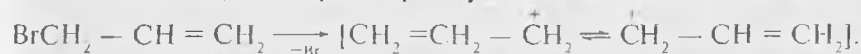
НЕНАСЫЩЕННЫЕ ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

1491. Винилбромид (бромэтен) инертен в реакциях S_N1 и S_N2 , что объясняют повышенной прочностью связи углерод-галоген в винильных производных.

Бромбензол подобен винилбромиду в этом отношении.

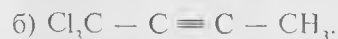
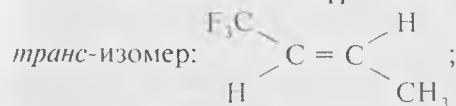
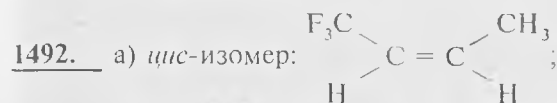
Следовательно, соединение а), г) в реакциях нуклеофильного замещения обладают низкой реакционной способностью.

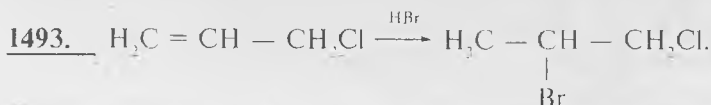
Промежуточным соединением при реакции аллилбромида $BrCH_2 - CH = CH_2$ ($-CH_2 - CH = CH_2$ — радикал аллия) является катион, в котором заряд существенно делокализован:



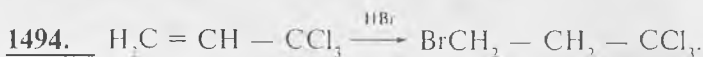
Следовательно, для аллилбромида характерны реакции по механизму S_N1 .

Тройная связь оказывает примерно такое же влияние, как и двойная, и $HC \equiv C - CH_2Br$ тоже будет активен в реакциях по S_N1 механизму.

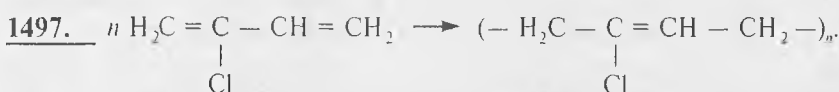
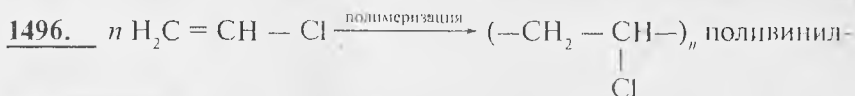
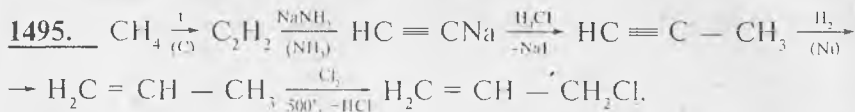




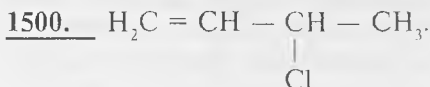
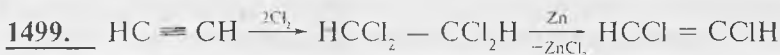
Присоединение происходит согласно правилу Марковникова.



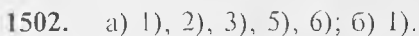
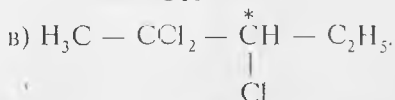
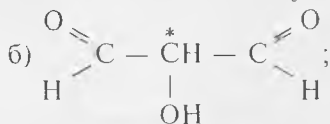
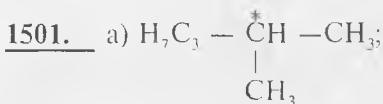
Из-за сильного -I-эффекта (индуктивного эффекта) группы $-\text{CCl}_3$ присоединение происходит против правила Марковникова.



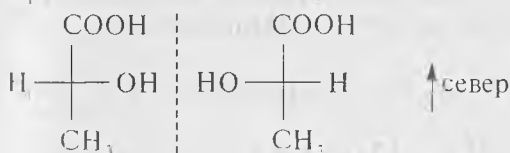
1498. При действии AgNO_3 на спиртовые растворы хлорпропенов только в случае 3-хлор-1-пропена почти мгновенно образуется осадок AgCl .



ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

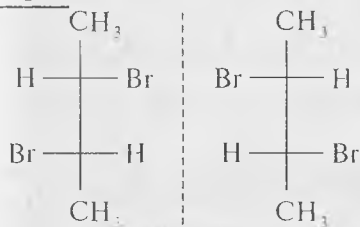


1503. Для получения проекционной формулы Фишера следует:
 — сориентировать формулу молекулы так, чтобы асимметрический атом углерода находился в плоскости рисунка;
 — расположить углеродную цепь за плоскость рисунка с севера на юг (атом углерода, имеющий первый номер при названии соединения по международной номенклатуре, должен находиться сверху):
 — «сплющить» молекулу.

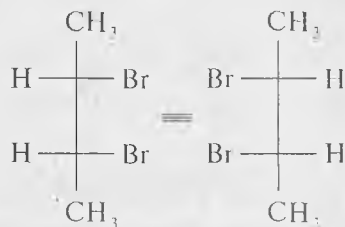


1504. а) IV; б) I, II, III.

1505.



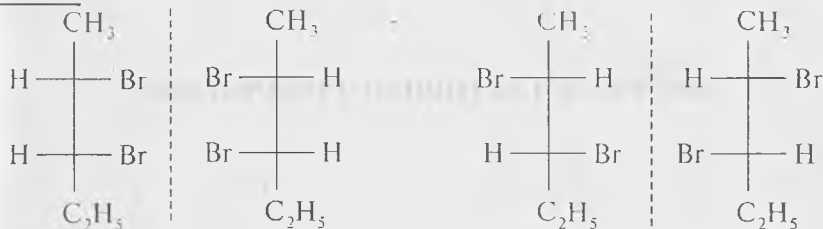
энантиомеры,
оптически активны



диастереомер,
оптически неактивен

Оптически неактивный изомер 2,3-дибромбутана (*мезо*-2,3-дибромбутан) обладает плоскостью симметрии.

1506.



энантиомеры

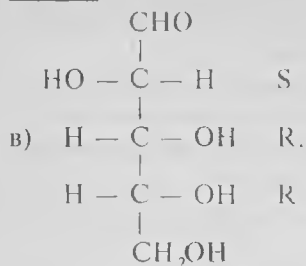
диастереомеры

энантиомеры

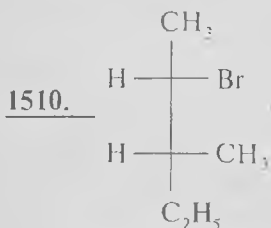
Все изомеры оптически активны.

1507. Br, SO₃H, SCH₃, OCH₃, NHCH₃, CCl₃, CONH₂, CH₂OCH₃, CH₂OH.

1508. а) S; б) S;



1509. а) R; б) S; в) R.



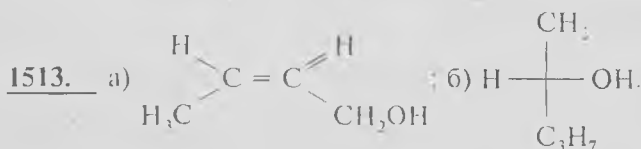
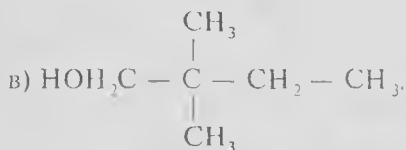
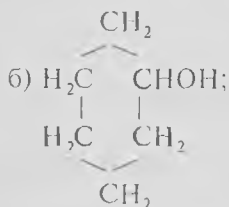
НОМЕНКЛАТУРА И СИНТЕЗ СПИРТОВ

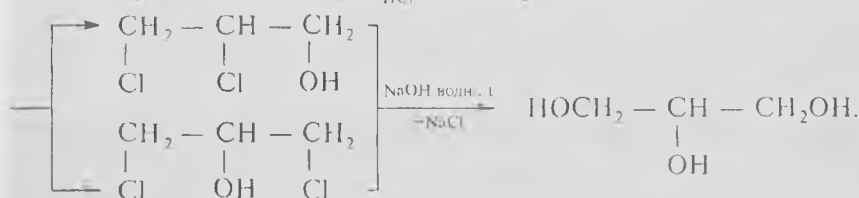
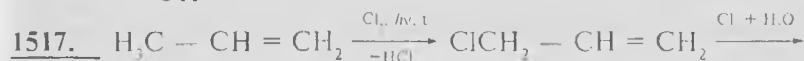
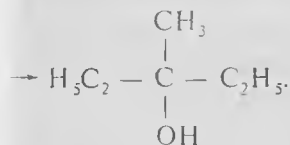
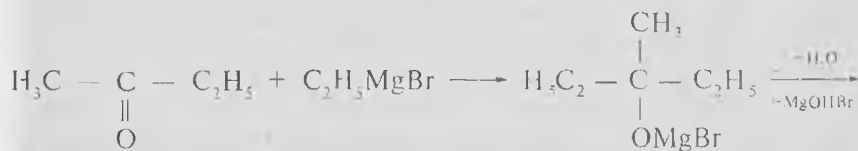
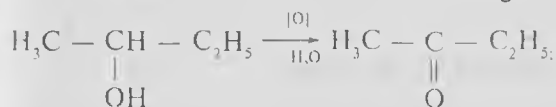
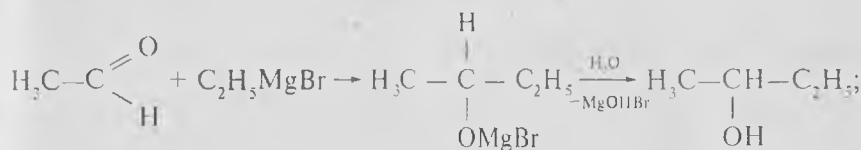
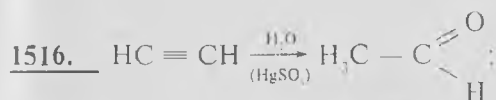
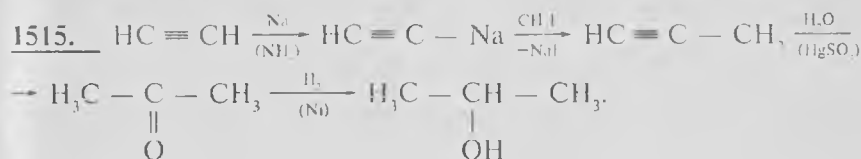
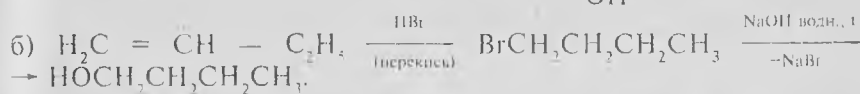
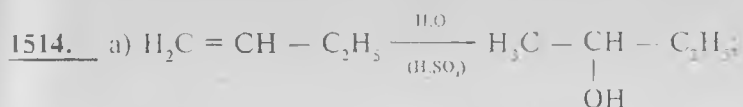
1511. а) 3-Метил-2-пентанол;

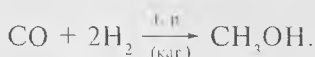
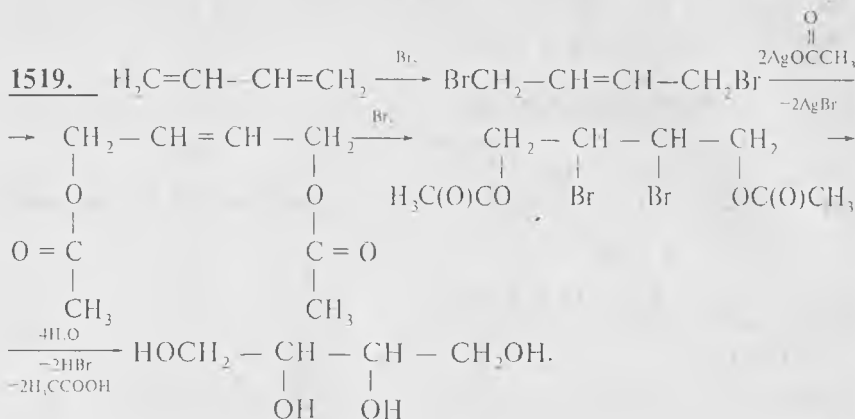
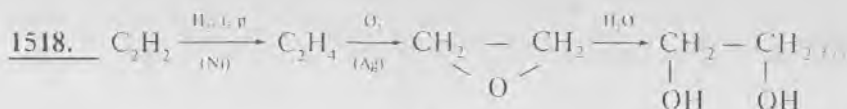
б) 1, 2, 3-бутантриол;

в) 2-метил-2-пропанол.

1512. а) $\text{H}_2\text{C} = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$;







СВОЙСТВА СПИРТОВ

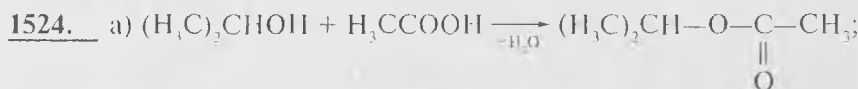
1521. Вещества, в состав которых входит гидроксильная группа, ассоциированы за счет образования водородных связей. Увеличение температур кипения в ряду одноатомный спирт < двухатомный < трехатомный вызвано необходимостью разрывать все большее число водородных связей при переходе молекул в газовую фазу.

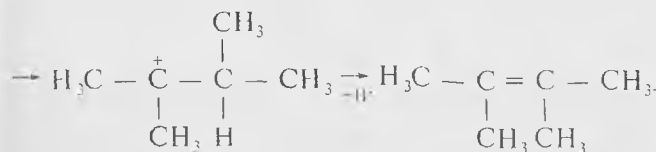
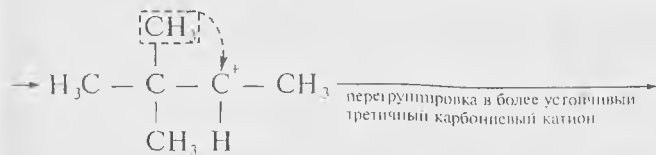
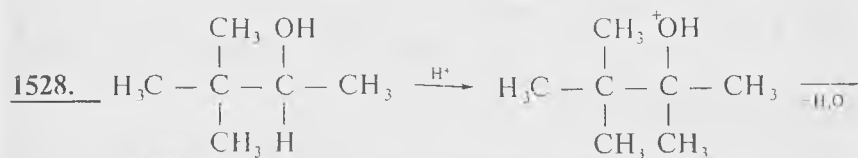
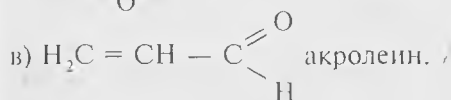
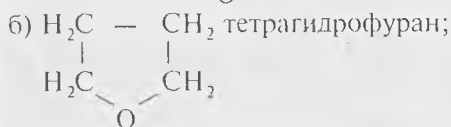
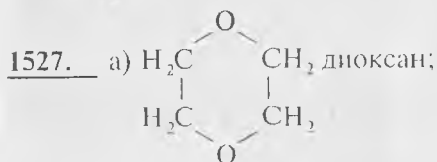
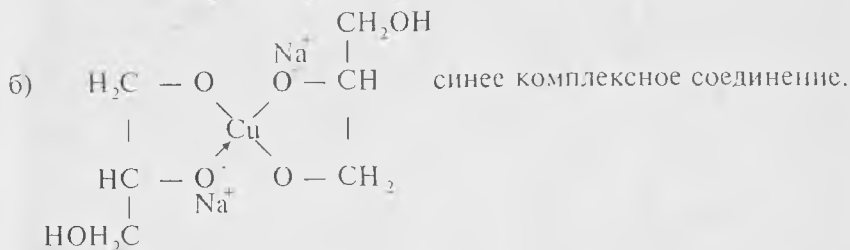
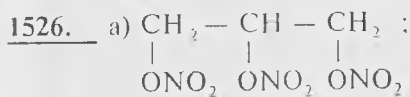
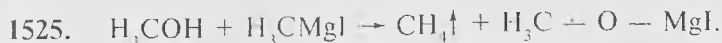
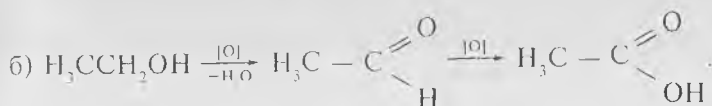
1522. В пробирки следует добавить раствор ZnCl_2 в концентрированной хлорводородной кислоте (проба Лукаса). В результате реакции получается нерастворимый алкилхлорид:

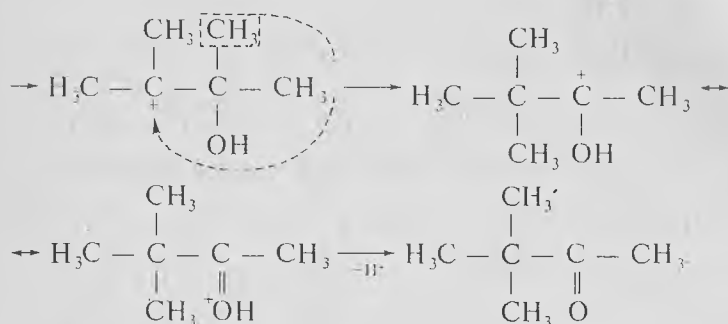
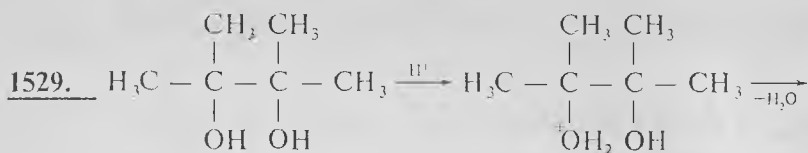


Третичные спирты реагируют мгновенно, вторичные — лишь при нагревании.

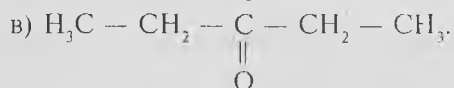
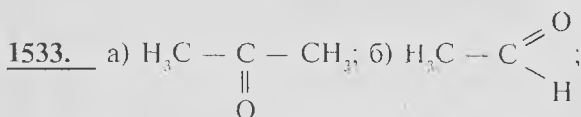
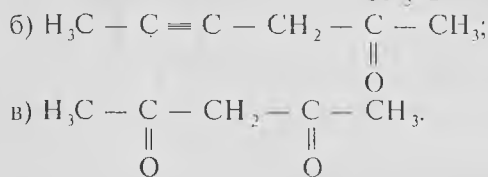
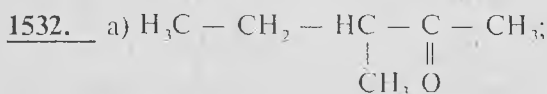
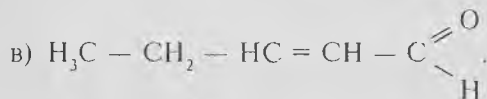
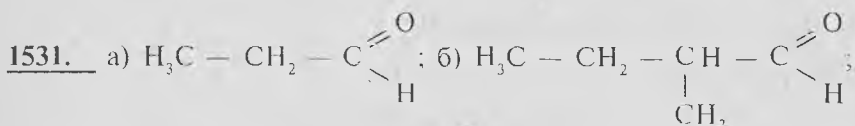
1523. а) $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHCl}$; б) $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHBr}$; в) $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$; г) $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHONa}$.

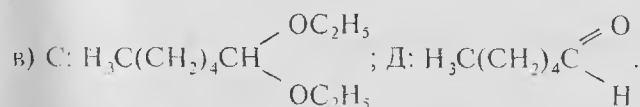
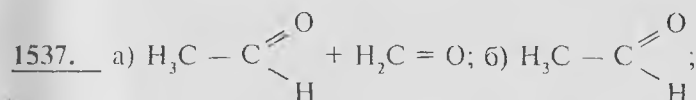
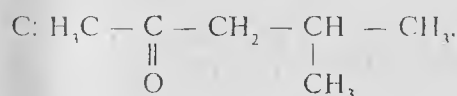
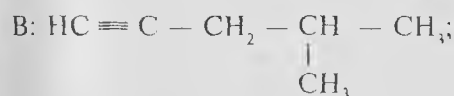
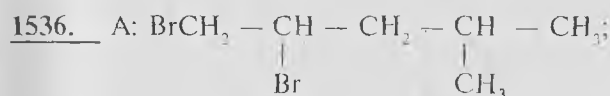
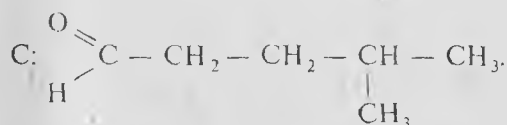
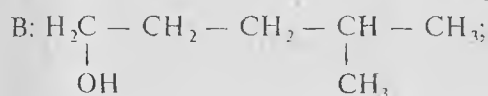
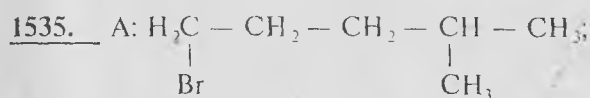
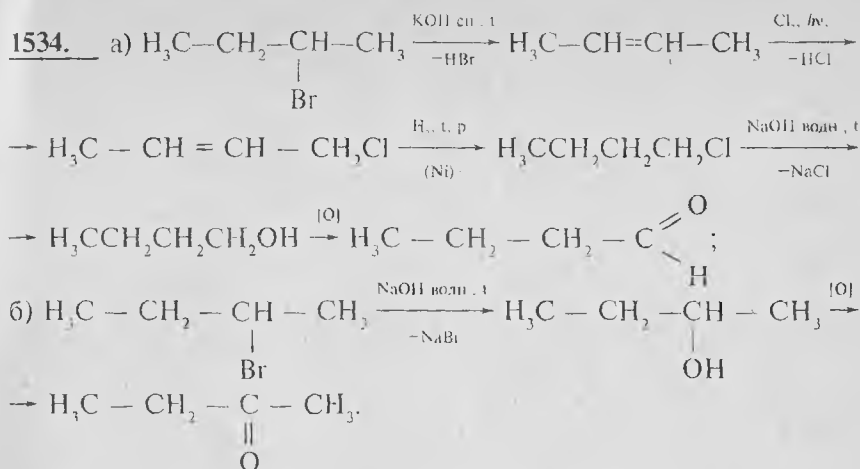


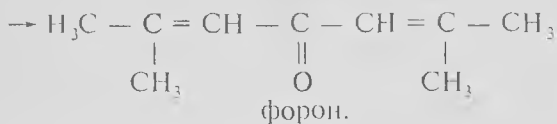
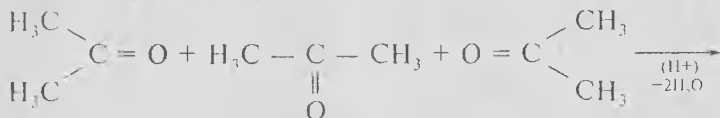
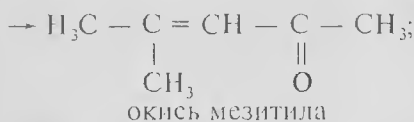
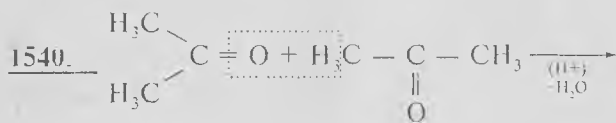
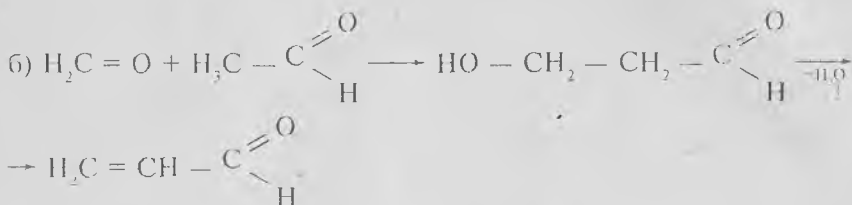
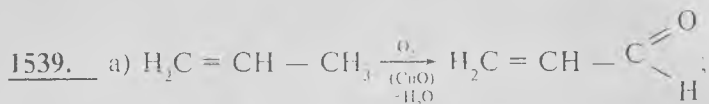
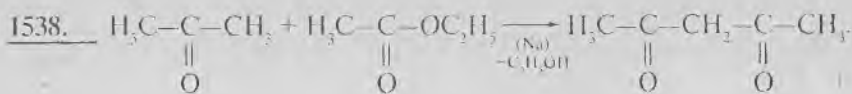




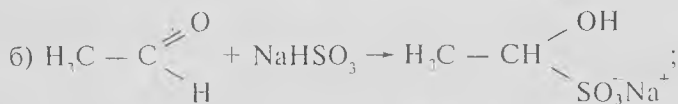
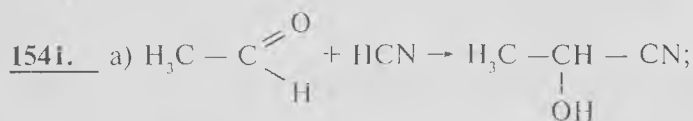
НОМЕНКЛАТУРА И СИНТЕЗ АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

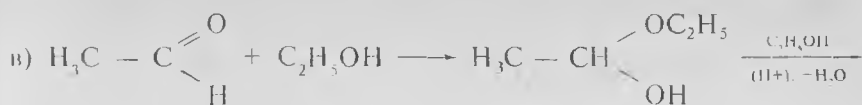




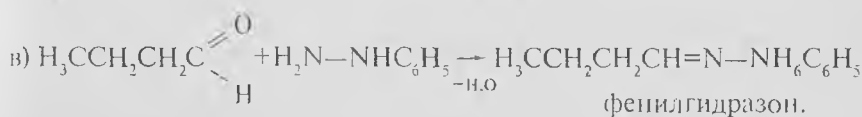
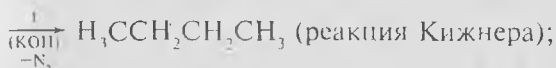
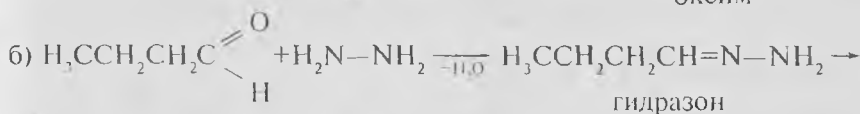
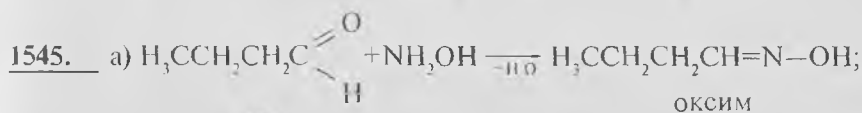
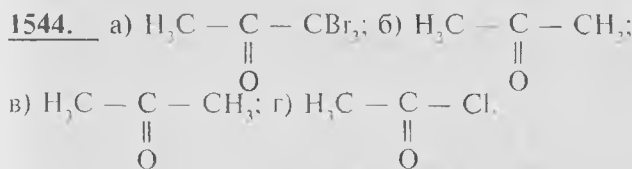
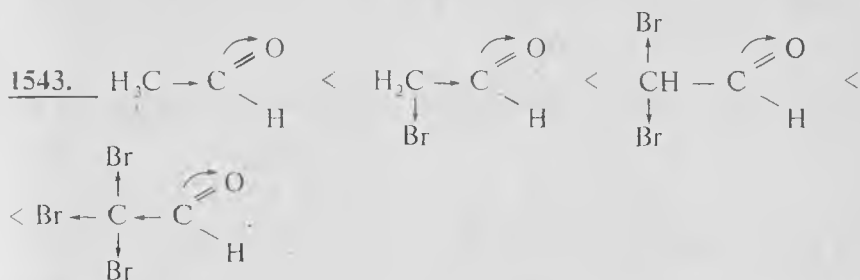
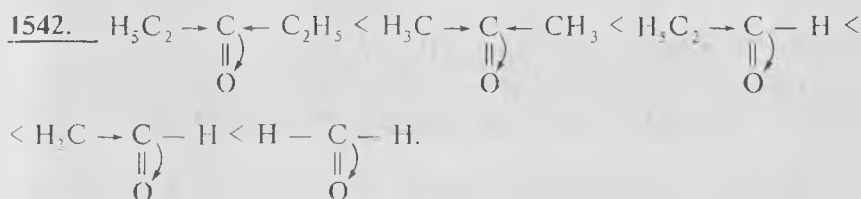
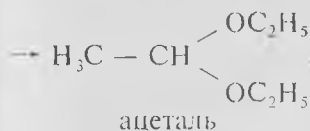


СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ: РЕАКЦИИ КАРБОНИЛЬНОЙ ГРУППЫ

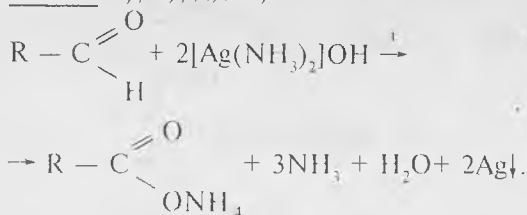




полуацеталь

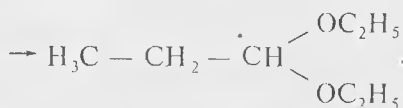
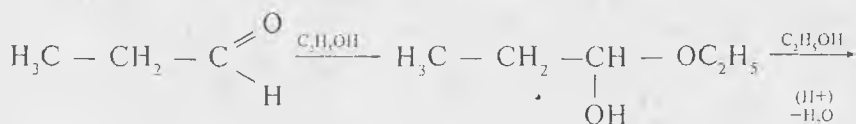
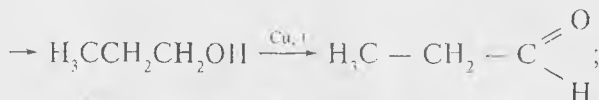
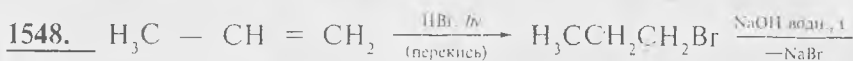


1546. б), в), д), ж).



1547. а) $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHOH}$; б) $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$;

в) $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$; г) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$.



1549. А: $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{O}}{\overset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$; Б: $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHOH}$;

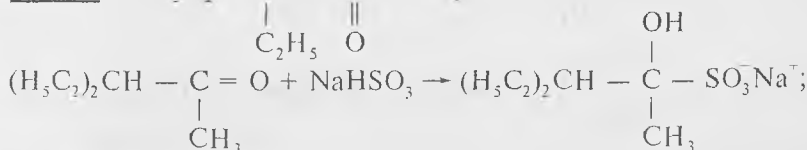
В: $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHBr}$; Г: $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHMgBr}$;

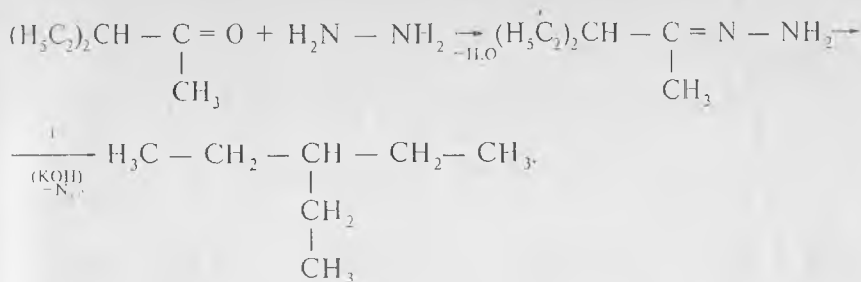
Д: $\text{H}_2\text{C}-\underset{\text{OMgBr}}{\text{CH}}(\text{CH}_3)_2$; Е: $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$;

Ж: $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array}$;

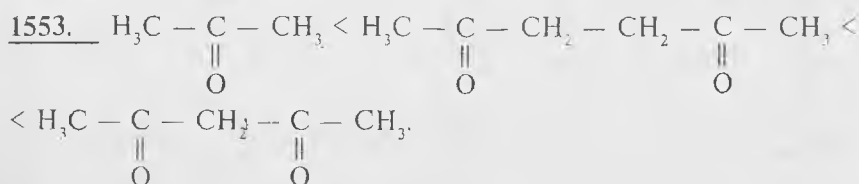
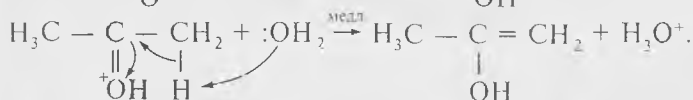
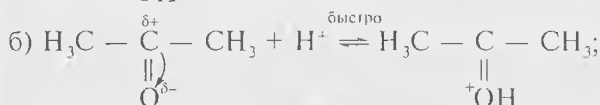
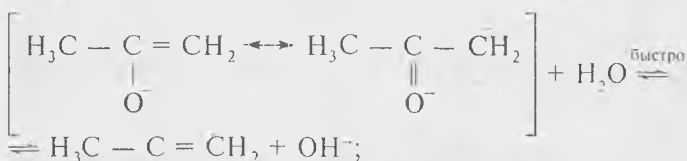
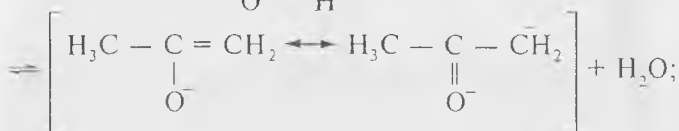
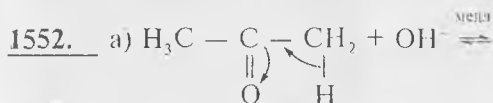
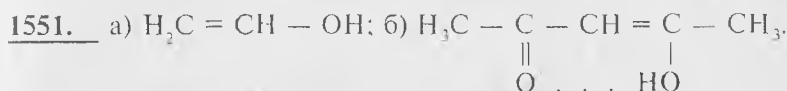
З: $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CH}-\text{CH}=\text{N}-\text{OH}$.

1550. X: $\text{H}_3\text{C}_2-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\underset{\text{O}}{\overset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$;



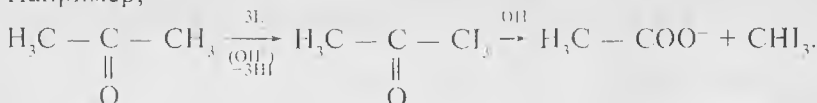


**СВОЙСТВА АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ:
РЕАКЦИЙ С УЧАСТИЕМ ЗАМЕЩАЮЩИХ ГРУПП
И ПОЛИКАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

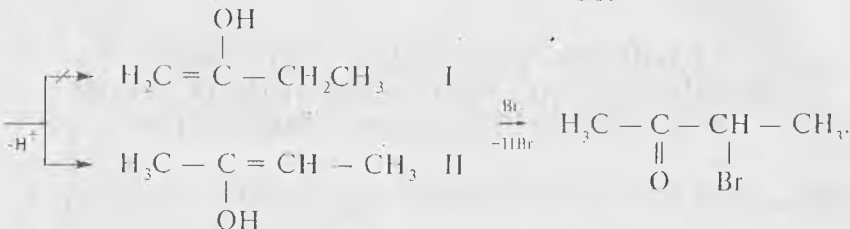
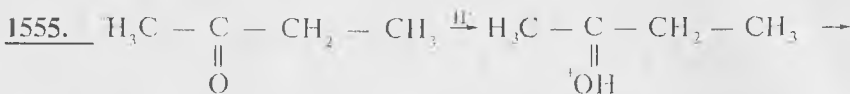


1554. б), в), г), д).

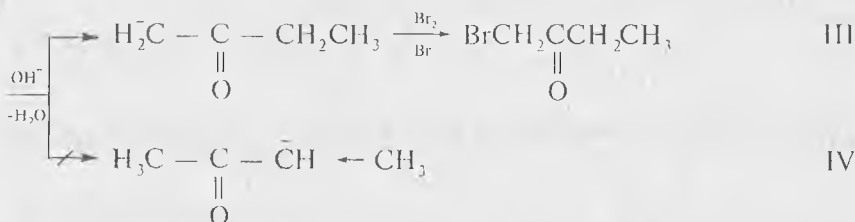
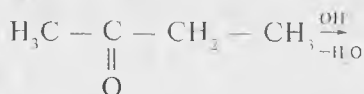
Например,



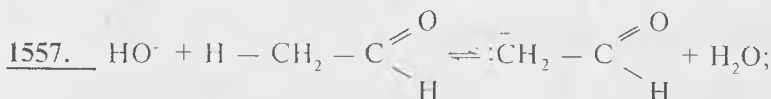
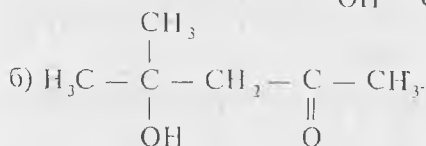
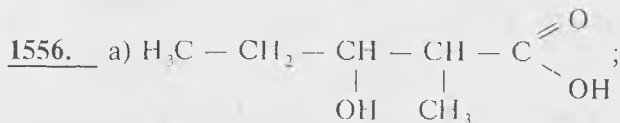
йодоформ

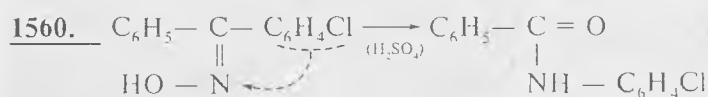
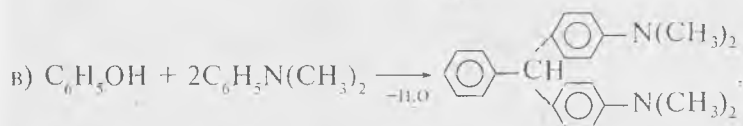
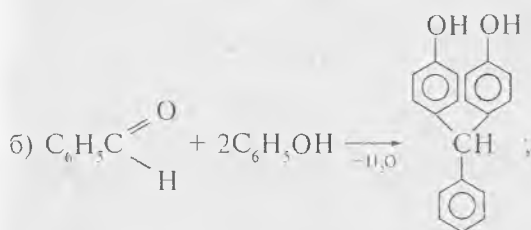
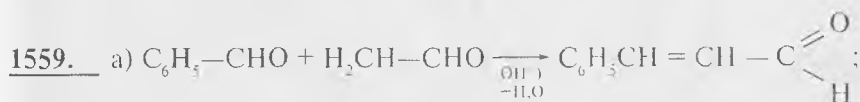
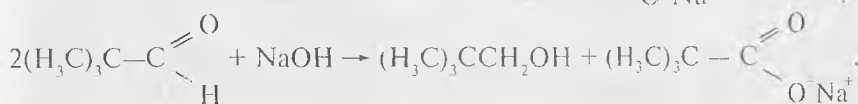
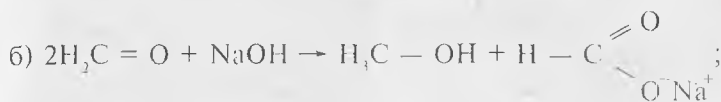
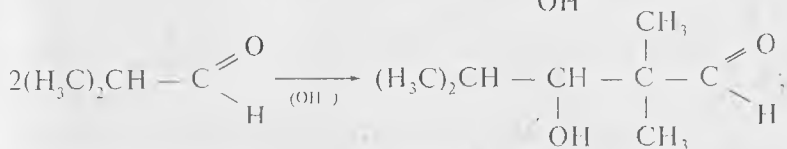
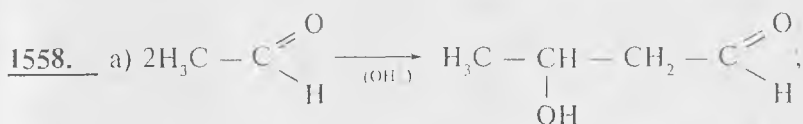
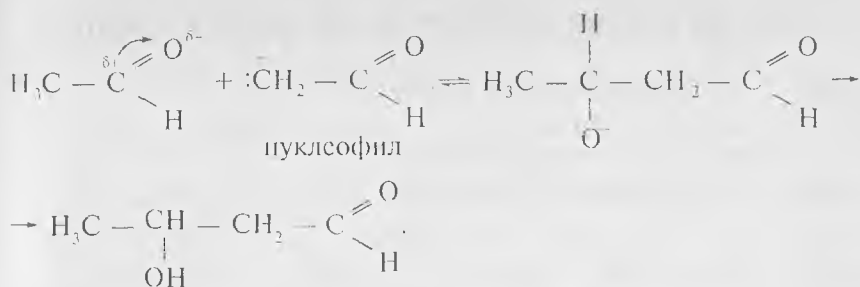


Енол II с максимальным числом заместителей у связи $>\text{C}=\text{C}<$ более устойчив, чем енол I.



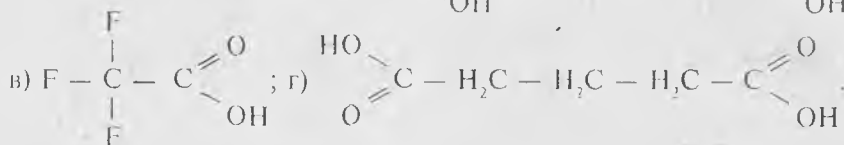
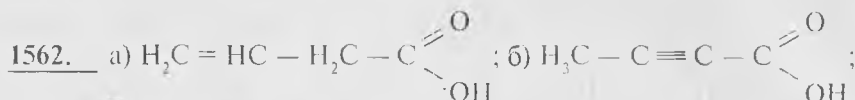
Из-за положительного индуктивного эффекта (+I) метильной группы анион IV менее устойчив, чем анион III.



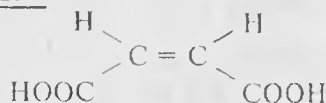


СИНТЕЗ И НОМЕНКЛАТУРА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

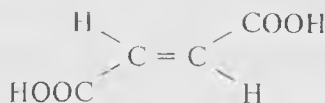
1561. а) 2-Метилбутановая кислота;
 б) 3-метилбутановая кислота;
 в) 2,2-диметилпропановая кислота;
 г) пропенная (акриловая) кислота.



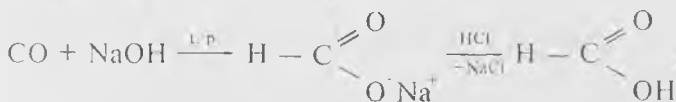
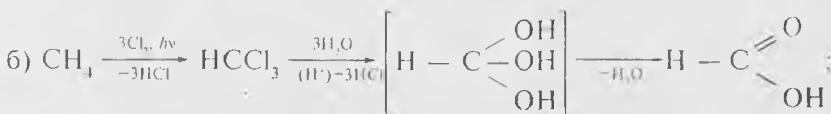
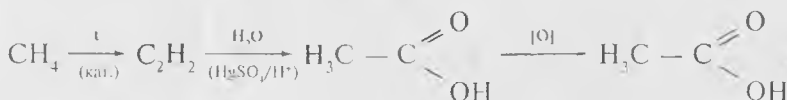
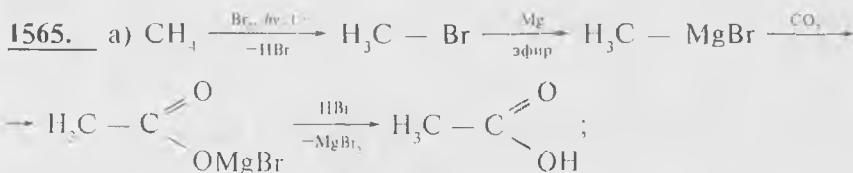
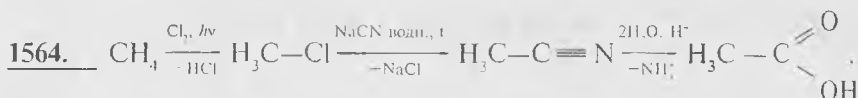
1563.

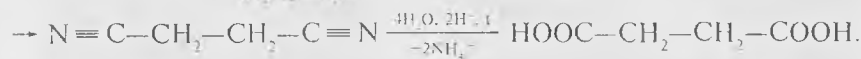
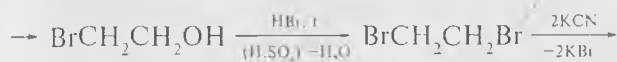
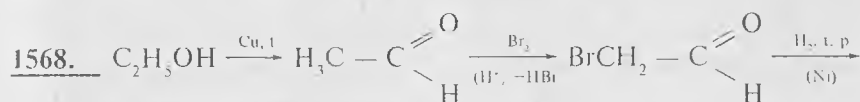
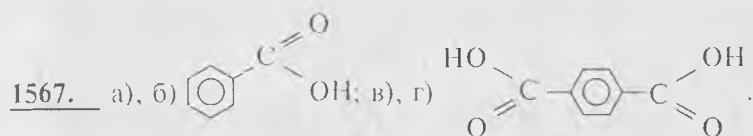
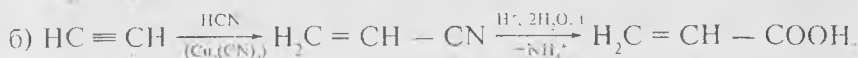
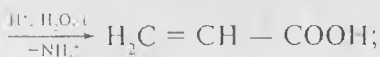
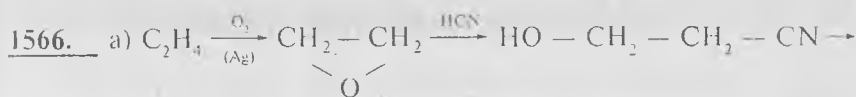


цис-изомер
маленная кислота

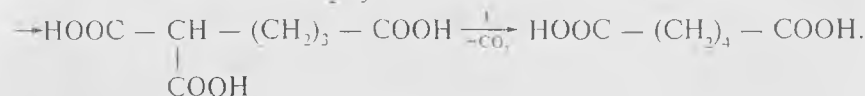
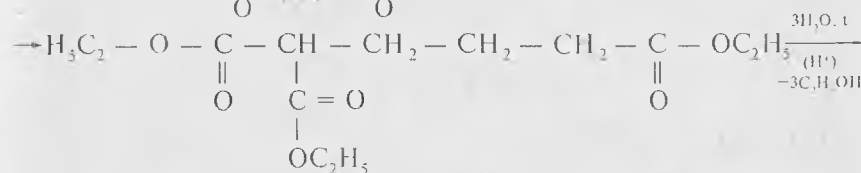
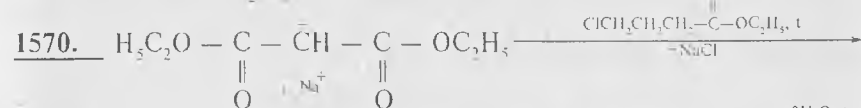
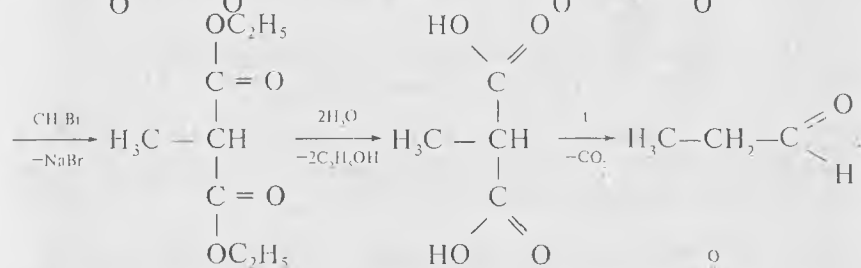
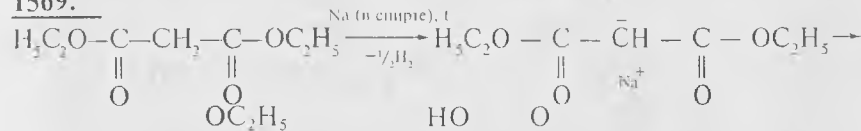


транс-изомер
фумаровая кислота





1569.

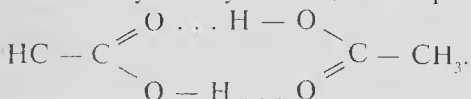


СВОЙСТВА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

1571. $(\text{H}_3\text{C})_2\text{CHCOOH} < \text{HCOOH} < \text{HOOCCH}_2\text{COOH}$.

1572. $\text{FCH}_2\text{COOH} > \text{ClCH}_2\text{COOH} > \text{BrCH}_2\text{COOH} > \text{ICH}_2\text{COOH}$.

1573. Из-за образования водородных связей молекулы уксусной кислоты существуют в виде димеров:



1574. а) $\text{H}_5\text{C}_2\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{H}_5\text{C}_2\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$,

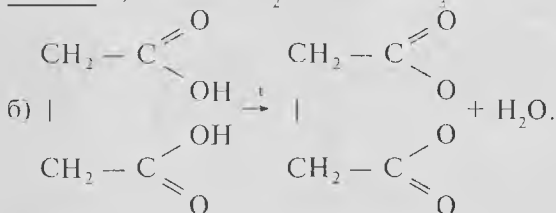
б) $2\text{H}_5\text{C}_2\text{COOH} + \text{Zn} = (\text{H}_5\text{C}_2\text{COO})_2\text{Zn} + \text{H}_2\uparrow$;

в) $2\text{H}_5\text{C}_2\text{COOH} + \text{CaCO}_3 = (\text{H}_5\text{C}_2\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;

г) $\text{H}_5\text{C}_2\text{COOH} + \text{H}_3\text{CMgl} = \text{H}_5\text{C}_2\text{COOMgl} = \text{CH}_4\uparrow$.

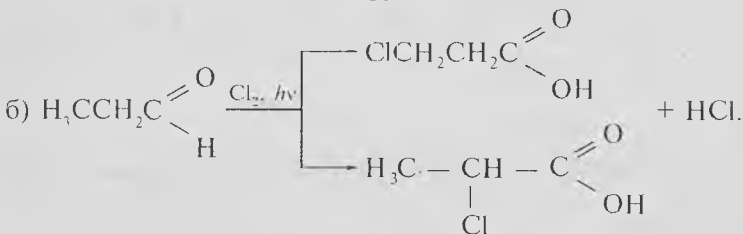
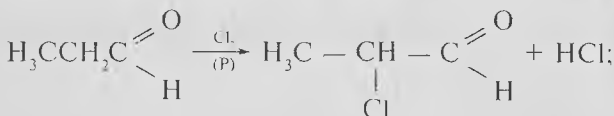
1575. а) $\text{H}_3\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{Cl} \end{array}$; б) $\text{H}_3\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{Cl} \end{array}$; в) $\text{H}_3\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{array} - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$.

1576. а) $\text{HOOCCH}_2\text{COOH} \xrightarrow{t} \text{H}_3\text{C} - \text{COOH} + \text{CO}_2$;



1577. Из-за пространственных затруднений интермедиат II не образуется и, значит, реакция этерификации не протекает. Продуктом взаимодействия будет $(\text{H}_3\text{C})_3\text{CCl}$.

1578. а) Реакция Гелля — Фольгарда — Зелинского:

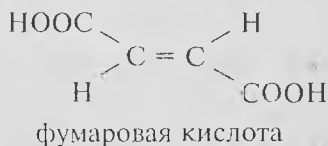
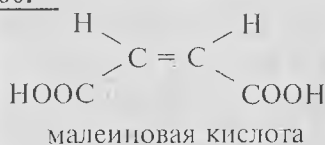


1579. а) Бромную воду обесцвечивает только $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$;

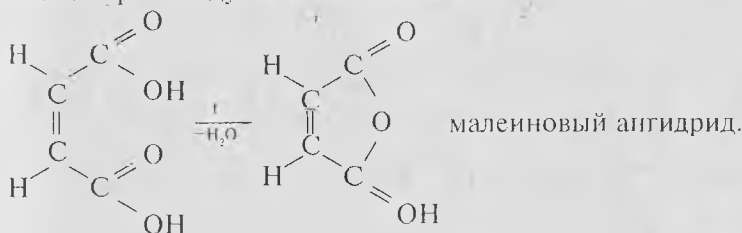
б) только $\text{H}-\text{C}=\text{C}(\text{H})-\text{COOH}$ дает реакцию серебряного зеркала;

в) $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{H})=\text{COOH}$ смешивается с водой, раствор приобретает кислую реакцию; $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{OC}_2\text{H}_5)=\text{COOH}$ в воде не растворяется.

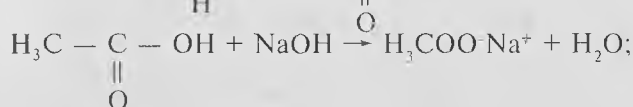
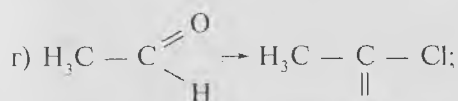
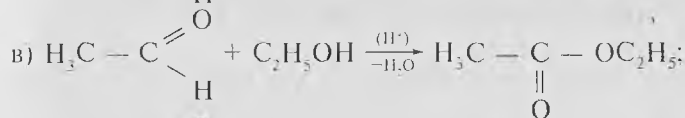
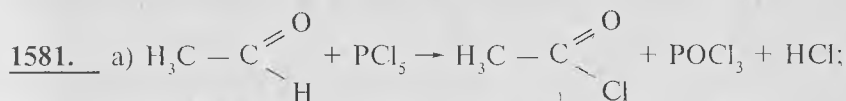
1580.

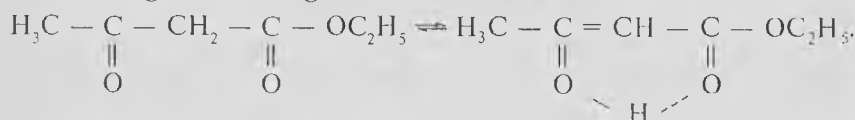
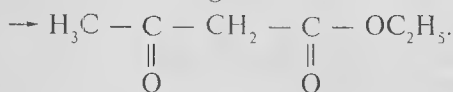
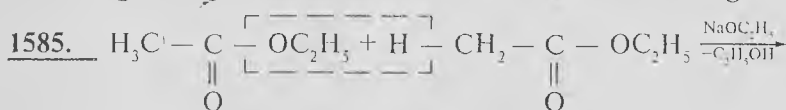
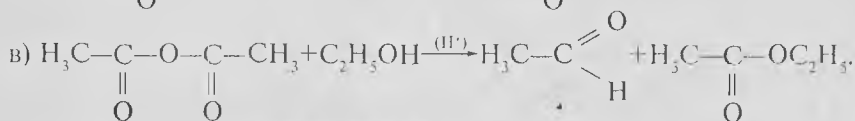
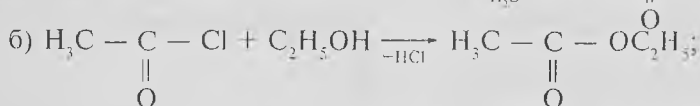
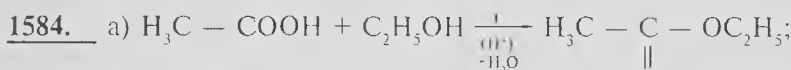
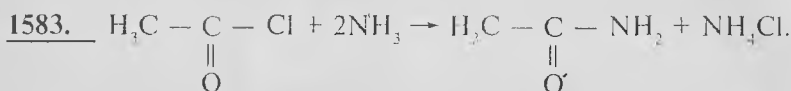
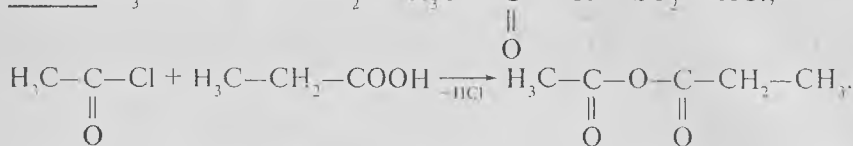
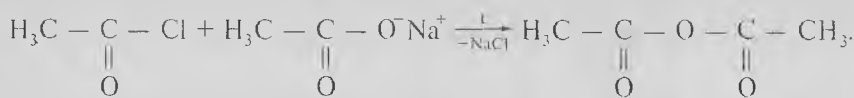


Легко теряет воду малеиновая кислота:



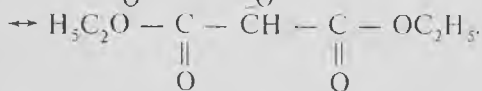
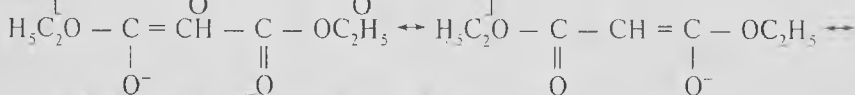
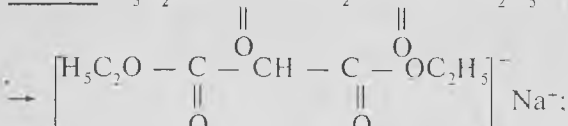
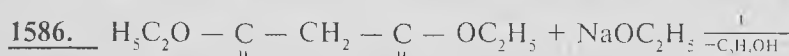
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

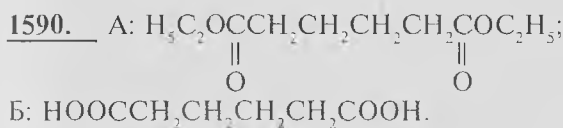
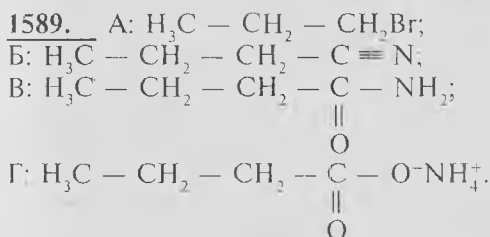
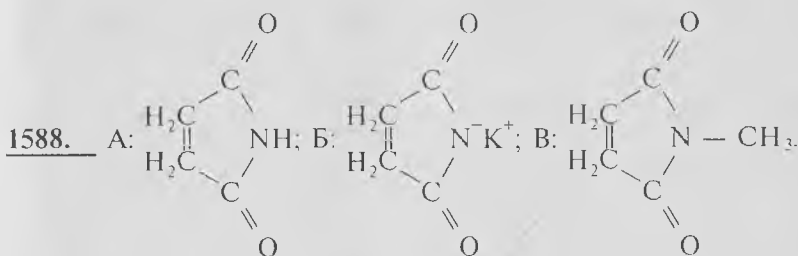
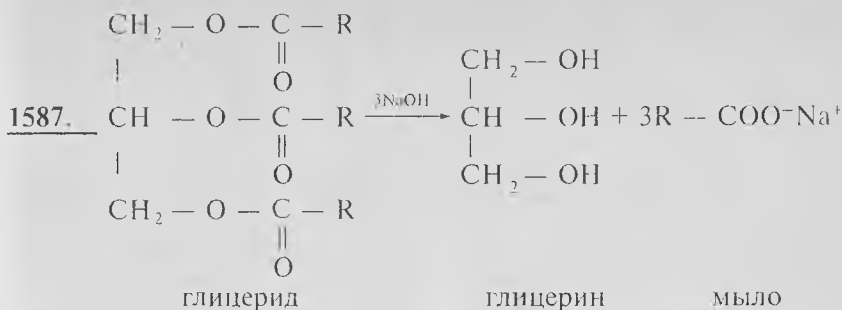




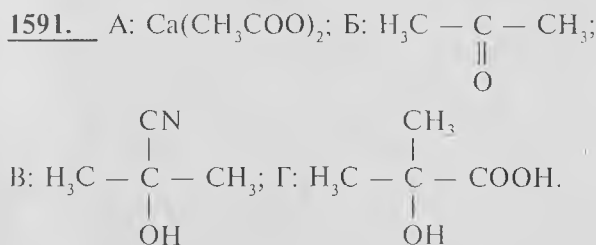
кето-форма

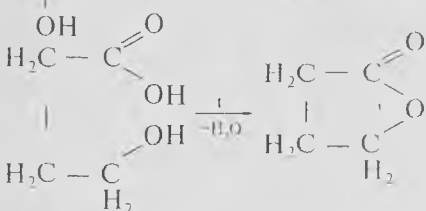
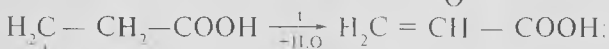
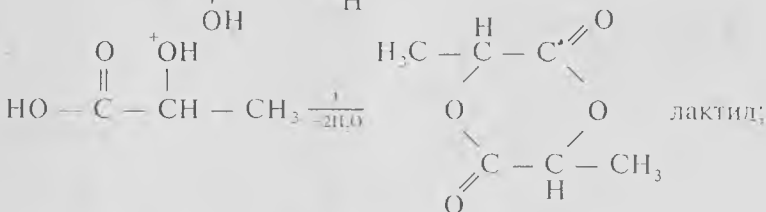
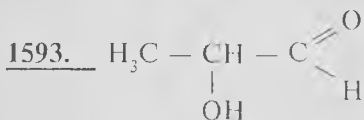
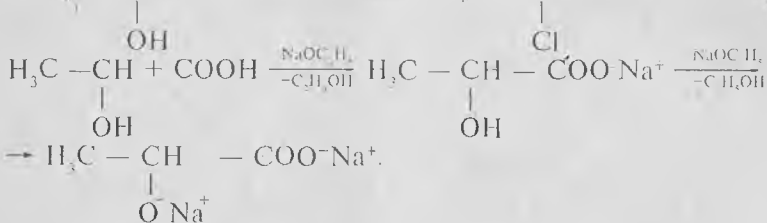
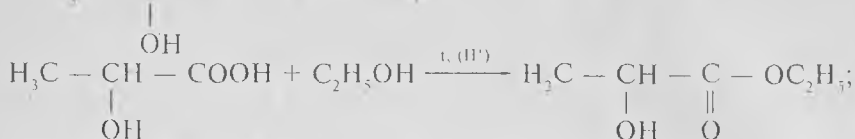
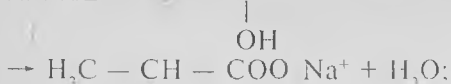
енольная форма



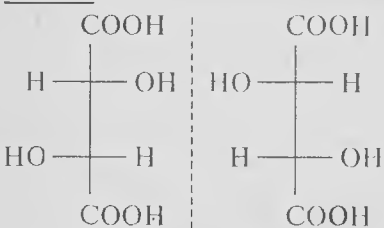


ОКСИКИСЛОТЫ. АМИНОКИСЛОТЫ

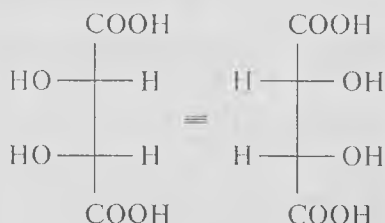




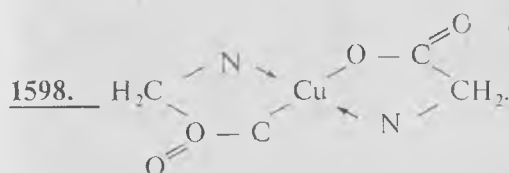
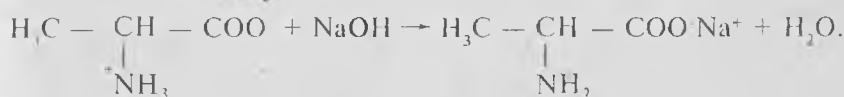
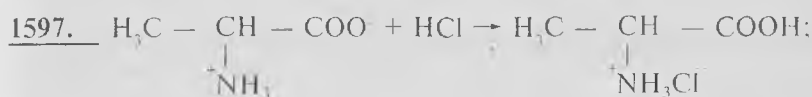
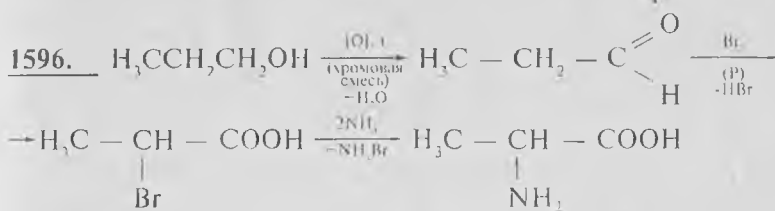
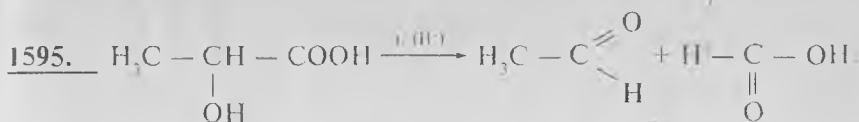
1594.



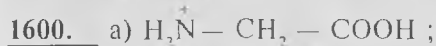
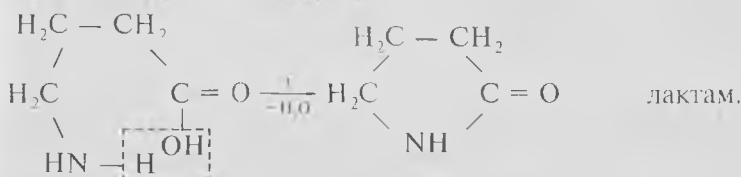
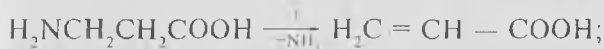
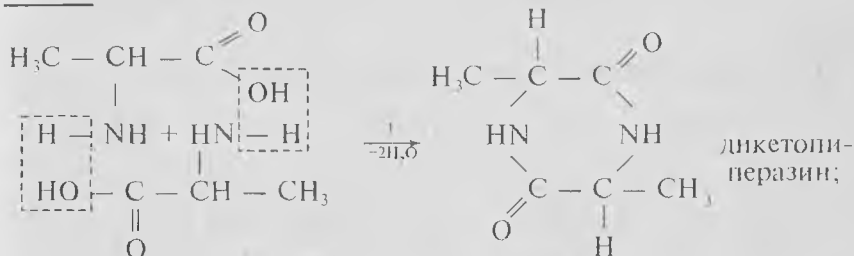
энантиомеры,
оптически активны



оптически недеятельная
мезовишная кислота

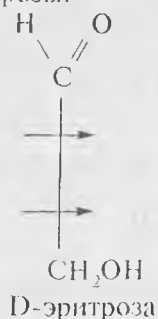


1599.

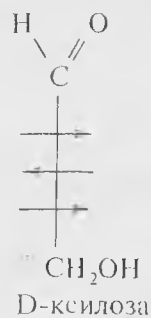


УГЛЕВОДЫ

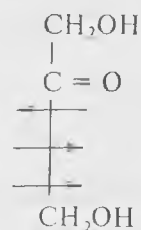
1601. D-тетрозы:



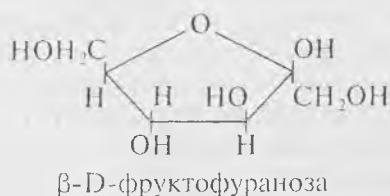
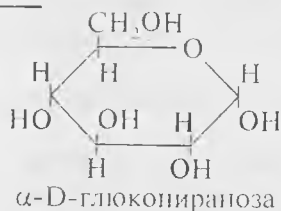
D-пентозы:

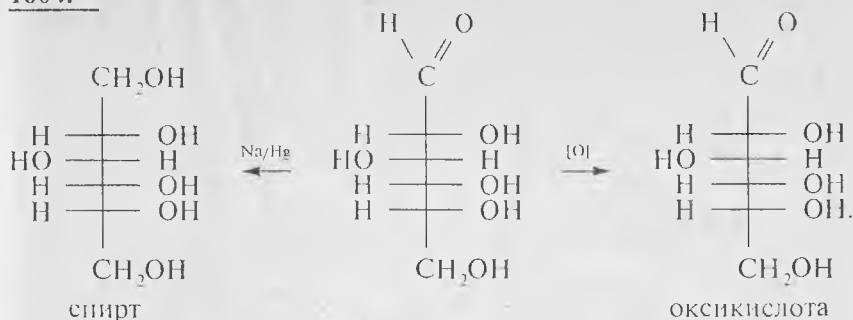


1602.

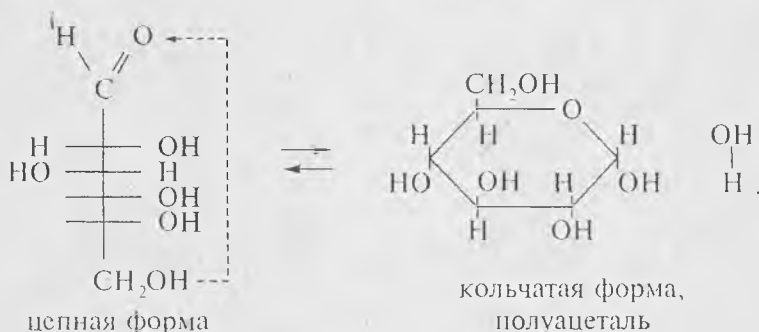


1603.

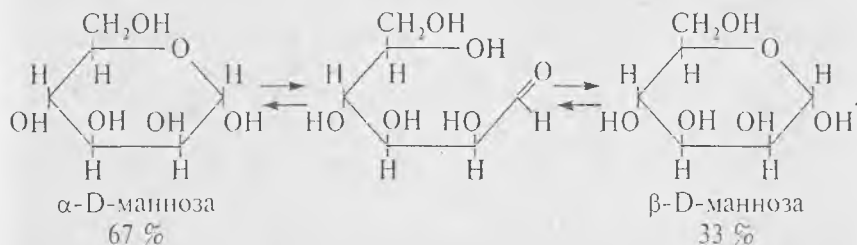




Окислителем может выступать реактив Толленса ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$), Фелингова жидкость ($\text{Cu}^{+2} \rightarrow \text{Cu}^{+1}$), бром и др.



1605. Речь идет о явлении *мутаротации*. В условиях равновесия:

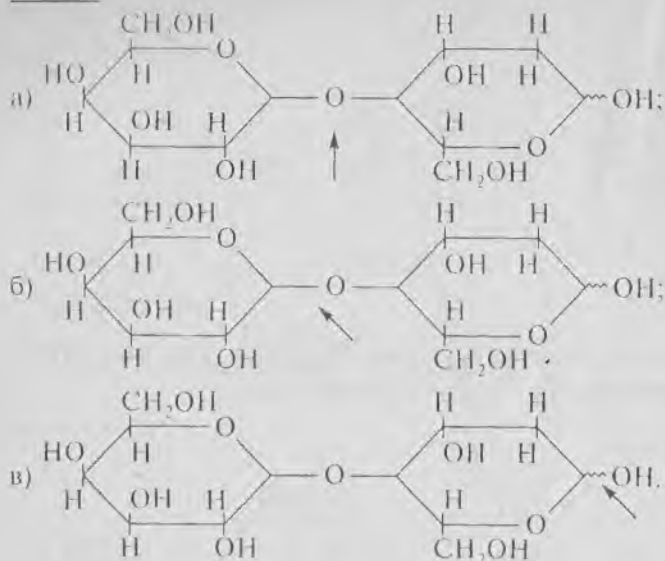


1606. Восстанавливающими являются сахара, дающие реакцию на оксогруппу вследствие существования таутомерного равновесия цепная форма $\rightleftharpoons$ кольчатая форма.

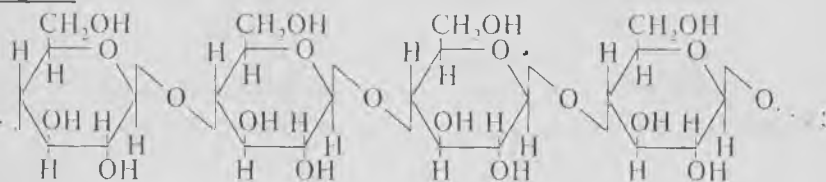
Из указанных дисахаридов восстанавливающими являются мальтоза, лактоза, целлобиоза.

При гидролизе дисахаридов получаются: а) D-глюкоза; б) D-глюкоза и D-фруктоза; в) D-глюкоза и D-галактоза; г) D-глюкоза.

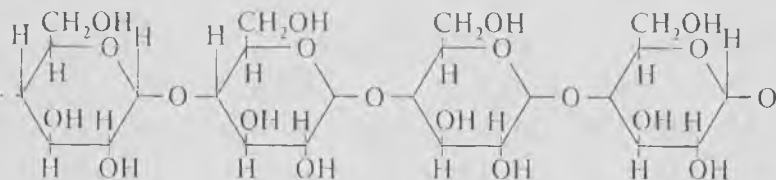
1607.



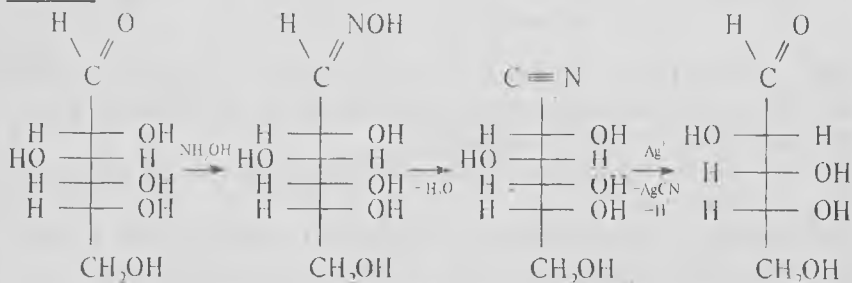
1608. Целлюлоза:



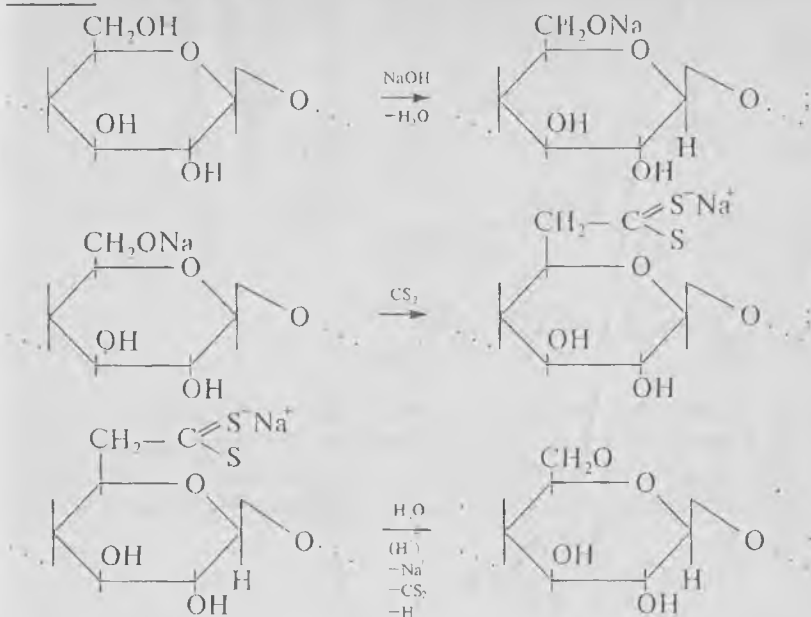
Крахмал:



1609.

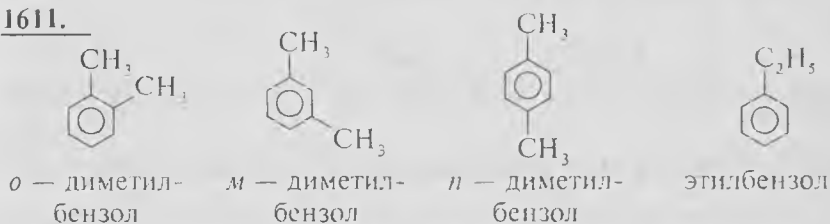


1610.

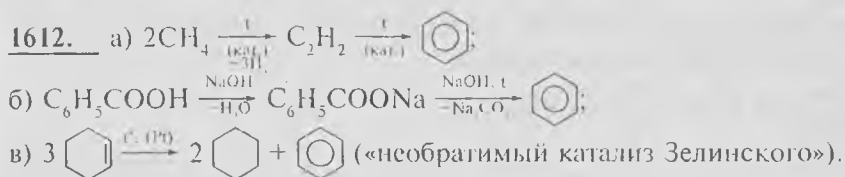


ИЗОМЕРИЯ И СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОЛА

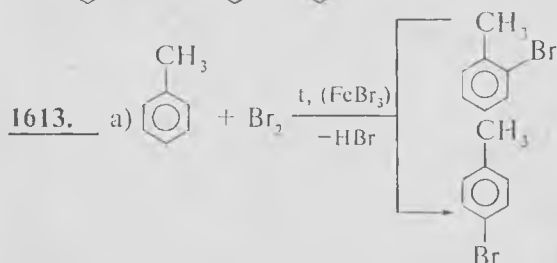
1611.

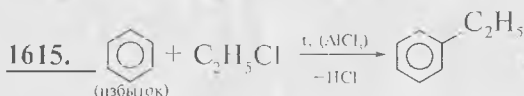
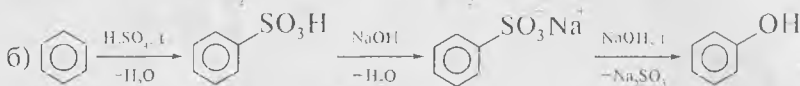
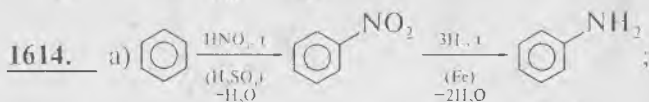
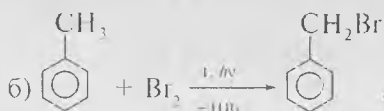


1612.

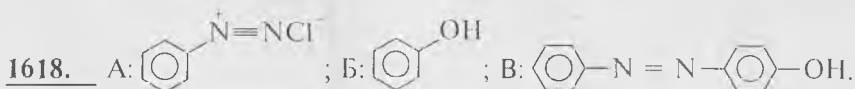
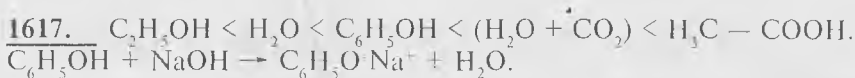
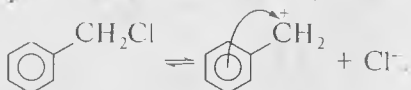


1613.

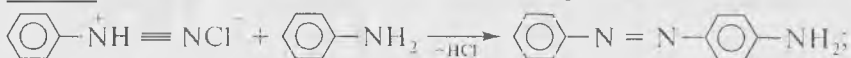




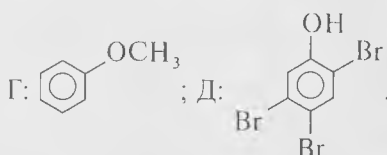
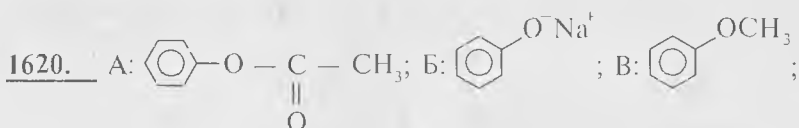
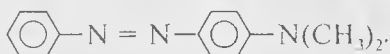
1616. Хлористый бензил по стерическим соображениям в реакциях S_N2 инертен, но он гораздо активнее вступает в реакции по S_N1 механизму, чем алкилхлориды. Это связано с повышенной устойчивостью катона, возникающего при отщеплении иона Cl^- :



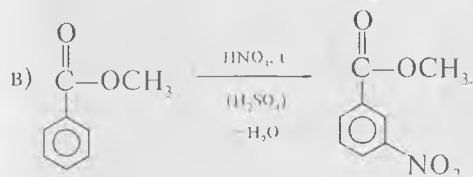
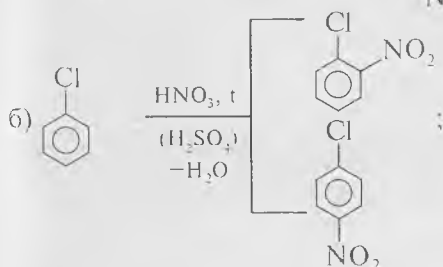
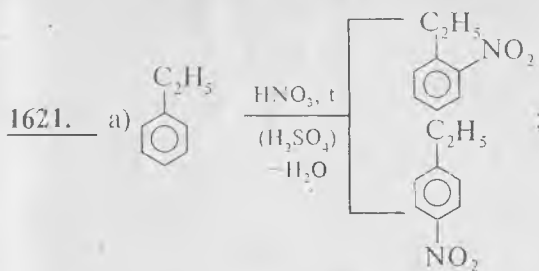
1619. В кислой среде образуется продукт реакции азосочетания:



продукт реакции азосочетания будет получаться и при взаимодействии с N, N-диметиланилином:

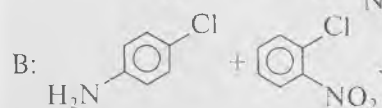
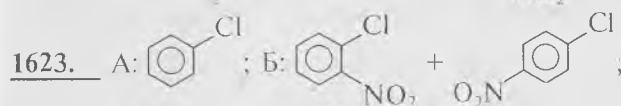
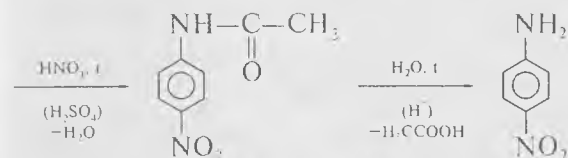
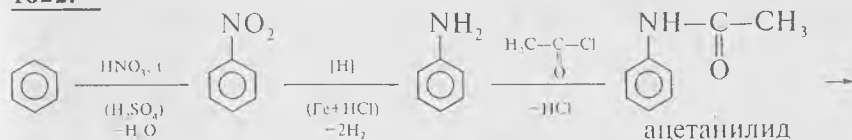


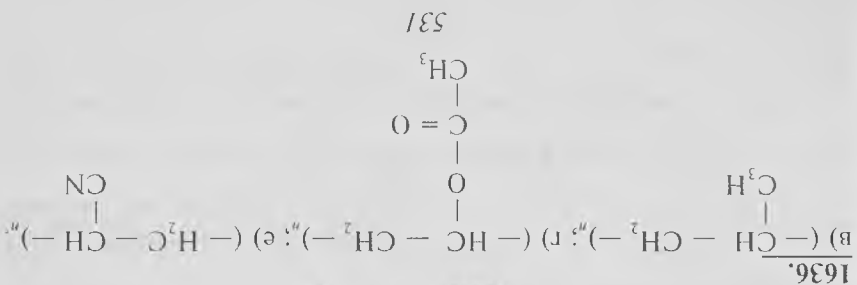
РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В БЕНЗОЛЬНОМ И НАФТАЛИНОВОМ ЯДРАХ

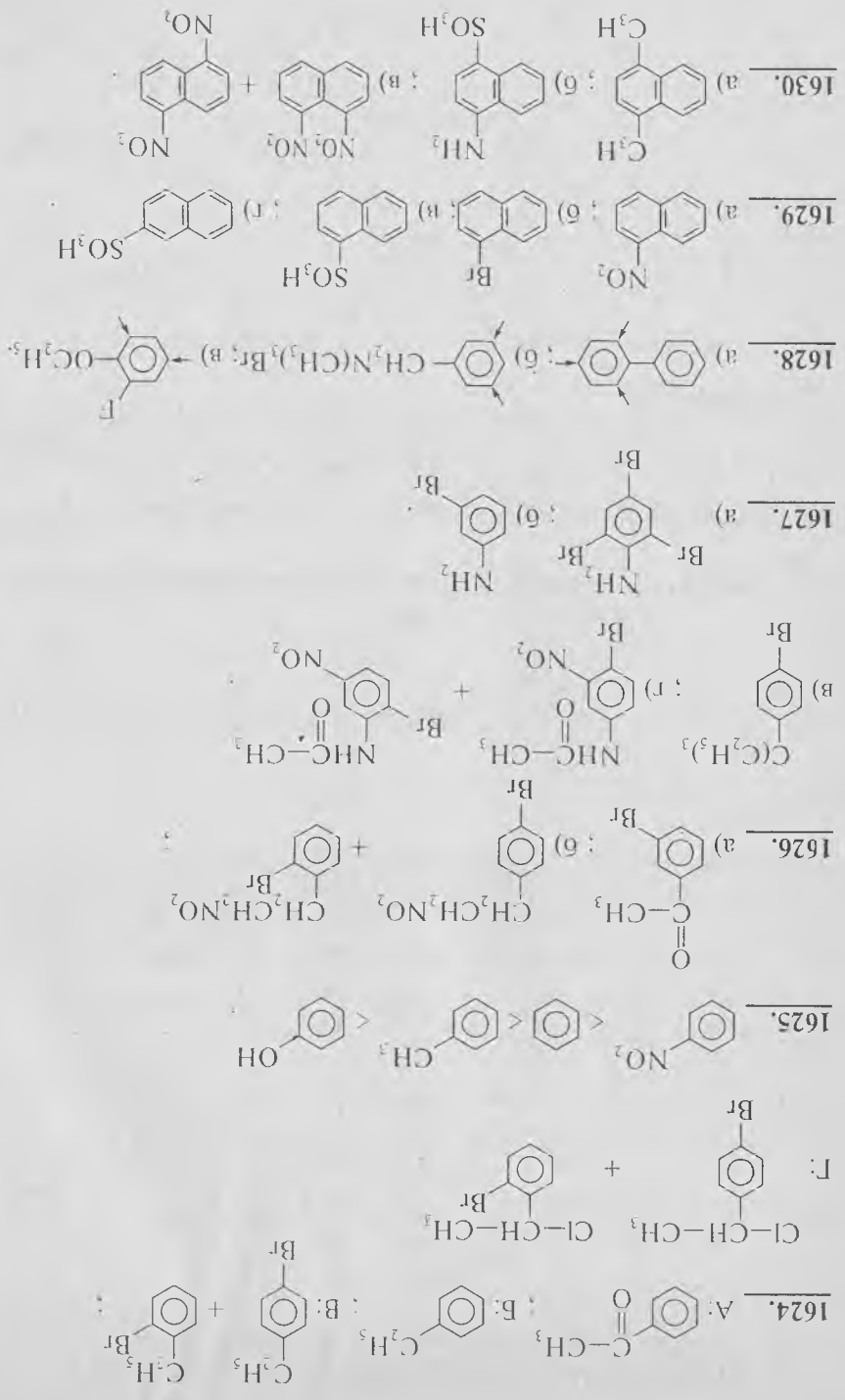


Быстрее всего происходит реакция с участием этилбензола.

1622.







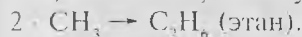
а) по эмпирической формуле

$$M(\text{CH}_3) = 15 \text{ г/моль};$$

б) по плотности

$$M(\text{C}_a\text{H}_b) = 1,34 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 30 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, молекулярная формула:



1643. Формула углеводорода — C_aH_b

Определение нижних индексов:

$$n(\text{C}) = \frac{6,6\text{г}}{44\text{г/моль}} = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}) = \frac{2,7\text{г} \cdot 2}{18\text{г/моль}} = 0,3 \text{ моль};$$

$$a : b = n(\text{C}) : n(\text{H}) = 0,15 : 0,3 = 1 : 2.$$

Следовательно, эмпирическая (простейшая) формула — CH_2 .

Вычисление молярной массы:

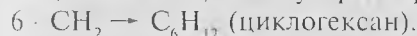
а) по эмпирической формуле

$$M(\text{CH}_2) = 14 \text{ г/моль};$$

б) по относительной плотности

$$M(\text{C}_a\text{H}_b) = 42 \cdot 2 \text{ г/моль} = 84 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, молекулярная формула



1644. Формула вещества: $\text{C}_a\text{H}_b\text{Cl}_c$

Определение нижних индексов:

$$a : b : c = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{Cl}) = \frac{51,89}{12} : \frac{9,73}{1} : \frac{38,38}{35,5} =$$

$$= 4,32 : 9,73 : 1,08 = 4 : 9 : 1.$$

Следовательно, эмпирическая (простейшая) формула А — $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$.

молярная масса $M(\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}) = 92,5 \text{ г/моль}$.

Молярная масса вещества В $M(\text{В}) = 2 \cdot 92,5 \text{ г/моль} = 185 \text{ г/моль}$.

тогда формула В — $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{Cl}_2$.

Возможны другие варианты ответа, например, $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{Cl}_2$ и $\text{C}_{16}\text{H}_{36}\text{Cl}_4$

1645. Формулу вещества — $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$

Определение нижних индексов:

$$n(\text{C}) = \frac{8,8\text{г}}{44\text{г/моль}} = 0,2 \text{ моль} \quad m(\text{C}) = 2,4 \text{ г}$$

$$n(\text{H}) = \frac{6,3\text{г} \cdot 2}{18\text{г/моль}} = 0,7 \text{ моль} \quad m(\text{H}) = 0,7 \text{ г}$$

$$n(\text{N}) = \frac{1,4\text{г} \cdot 2}{28\text{г/моль}} = 0,1 \text{ моль} \quad m(\text{N}) = 1,4 \text{ г}.$$

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) + m(\text{N}) = 2,4 \text{ г} + 0,7 \text{ г} + 1,4 \text{ г} = 4,5 \text{ г}.$$

Следовательно, в состав вещества не входит кислород.

$$a : b : c = 0,2 : 0,7 : 0,1 = 2 : 7 : 1.$$

Эмпирическая (простейшая) формула —

$$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}, M(\text{C}_2\text{H}_7\text{N}) = 45 \text{ г/моль},$$

$$M(\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_d) = 1,55 \cdot 29 \text{ г/моль} = 45 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, молекулярная формула совпадает с эмпирической.

1646. Формула вещества — $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{Na}_d$

Определение нижних индексов:

$$n(\text{C}) = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}, \quad m(\text{C}) = 0,66 \text{ г},$$

$$n(\text{C}) = \frac{1,06 \text{ л}}{106 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль}, \quad m(\text{C}) = 0,12 \text{ г},$$

$$n(\text{Na}) = \frac{1,06 \text{ г} \cdot 2}{106 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль}, \quad m(\text{Na}) = 0,46 \text{ г},$$

$$n(\text{H}) = \frac{1,26 \text{ г} \cdot 2}{18 \text{ г/моль}} = 0,14 \text{ моль}, \quad m(\text{H}) = 0,14 \text{ г},$$

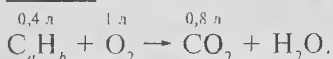
$$m(\text{O}) = 1,64 - 0,6 - 0,12 - 0,46 - 0,14 = 0,32 \text{ г},$$

$$n(\text{O}) = \frac{0,32 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль},$$

$$a : b : c : d = 0,06 : 0,14 : 0,02 : 0,02 = 3 : 7 : 1 : 1.$$

Простейшая формула вещества — $\text{C}_3\text{H}_7\text{ONa}$.

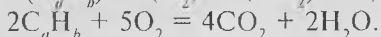
1647. Уравнение реакции:



Так как при нормальных условиях вода — жидкость, образовалось 0,8 л углекислого газа.

Определение стехиометрических коэффициентов на основе закона объемных отношений:

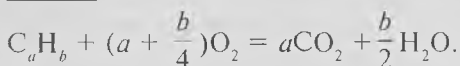
$$V(\text{C}_a\text{H}_b) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) = 0,4 : 1 : 0,8 = 1 : 2,5 : 2 = 2 : 5 : 4.$$



Отсюда следует, что $a : b = 2$.

Формула углеводорода — C_2H_2 .

1648. Уравнение реакции горения:



Определение нижних индексов:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{8,96 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,4 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5,4\text{г}}{18\text{г/моль}} = 0,3 \text{ моль},$$

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,4 : 0,3 = 4 : 3.$$

Следовательно, $a = 4$ и $\frac{b}{2} = 3$, $b = 6$.

Молекулярная формула углеводорода — C_4H_6 .

1649. Формула вещества — $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$.

Определение нижних индексов:

$$a : b : c = \frac{0,40}{12} : \frac{0,533}{16} : \frac{0,067}{1} = 0,033 : 0,033 : 0,067 = 1 : 1 : 2.$$

Следовательно, эмпирическая (простейшая) формула — CH_2O .

Вычисление молекулярной массы:

$$PV = \frac{m}{M} RT, \text{ откуда } M = \frac{mRT}{PV} = \frac{15\text{г} \cdot 8,31\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 291\text{К}}{83 \cdot 10^3\text{Па} \cdot 14,9 \cdot 10^{-3}\text{м}^3} = 29,33 \text{ г/моль}.$$

$$M(\text{CH}_2\text{O}) = 30 \text{ г/моль}.$$

Эмпирическая и молекулярная формулы совпадают — CH_2O .

1650. Формула углеводорода — C_aH_b .

Определение нижних индексов:

$$a : b = \frac{0,857}{12} : \frac{0,143}{1} = 0,0714 : 0,143 = 1 : 2.$$

Следовательно, эмпирическая формула — CH_2 .

Вычисление молярной массы:

а) по эмпирической формуле

$$M(\text{CH}_2) = 14 \text{ г/моль},$$

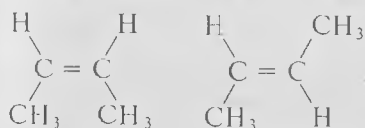
б) по относительной плотности

$$M(\text{C}_a\text{H}_b) = 1,93 \cdot 29 \text{ г/моль} = 56 \text{ г/моль},$$

$$M(\text{C}_4\text{H}_8) = 56 \text{ г/моль}.$$



Бутен-2 может иметь *цис*- и *транс*-изомеры:



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА

1651. Формула углеводорода: C_aH_b .

Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{n(C)}{a} = \frac{n(H)}{b} \text{ откуда } \frac{a}{b} = \frac{n(C)}{n(H)}, a : b = n(C) : n(H),$$

$$a : b = \frac{92,3}{12} : \frac{7,7}{1} = 1 : 1. \text{ Следовательно, эмпирическая формула } CH.$$

Молярная масса:

по молекулярной формуле $M(C_1H_1) = 2,7 \cdot 29 \text{ г/моль} = 78 \text{ г/моль}$;

по эмпирической формуле $M(CH) = 12 + 1 = 13 \text{ г/моль}$.

Отношение $\frac{M(C_aH_b)}{M(CH)} = 78 \text{ г/моль} : 13 \text{ г/моль} = 6$, следовательно,

молекулярная формула — C_6H_6 .

1652. Формула вещества: C_aH_b .

Стехиометрические соотношения:

$$\begin{array}{l} 6,6 \text{ г} \\ CO_2 \end{array} \quad \frac{n(C)}{1} = \frac{n(CO_2)}{1}, \quad (1)$$

44 г/моль

$$n(C) = \frac{6,6 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль},$$

$$\begin{array}{l} 2,7 \text{ г} \\ H_2O \end{array} \quad \frac{n(H)}{2} = \frac{n(H_2O)}{1}, \quad (2)$$

18 г/моль

$$n(H) = \frac{2,25 \text{ г} \cdot 2}{18 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}.$$

Стехиометрическое отношение:

$a : b = 0,15 : 0,25 = 3 : 5$, эмпирическая формула C_3H_5 .

Молярная масса:

по молекулярной формуле $M(C_3H_5) = 41 \cdot 2 \text{ г/моль} = 82 \text{ г/моль}$;

по эмпирической формуле $M(C_3H_5) = 41 \text{ г/моль}$.

$$\text{Отношение } \frac{M(C_a H_b)}{M(C_3 H_5)} = \frac{82}{41} = 2.$$

Молекулярная формула: $C_6 H_{10}$.

1653. Формула углеводорода:

82,8% 17,2%

C H

12 г/моль 1 г/моль

Стехиометрическое соотношение:

$$a : b = \frac{82,8}{12} = \frac{17,2}{1} = 2 : 5, \text{ следовательно, эмпирическая формула —}$$

$C_2 H_5$.

Молярная масса:

по молекулярной формуле

$$M(C_2 H_5) = \rho V_m \cdot (373/273) = 1,90 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} \cdot 1,366 = 58 \text{ г/моль};$$

по эмпирической формуле $M(C_2 H_5) = 29 \text{ г/моль}$.

$$\text{Отношение } \frac{M(C_a H_b)}{M(C_2 H_5)} = 2.$$

Истинная формула: $2 \cdot C_2 H_5 = C_4 H_{10}$.

1654. Формула вещества:

51,89 г 9,73 г 38,38 г

C H Cl

12 г/моль 1 г/моль 35,5 г/моль

Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{n(C)}{a} = \frac{n(H)}{b} = \frac{n(Cl)}{c}, \quad a : b : c = n(C) : n(H) : n(Cl)$$

$$\text{и } a : b : c = \frac{51,89}{12} : \frac{9,73}{1} : \frac{38,38}{35,5} = 4,32 : 9,73 : 1,08 = 4 : 9 : 1.$$

Простейшая эмпирическая формула $C_4 H_9 Cl$, $M(C_4 H_9 Cl) = 92,5 \text{ г/моль}$.

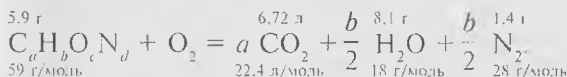
Молярная масса: $M = 2,89 \cdot 32 \text{ г/моль} = 92,5 \text{ г/моль}$.

Молярная масса, найденная по плотности паров, совпала с найденной по простейшей эмпирической формуле, следовательно, истинная формула и простейшая эмпирическая совпадают. Вещество — хлорбутан.

1655. Молярная масса вещества $2,03 \cdot 29 \text{ г/моль} = 59 \text{ г/моль}$.

Формула вещества: $C_a H_b O_c N_d$.

Уравнение реакции:

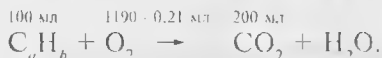


Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{5,9}{59} = \frac{6,72}{a \cdot 22,4} = \frac{2 \cdot 8,1}{b \cdot 18} = \frac{2 \cdot 1,4}{d \cdot 28}, \text{ откуда } a = 3; b = 9; d = 1.$$

Таким образом эмпирическая формула вещества C_3H_9NO . Его молярная масса $M(C_3H_9NO) = 36 + 9 + 14 + 16 \cdot c = 59$ (г/моль), откуда $c = 0$; эмпирическая формула C_3H_9N совпадает с истинной.

1656. Уравнение реакции:



При нормальных условиях H_2O — жидкость.

Следовательно, образовалось 200 мл CO_2 .

Определение стехиометрических коэффициентов на основе закона объемных отношений:

$$V(C_aH_b) : V(O_2) : V(CO_2) = 100 \text{ мл} : (1190 - 0,21) \text{ мл} : 200 \text{ мл} = 2 : 5 : 4.$$

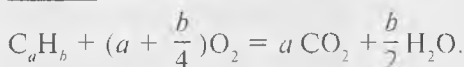
Уравнение реакции с учетом стехиометрических коэффициентов:



Отсюда следует, что $a = 2$ и $b = 2$.

Формула углеводорода — C_2H_2 .

1657. Уравнение реакции горения:



Расчет количества веществ:

$$n(CO_2) = \frac{176 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль};$$

$$n(H_2O) = \frac{54 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль}.$$

Следовательно, из 1 моль углеводорода образуется 4 моль CO_2

и 3 моль H_2O , $a = 4$; $\frac{b}{2} = 3$; $b = 6$.

Молекулярная формула — C_4H_6 .

$CH_3 - CH_2 - C \equiv CH$ бутин-1,

$CH_3C \equiv CCH_3$ бутин-2.

1658. Расчет количеств вещества реагентов и продуктов:

$$n(O_2) = 2,8 \text{ л} : 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,125 \text{ моль};$$

$$n(N_2) = 1,12 \text{ л} : 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,05 \text{ моль};$$

$$n(CO_2) = 4,40 \text{ г} : 44 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,10 \text{ моль};$$

$$n(H_2O) = 0,90 \text{ г} : 18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,05 \text{ моль}.$$

Расчет количеств вещества элементов в веществе:

$n(\text{N}) = 0,1$ моль; $n(\text{C}) = 0,1$ моль; $n(\text{H}) = 0,1$ моль;

$n(\text{O}) = 0,125 \cdot 2 = 2 \cdot 0,1 = 0,05 = 0$.

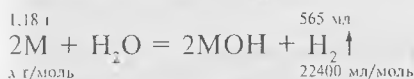
Определение формулы вещества:

$\text{C} : \text{H} : \text{N} = 0,1 : 0,1 : 0,1 = 1 : 1 : 1$, вещество имеет формулу $(\text{HCN})_x$, молярная масса, соответствующая эмпирической формуле HCN , равна 27 г/моль, что чуть ниже средней молярной массы воздуха 29 г/моль. Следовательно, формула вещества — HCN .

1659. Приведение объема газа к нормальным условиям:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}, V_0 = \frac{668 \cdot 273}{273 + 50} = 565 \text{ (мл)}.$$

Уравнение реакции:



Расчет молярной массы металла М:

$x = 1,18 \text{ г} \cdot 22400 \text{ мл} \cdot \text{моль}^{-1} / (2 \cdot 565 \text{ мл}) = 23 \text{ г/моль}$. Металл — натрий.

Количество вещества водорода:

$n(\text{H}_2) = 287 : 22400 = 1,28 \cdot 10^{-2}$ моль;

Расчет массовой доли NaOH в растворе:

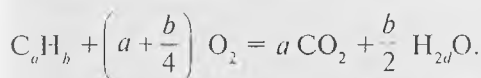
выделилось водорода $n(\text{H}_2) = 565 : 22400 = 0,025$ (моль, 0,05-г);

образовалось 0,025 моль $\cdot 2 = 0,05$ моль NaOH (2,0 г);

массовая доля $\omega(\text{NaOH}) = 2,0 : (200 + 1,18 - 0,05) \cdot 100\% = 0,99\%$.

1660. Формулу углеводорода обозначим C_aH_b .

Уравнение реакции:



Диоксид углерода поглощается раствором щелочи:



Расчет объемов газов.

После охлаждения смеси до 5°C водяной пар конденсируется.

Следовательно, объем паров H_2O : $V(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ л} - 10 \text{ л} = 8 \text{ л}$.

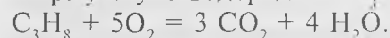
По уменьшению объема смеси после пропускания через раствор щелочи находим объем CO_2 : $V(\text{CO}_2) = 10 \text{ л} - 4 \text{ л} = 6 \text{ л}$.

Определение формулы углеводорода с использованием закона объемных отношений:

$2 : a = 2 : 3$, откуда $a = 3$;

$2 : (b/2) = 2 : 8$ откуда $b = 8$.

Формула углеводорода — C_3H_8 , уравнение реакции горения:



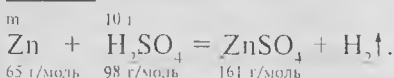
РАСТВОРЫ

1661. $m(\text{HNO}_3) = 0,40 \cdot 1,27 \text{ г/см}^3 \cdot 1000 = 508 \text{ г},$

$M(\text{раствор}) = 1270 \text{ г} + 500 \text{ г} = 1770 \text{ г},$

Массовая доля кислоты $\omega(\text{HNO}_3) = \frac{508\text{г}}{1770\text{г}} \cdot 100 \% = 28,7\%.$

1662. Уравнение реакции:



В 100 г раствора ZnSO_4 содержится 5 г ZnSO_4 и 95 г H_2O .

Расчет массы H_2SO_4 по уравнению реакции: $\frac{m}{98} = \frac{5}{161},$

откуда $m = 3,04 \text{ (г)}.$

Расчет массовой доли H_2SO_4 в исходном растворе:

$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{3,04}{95 + 3,04} \cdot 100 \% = 3,1 \%$

1663. Массовая доля гидроксида натрия

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{m}{V\rho} \cdot 100 \% = \frac{cMV}{V\rho} \cdot 100 \% = \frac{cM}{\rho} \cdot 100 \% = \\ &= \frac{2 \text{ моль/л} \cdot 40 \text{ г/моль}}{1,08 \text{ г/см}^3 \cdot 1000 \text{ см}^3/\text{л}} \cdot 100\% = 7,4 \%. \end{aligned}$$

1664. Обозначения:

$m(1\text{-го р-ра}) = x, m(2\text{-го р-ра}) = 300 - x,$

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ в } 1\text{-м р-ре} = 0,40x$

$m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ во } 2\text{-м р-ре}) = 0,70 \cdot (300 - x),$

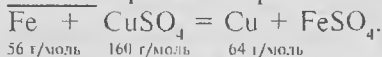
$m(\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ после смешения} = 0,60 \cdot 300 = 180 \text{ (г)}.$

Алгебраическое уравнение:

$0,40x + 0,70 \cdot (300 - x) = 180, \text{ откуда}$

$m(1\text{-го р-ра}) + x = 100 \text{ (г)}, m(2\text{-го р-ра}) = 300 - x = 200 \text{ (г)}.$

1665. Уравнение реакции:



Обозначения:

количества вещества; $n(\text{Fe}) = n(\text{CuSO}_4) = x \text{ моль}, \text{ тогда}$

56x — масса Fe, перешедшего с пластинки в раствор, г,

64x — масса Cu, выделившегося на пластинке, г.

$15 - 56x + 64x = 15,16, \text{ откуда } x = 0,02 \text{ (моль)}.$

Масса CuSO_4 :

в исходном растворе: $0,17 \cdot 1,14 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл} = 19,38 \text{ (г)};$

израсходованного: $0,02 \cdot 160 = 3,2$ (г);
 после реакции: $19,38 \text{ г} - 3,2 \text{ г} = 16,18 \text{ г}$.

1666. Расчет количества вещества и массы CuSO_4 в кристаллогидрате:



Количество вещества:

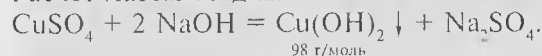
$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 125 \text{ г} / 250 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,50 \text{ моль}$$

$$\text{Масса } m(\text{CuSO}_4) = 0,50 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 80 \text{ г}$$

Расчет массовой доли CuSO_4 в растворе:

$$m(\text{p-p}) = 125 \text{ г} + 375 \text{ г} = 500 \text{ г}; \omega(\text{CuSO}_4) = 16\%$$

Расчет массы осадка.



$$\text{Количество вещества: } n(\text{Cu(OH)}_2) = n(\text{CuSO}_4) = 0,50 \text{ моль}$$

$$\text{Масса } \text{Cu(OH)}_2: m(\text{Cu(OH)}_2) = 0,50 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 49 \text{ г}$$

1667. Расчет количеств вещества реагентов:

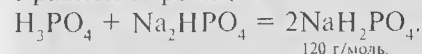
$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}; M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 200 \text{ г} \cdot 0,098/98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0,284/142 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,2 \text{ моль}$$

Реагенты находятся в эквимольных количествах.

Уравнение реакции:



Количество вещества продукта:

$$n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 2n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,4 \text{ моль}$$

$$0,4 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 48,0 \text{ г}$$

Расчет массовых долей.

$$\text{Масса продукта реакции } m(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,4 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 48,0 \text{ г}$$

$$\text{Масса раствора } m(\text{p-p}) = 300 \text{ г}$$

$$\text{Массовая доля } \omega(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 48 \text{ г}/300 \text{ г} = 0,16 (16\%)$$

1668. Масса гидроксида натрия:

$$m(\text{NaOH}) = \frac{0,05\% \cdot 1 \text{ г/см}^3 \cdot 400 \text{ см}^3}{100\%} = 0,2 \text{ г}$$

Количество вещества гидроксида натрия:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{0,2 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,005 \text{ моль}$$

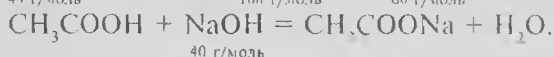
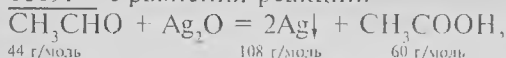
$$0,005 \text{ моль} \quad 0,005 \text{ моль}$$



Объем диоксида серы

$$V(\text{SO}_2) = 0,005 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,112 \text{ л}$$

1669. Уравнения реакций:



Расчет массы уксусного альдегида:

$$n(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,5 \cdot 5/108 = 0,023 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{CH}_3\text{CHO}) = 0,023 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 2,01 \text{ г}.$$

Расчет массы уксусной кислоты:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{NaOH}) = \frac{30 \text{ мл} \cdot 1,3 \text{ г/мл} \cdot 0,3}{40 \text{ г/моль}} = 0,2925 \text{ моль},$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,2925 \text{ моль} \cdot 60 \text{ г/моль} = 17,55 \text{ г}.$$

Расчет массовых долей.

$$\text{Масса этанола } m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 22,0 - 17,55 - 2,01 = 2,44 \text{ (г)}.$$

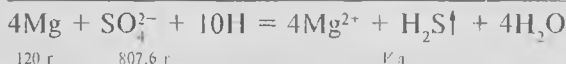
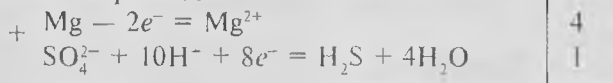
$$\text{Массовые доли: } \omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{2,44}{22} \cdot 100\% = 11,1\%;$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{CHO}) = \frac{2,01}{22} \cdot 100\% = 9,1\%.$$

1670. Расчет массы H_2SO_4 :

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,555 \cdot 1,455 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 807,6 \text{ г}.$$

Уравнение реакции:



Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{\text{Mg}}{120} < \frac{\text{H}_2\text{SO}_4}{807,6} \quad \text{или} \quad 0,625 < 0,82.$$

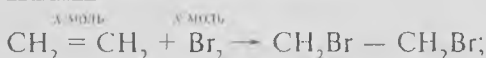
Таким образом, в избытке находится серная кислота.

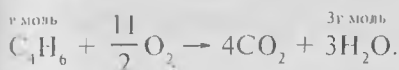
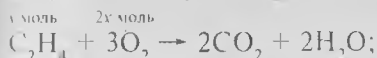
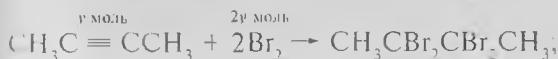
Расчет объема H_2S :

$$\frac{120}{4 \cdot 24} = \frac{V}{22,4}, \text{ откуда } V = 28 \text{ (л)}.$$

СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ РЕАКЦИЙ

1671. Уравнения реакций:





Расчет количества вещества:

$$n(\text{Br}_2) = \frac{48 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,30 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{8,64 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,48 \text{ моль}.$$

Система уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 0,30 \\ 2x + 3y = 0,48 \end{cases}, \text{ откуда } x = 0,06 \text{ (моль)}, y = 0,12 \text{ моль}.$$

Следовательно, объемные доли компонентов смеси — 33% этена и 67% бутина-2.

1672. Уравнения реакций:



$2 \cdot 23 \text{ г/моль} \quad 2 \cdot 18 \text{ г/моль}$



$36,5 \text{ г/моль}$

Расчет количества вещества:

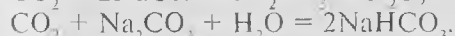
$$n(\text{HCl}) = 250 \text{ см}^3 \cdot 0,05 \cdot 1,02 \text{ см}^{-3} / 36,5 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,35 \text{ моль};$$

$$n(\text{Na}) = n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = 0,35 \text{ моль}.$$

Расчет массы натрия:

$$m(\text{Na}) = 0,35 \text{ моль} \cdot 23 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 8,05 \text{ г}.$$

1673. Уравнения возможных реакций:



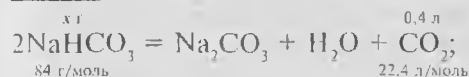
Расчет количества вещества:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{3,36 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,15 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{0,24 \cdot 50 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,30 \text{ моль}.$$

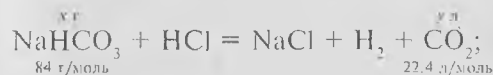
Следовательно, образуется Na_2CO_3 в количестве 0,030 моль.

1674. Уравнения реакций:



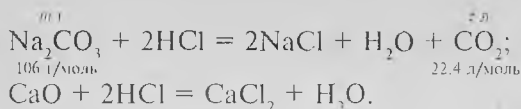
84 г/моль

$22,4 \text{ л/моль}$



84 г/моль

$22,4 \text{ л/моль}$



Стехиометрическое соотношение $\frac{0,8}{22,4} = \frac{x}{2 \cdot 84}$, откуда $x = 6$ (г).

Расчет массы Na_2CO_3

Из 6 г NaHCO_3 выделится $y = \frac{22,4 \cdot 6}{84} = 1,6$ л CO_2 . Тогда при реакции HCl с Na_2CO_3 образуется $3,72 - 1,6 = 2,12$ (л) CO_2 . Согласно стехиометрическому соотношению

$$\frac{m}{106} = \frac{2,12}{22,4}, \text{ масса } m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ 10 (г).}$$

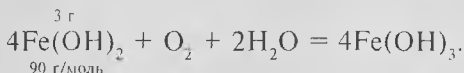
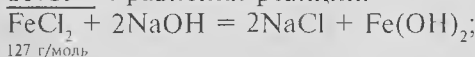
Расчет массовых долей.

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = 6 \text{ г} / 40 \text{ г} = 0,15 \text{ (15\%);}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 10 \text{ г} / 40 \text{ г} = 0,25 \text{ (25\%);}$$

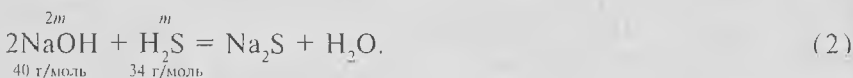
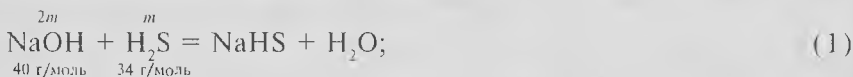
$$\omega(\text{CaO}) = 1 - 0,15 - 0,25 = 0,6 \text{ (60\%).}$$

1675. Уравнения реакций:



Количество вещества $n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 3 \text{ г} / 90 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,333 \text{ моль}$, количество вещества $n(\text{FeCl}_2) = n(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 0,333 \text{ моль}$.

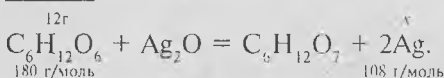
1676. Уравнения возможных реакций:



Стехиометрические соотношения: $\frac{2m}{40} > \frac{m}{34}; \frac{2m}{2 \cdot 40} < \frac{m}{34}$.

Следовательно, образуется смесь кислой и средней солей NaHS и Na_2S .

1677. Уравнение реакции:



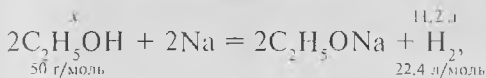
Расчет массы Ag по уравнению реакции:

$$\frac{12}{180} = \frac{x}{2 \cdot 108}, \text{ откуда } x = 14,4 \text{ (г).}$$

Расчет практической массы Ag:

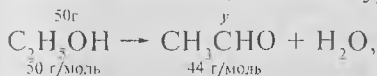
$$m_{\text{практ}}(\text{Ag}) = \eta \cdot m_{\text{теор.}}(\text{Ag}) = 0,9 \cdot 14,4 = 13,0 \text{ (г)}.$$

1678. Расчет массы спирта:



$$\frac{x}{2 \cdot 50} = \frac{11,2}{22,4} \rightarrow x = 50 \text{ (г)}.$$

Расчет массы альдегида по уравнению реакции:

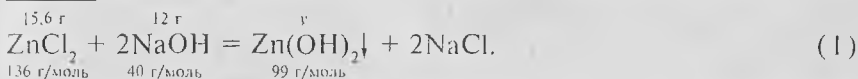


$$\frac{50}{50} = \frac{y}{44}, \text{ откуда } y = 44 \text{ (г)}.$$

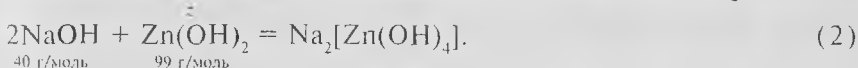
Расчет практической массы CH_3CHO :

$$m_{\text{практ.}} = 0,95 \cdot 44 = 41,8 \text{ (г)}.$$

1679. Уравнения реакций:



Если NaOH не израсходуется полностью в реакции (1), возможно частичное растворение образовавшегося осадка Zn(OH)_2



Стехиометрическое соотношение:

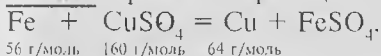
$$\frac{15,6 \text{ г}}{136 \text{ г/моль}} = 0,115 \text{ моль} < \frac{12 \text{ г}}{2 \cdot 40 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}.$$

Следовательно, в избытке NaOH.

В реакции (1) расходуется $2 \cdot 0,115 \text{ моль} = 0,23 \text{ моль}$ NaOH, образуется $0,115 \text{ моль}$ осадка Zn(OH)_2 , остается неизрасходованным NaOH в количестве $0,30 \text{ моль} - 0,23 \text{ моль} = 0,07 \text{ моль}$.

В реакции (2) растворяется $0,5 \cdot 0,07 \text{ моль} = 0,035 \text{ моль}$ Zn(OH)_2 , остается в осадке $0,115 \text{ моль} - 0,035 \text{ моль} = 0,08 \text{ моль}$. Масса не растворившегося осадка $\text{Zn(OH)}_2 : 0,08 \text{ моль} \cdot 99 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 7,92 \text{ г}$.

1680. Уравнение реакции:



Обозначения: количества вещества $n(\text{Fe}) = n(\text{Cu}) = x \text{ моль}$, тогда $56x$ — масса Fe, перешедшего в раствор, г.

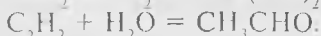
$64x$ — масса Cu, выделившейся на пластике, г.

$$117 - 56x + 64x = 121.$$

Отсюда $x = 0,5 \text{ (моль)}$, а масса перешедшего в раствор Fe — $0,5 \cdot 56 = 28 \text{ (г)}$.

РАСЧЕТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

1681. Уравнения реакций:



Расчет количества вещества реагентов.

Молярная масса ацетальдегида $M = 44$ г/моль.

Количество вещества ацетальдегида

$$n(\text{CH}_3\text{CHO}) = 1000 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 22,73 \text{ моль}.$$

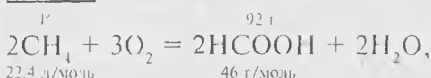
Количества вещества $n(\text{C}_2\text{H}_2) = n(\text{CH}_3\text{CHO}) : 0,8$.

Количество вещества $n(\text{CaC}_2) = n(\text{CH}_3\text{CHO}) : 0,8^2 = 35,5$ (моль).

Расчет массы карбида кальция:

$$m(\text{CaC}_2) = n(\text{CaC}_2) \cdot M(\text{CaC}_2) = 35,5 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 2273 \text{ г} = 2,27 \text{ кг}.$$

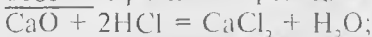
1682. Расчет объема метана:



$$\frac{V}{22,4} = \frac{92}{46}, \text{ откуда } V = 44,8 \text{ (л)}.$$

$$\text{Расчет объема природного газа: } \frac{44,8 \text{ л}}{95\%} \cdot 100\% = 47,2 \text{ л}.$$

1683. Уравнения реакций:



56 г/моль

12 — m



100 г/моль

Расчет количества вещества:

$$n(\text{HCl}) = 1,2 \text{ моль/л} \cdot 0,25 \text{ л} = 0,3 \text{ моль};$$

$$n(\text{CaO}) = \frac{m}{56}; \quad n(\text{CaCO}_3) = \frac{10 - m}{100}.$$

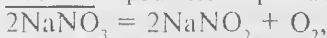
$$\text{Составляем алгебраическое уравнение: } \frac{m}{56} + \frac{12 - m}{100} = \frac{0,3}{2}.$$

$$\text{Решая это уравнение, находим: } m = 3,82 \text{ (г, CaO)}, (12 - m) = 8,18 \text{ (г, CaCO}_3\text{)}.$$

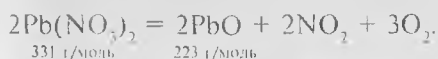
$$\text{Массовые доли: } \omega(\text{CaO}) = 3,82 \text{ г} : 12 \text{ г} \cdot 100\% = 31,8\%,$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = 8,18 \text{ г} : 12 \text{ г} \cdot 100\% = 62,2\%.$$

1684. Уравнения реакций:



85 г/моль



Расчет количества вещества:

$$n(\text{PbO}) = \frac{22,3 \text{ г}}{223 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{смесь газов}) = \frac{6,72 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,3 \text{ моль}.$$

При разложении 0,1 моль $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ образовалось 0,1 моль NO_2 и 0,15 моль O_2 .

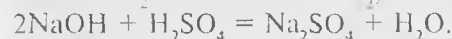
Следовательно, из NaNO_3 образовалось $(0,3 - 0,1 - 0,15) = 0,05$ моль O_2 , а разложилось вдвое большее количество вещества NaNO_3 — 0,1 моль.

Таким образом, в исходной смеси находилось по 0,1 моль NaNO_3 и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Расчет массы исходной смеси:

$$m_{\text{общ}} = 0,1 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} + 0,1 \text{ моль} \cdot 331 \text{ г/моль} = 41,6 \text{ г}.$$

1685. Уравнения реакций:



Расчет массы H_2SO_4 :



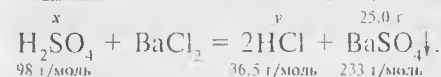
$$\frac{5,0}{2 \cdot 23} = \frac{m}{98}, \text{ откуда } m = 10,65 \text{ г}.$$

Расчет объема раствора H_2SO_4 :

$$\omega(\%) = \frac{m}{V\rho} \cdot 100\%, \quad V = \frac{m}{\omega\rho} \cdot 100\%,$$

$$V = \frac{10,65 \text{ г}}{10\% \cdot 1,03 \text{ г/см}^3} \cdot 100\% = 103 \text{ см}^3.$$

1686. Расчет массы H_2SO_4 и массы HCl :



$$\frac{x}{98} = \frac{25,0}{233}, \text{ откуда } x = 10,5 \text{ (г)}, \text{ что составляет } 0,11 \text{ моль } \text{H}_2\text{SO}_4.$$

В реакции образуется $2 \cdot 0,11 \text{ моль} = 0,22 \text{ моль HCl}$, на нейтрализацию которой расходуется 0,22 моль гидроксида натрия. Следовательно, в растворе содержится 0,03 моль HNO_3 (6,3 г).

Вычисление массовых долей:

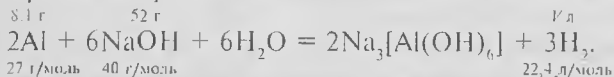
$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{6,3}{400} \cdot 100\% = 1,58\%;$$

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{10,5}{400} \cdot 100\% = 2,63\%.$$

1687. Расчет массы NaOH:

$$m(\text{NaOH}) = 0,10 \cdot 1,3 \text{ г/мл} \cdot 400 \text{ мл} = 52 \text{ г}.$$

Уравнение реакции:



Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{8,1}{2 \cdot 27} < \frac{52}{6 \cdot 40} \text{ или } 0,15 < 0,22.$$

Следовательно, в избытке NaOH.

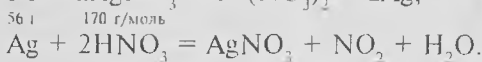
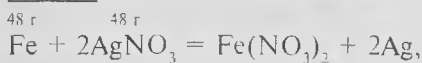
Расчет объема H_2 :

$$\frac{8,1}{2 \cdot 27} = \frac{V}{3 \cdot 22,4}, \text{ откуда } V = 10,08 \text{ л}.$$

Расчет объема NH_3 :

$$\begin{array}{c} 10,08 \text{ л} \\ \text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 \\ 3 \end{array} = \frac{V}{2}, \text{ откуда } V = 6,72 \text{ л}.$$

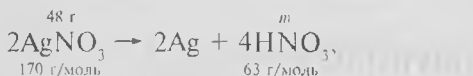
1688. Уравнения реакций:



$$\text{Стехиометрическое соотношение: } \frac{\overset{\text{Fe}}{48}}{56} > \frac{\overset{\text{AgNO}_3}{48}}{2 \cdot 170}.$$

Следовательно, в избытке Fe.

Расчет массы азотной кислоты:



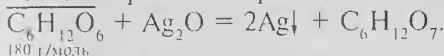
$$\frac{48}{2 \cdot 170} = \frac{m}{4 \cdot 63}, \text{ откуда } m = 35,6 \text{ г HNO}_3.$$

Расчет объема HNO_3 :

$$\omega(\%) = \frac{m}{V_{\rho}} \cdot 100, \quad V = \frac{m}{\omega_{\rho}} \cdot 100,$$

$$V = \frac{35,6}{90\% \cdot 1,5 \text{ г/мл}} \cdot 100 = 26,4 \text{ мл}.$$

1689. Уравнения реакций:



63 г/моль

Расчет количества вещества серебра.

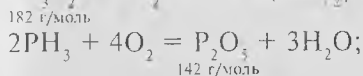
$$n(\text{Ag}) = 0,5 \cdot n(\text{HNO}_3) = \frac{20 \text{ мл} \cdot 0,47 \cdot 1,2 \text{ г/мл}}{2 \cdot 63 \text{ г/моль}} = 0,09 \text{ моль}.$$

Расчет количества вещества и массы глюкозы:

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,5 \cdot n(\text{Ag}) = 0,045 \text{ (моль)}.$$

$$\text{Масса глюкозы } m = 0,045 \cdot 180 = 8 \text{ г}.$$

1690. Уравнения реакций:



Расчет количества вещества:

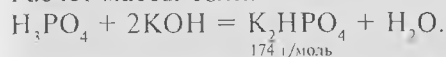
$$n(\text{Ca}_3\text{P}_2) = 72,8 \text{ г} / 182 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,4 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 \cdot n(\text{P}_2\text{O}_5) = n(\text{PH}_3) = 2 \cdot n(\text{Ca}_3\text{P}_2) = 0,80 \text{ моль};$$

$$n(\text{KOH}) = 200 \text{ мл} \cdot 1,32 \text{ г} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot 0,34/56 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 1,60 \text{ моль}.$$

Следовательно H_3PO_4 и KOH реагируют, образуя K_2HPO_4 .

Расчет массы соли:



$$n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,5 \cdot n(\text{KOH}) = 0,80 \text{ моль};$$

$$m(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 0,80 \text{ моль} \cdot 174 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 139,2 \text{ г}.$$

Расчет массы раствора:

$$m(\text{p-p}) = m_{\text{p-p}}(\text{KOH}) + m(\text{P}_2\text{O}_5);$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,40 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 56,8 \text{ г}.$$

Таким образом, масса раствора:

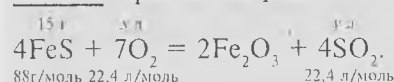
$$m(\text{p-p}) = 200 \text{ мл} \cdot 1,32 \text{ г} \cdot \text{мл}^{-1} + 56,8 \text{ г} = 320,8 \text{ г};$$

Массовая доля:

$$\omega(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 139,2 : 320,8 = 0,43 \text{ (43\%)}. \quad \cdot$$

РАСЧЕТЫ ПО УРАВНЕНИЯМ РЕАКЦИЙ, В КОТОРЫХ УЧАСТВУЮТ ГАЗООБРАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА

1691. Уравнение реакции:



88 г/моль 22,4 л/моль

22,4 л/моль

$$\text{Стехиометрические соотношения имеют вид: } \frac{15}{4 \cdot 88} = \frac{x}{7 \cdot 22,4} = \frac{y}{4 \cdot 22,4}.$$

Рассчитываем объем кислорода: $x = 4 \cdot 88 : (15 - 7 - 22,4) = 0,15$ (л);
 рассчитываем объем диоксида серы: $y = 4 \cdot 88 : (15 - 4 \cdot 22,4) = 0,26$ (л);
 рассчитываем объем воздуха (объемная доля кислорода 21%):
 $V_{\text{возд.}} = 0,15 : 0,21 = 0,71$ (л).

1692. Расчет теоретической массы продукта:

$$m_{\text{практ.}} = \eta m_{\text{теор.}}, m_{\text{теор.}} = \frac{25 \text{ г}}{0,90} = 27,78 \text{ г.}$$

Уравнение реакции:



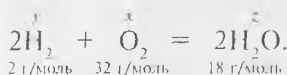
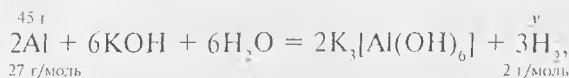
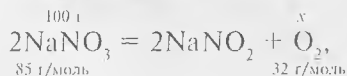
Расчет массы KOH:

$$\frac{m}{6 \cdot 56} = \frac{27,78}{122,5}, \text{ откуда } m = 76,2 \text{ (г)}.$$

Расчет объема Cl_2 :

$$\frac{V}{3 \cdot 22,4} = \frac{27,78}{122,5}, \text{ откуда } V = 15,2 \text{ (л)}.$$

1693. Уравнения реакций:



Расчет массы O_2 :

$$\frac{100}{2 \cdot 85} = \frac{x}{32}, \text{ откуда } x = 18,8 \text{ (г)}.$$

Расчет массы H_2 : $\frac{45}{2 \cdot 27} = \frac{y}{3}, \text{ откуда } y = 5 \text{ г.}$

Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{5}{2 \cdot 2} = 1,25 > \frac{18,8}{32} = 0,59.$$

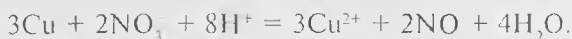
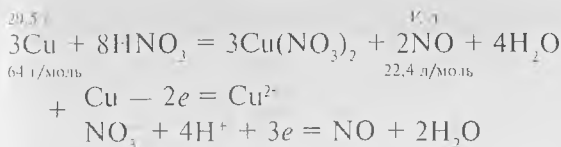
Следовательно, в избытке H_2 .

Расчет массы H_2O : $\frac{18,8}{32} = \frac{z}{2 \cdot 18} \rightarrow z = 21,1 \text{ г } \text{H}_2\text{O}.$

1694. Расчет массы меди в сплаве:

$$m(\text{Cu}) = m_{\text{сплав}} \omega(\text{Cu}) = 30 \cdot 0,85 = 29,5 \text{ (г)}.$$

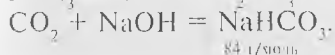
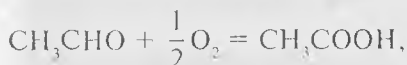
Уравнение реакции:



Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{29,5 \text{ г}}{3 \cdot 64 \text{ г/моль}} = \frac{V}{2 \cdot 22,4 \text{ л/моль}}, \text{ откуда } V = \frac{29,5 \cdot 2 \cdot 22,4}{3 \cdot 64} = 6,88 \text{ (л)}.$$

1695. Уравнения реакций:



84 г/моль

Расчет количества вещества:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{NaHCO}_3) = \frac{42 \text{ г}}{84 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль};$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \cdot 0,5 \text{ моль} = 1 \text{ моль}.$$

Количество вещества O_2 :

$$n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{CH}_3\text{COOH}) : 0,75 = \frac{1}{0,75 \cdot 2} = 0,67 \text{ (моль)}.$$

Расчет объема воздуха:

$$V = 0,67 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} : 0,21 = 71,5 \text{ л}.$$

1696. Определение молярной массы $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$:

$$M(\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c) = 1,52 \cdot 29 \text{ г/моль} = 44 \text{ г/моль}.$$

В 1 моль $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$ количество вещества углерода составляет

$$n(\text{C}) = 0,5455 \cdot 44 = 24 \text{ (г/моль)},$$

количество вещества водорода —

$$n(\text{H}) = 0,0909 \cdot 44 = 4 \text{ (г/моль)},$$

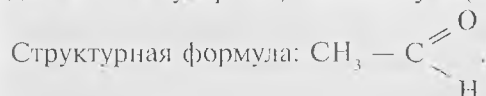
количество вещества кислорода —

$$n(\text{O}) = 0,3636 \cdot 44 = 16 \text{ (г/моль)}.$$

Молярное отношение:

$$a : b : c = \frac{24 \text{ г/моль}}{12 \text{ г/моль}} : \frac{4 \text{ г/моль}}{1 \text{ г/моль}} : \frac{16 \text{ г/моль}}{16 \text{ г/моль}} = 2 : 4 : 1.$$

Эмпирическая формула вещества — $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ в данном случае совпадает с молекулярной, поскольку $M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = 44 \text{ г/моль}$.



Для расчета объема воспользуемся уравнением Менделеева—Клапейрона $PV = nRT$,

где $R = 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ — универсальная газовая постоянная,
 $2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot V = (3 \text{ г} / 44 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}) \cdot 8,314 \cdot 400 \text{ К}$, откуда
 $V = 0,00113 \text{ м}^3 = 1,13 \text{ л}$.

1697. Определение молярной массы $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$:

$$M(\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c) = 2 \text{ г/моль} \cdot 23 = 46 \text{ г/моль}.$$

Определение молярного соотношения:

$$a : b : c = \frac{52,18}{12} : \frac{13,04}{1} : \frac{34,78}{16} = 4,35 : 13,04 : 2,17 = 2 : 6 : 1.$$

Эмпирическая формула вещества — $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Поскольку $M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 46 \text{ г/моль}$, она совпадает с молекулярной.

Для расчета объема воспользуемся уравнением Менделеева—Клапейрона $PV = nRT$,

$$1 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot V = (4,6 \text{ г} / 46 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}) \cdot 8,314 \cdot 450 \text{ К}, \text{ откуда} \\ V = 0,00347 \text{ м}^3 = 3,74 \text{ л}.$$

1698. Средняя молярная масса смеси $M_{\text{смесь}} = 0,32 \cdot 29 \text{ г/моль} = 9,28 \text{ г/моль}$.

Пусть $\chi(\text{H}_2)$ — объемная доля водорода в смеси. Тогда, исходя из условия аддитивности, имеем:

$$\chi(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + [1 - \chi(\text{H}_2)] \cdot M(\text{O}_2) = M_{\text{смесь}};$$

$$\chi(\text{H}_2) \cdot 2 + [1 - \chi(\text{H}_2)] \cdot 32 = 9,28;$$

$$30 \cdot \chi(\text{H}_2) = 22,72;$$

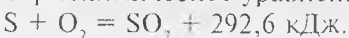
$$\chi(\text{H}_2) = 0,76 \text{ (76\%)}. \quad \cdot$$

1699.

22,4 л	29,26 Дж
S + O ₂ = SO ₂	Q, кДж
22,4 л/моль	

$$\frac{2,24}{22,4} = \frac{29,26}{Q}, \text{ откуда } Q = 292,6 \text{ (кДж)}.$$

Термохимическое уравнение:



1700.

9 г	11,2 л	273,5 кДж
4Al + 3O ₂ = 2Al ₂ O ₃	Q, кДж	
27 г/моль	22,4 л/моль	

Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{9}{4 \cdot 27} = 0,083 < \frac{11,2}{3 \cdot 22,4} = 0,167, \text{ в недостатке алюминий, по ко-} \\ \text{горму и следует вести расчет:}$$

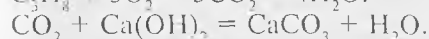
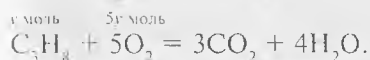
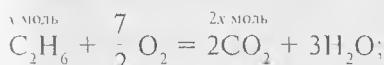
$$\frac{9}{4 \cdot 27} = \frac{273,5}{Q}, \text{ откуда } Q = 3282 \text{ (кДж)}.$$

Термохимическое уравнение:



КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СМЕСЕЙ

1701. Уравнения реакций:



Расчет количества вещества:

$$n(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8) = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль};$$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{25 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}.$$

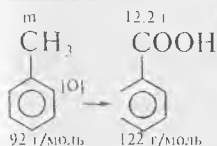
Система уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,1 \\ 2x + 3y = 0,25 \end{cases}, \text{ откуда } x = y = 0,05 \text{ (моль)}.$$

Следовательно, молярные доли компонентов равны:

$$\chi(\text{C}_2\text{H}_6) = \chi(\text{C}_3\text{H}_8) = 50\%.$$

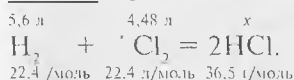
1702.



$$\frac{m}{92} = \frac{12,2}{122}, \text{ откуда } m = 9,2 \text{ г}.$$

$$\text{массовая доля } \omega(\text{толуола}) = \frac{9,2 \text{ г}}{23 \text{ г}} \cdot 100\% = 40\%.$$

1703. Уравнение реакции:



Газы H_2 и Cl_2 реагируют в объемном отношении 1 : 1, поэтому в избытке — водород. Расчет продукта проводим по хлору.

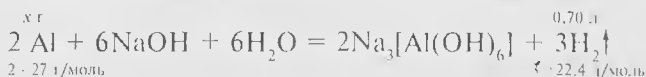
Стехиометрическое соотношение:

$$\frac{4,48 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = \frac{x}{2 \cdot 36,5 \text{ г/моль}}, \text{ откуда } x = 14,6 \text{ (г) HCl}$$

Расчет массовой доли:

$$\omega = \frac{m(\text{HCl})}{m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{14,6}{14,6 + 200} \cdot 100\% = 6,80\%$$

1704. Уравнение реакции:



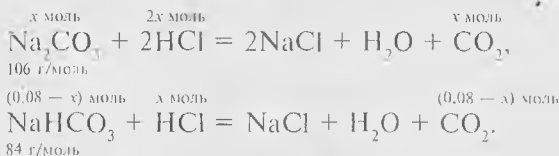
Стехиометрическое соотношение: $\frac{x}{2 \cdot 27} = \frac{0,70}{3 \cdot 22,4}$, откуда $x = 0,56 \text{ (г)}$.

Расчет массовых долей:

$$\omega(\text{Al}) = (0,56 \text{ г} / 2,00 \text{ г}) \cdot 100\% = 28\%; \quad \omega(\text{Cl}) = 100 - 28 = 72\%.$$

1705. Расчет количеств веществ:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{1,792 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,08 \text{ моль}$$



Алгебраическое уравнение:

$$106x + 84(0,08 - x) = 7,60, \text{ откуда } x = 0,04 \text{ моль.}$$

Количественный состав смеси:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) : 0,04 \cdot 106 = 4,24 \text{ (г)};$$

$$m(\text{NaHCO}_3) : 0,04 \cdot 84 = 3,36 \text{ (г)}.$$

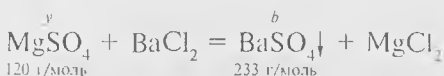
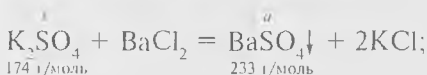
Расчет количества вещества HCl:

$$n(\text{HCl}) = 3x = 0,12 \text{ (моль) или } 4,38 \text{ г.}$$

Расчет объема кислоты:

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{V \rho}, \quad V = 4,38 \text{ г} : (0,1 - 1,05) = 41,7 \text{ мл.}$$

1706. Уравнения реакций:



Расчет масс компонентов смеси.

Составляем систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 13,5 \\ a + b = 24,23. \end{cases}$$

Выразим a и b через x и y : $a = \frac{233x}{174}$; $b = \frac{233y}{120}$ и решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 13,5 \\ \frac{233x}{174} + \frac{233y}{120} = 24,23. \end{cases}$$

Отсюда $x = 3,27$ г K_2SO_4 ; $y = 10,23$ г $MgSO_4$.

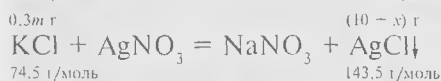
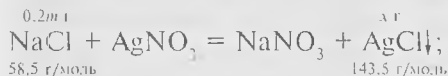
Расчет массовых долей:

$$\omega(K_2SO_4) = 3,27 : 13,50 \cdot 100\% = 21,8\%;$$

$$\omega(MgSO_4) = 100 - 21,8\% = 78,2\%.$$

1707. Обозначим искомую массу смеси m , г.

Уравнения реакций:

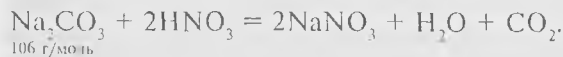
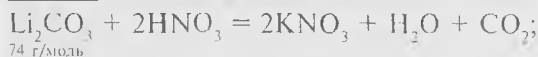


Стехиометрические соотношения:

$$\frac{0,2m}{58,5} = \frac{x}{143,5}; \frac{0,3m}{74,5} = \frac{10 - x}{143,5}$$

$$\text{Следовательно, } 10 = \frac{0,2m \cdot 143,5}{58,5} + \frac{0,3m \cdot 143,5}{74,5} = 1,07 \cdot m, \text{ откуда } m = 9,35 \text{ г.}$$

1708. Уравнения реакций:



Расчет количества вещества:

$n(\text{HNO}_3) = 0,5 \text{ моль/л} \cdot 0,2 \text{ л} = 0,1 \text{ моль}$ прореагирует с $0,05 \text{ моль}$ смеси Li_2CO_3 и Na_2CO_3 .

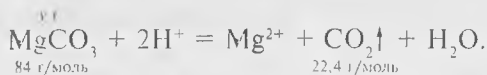
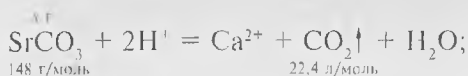
Обозначим количество вещества Li_2CO_3 x (моль), тогда количество вещества Na_2CO_3 составляет $(0,05 - x)$ (моль), а общая масса смеси выражается уравнением:

$$74 \cdot x + 106(0,05 - x) = 4,26, \text{ откуда } x = 0,03 \text{ моль.}$$

$$\text{Масса } \text{Li}_2\text{CO}_3 = 0,03 \cdot 74 = 2,22 \text{ (г).}$$

$$\text{Масса } \text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,02 \cdot 106 = 2,21 \text{ (г).}$$

1709. Уравнения реакций:



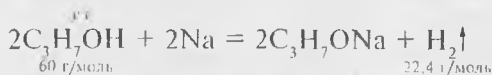
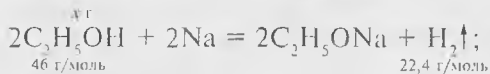
Составление и решение системы алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 10 \\ \frac{22,4x}{148} + \frac{22,4y}{84} = 2,54 \end{cases}, \text{ откуда } x = 1,33 \text{ (г)}; y = 8,67 \text{ (г)}.$$

Расчет массовых долей:

$$\omega(\text{SrCO}_3) = 13,3\%; \omega(\text{MgCO}_3) = 86,7\%.$$

1710. Уравнения реакций:



Расчет массовых долей

$$\begin{cases} x + y = 16,6 \\ \frac{22,4x}{2 \cdot 46} + \frac{22,4y}{2 \cdot 60} = 3,36 \end{cases}.$$

Решив систему уравнений, получаем: $x = 4,57 \text{ г}$; $y = 12,03 \text{ г}$,
 $\omega(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 27,5\%$; $\omega(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 72,5\%$.

СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

1711. 1) Протон; электрон.

2) Бор построил модель атома водорода. Основой для этого послужили, во-первых, данные опытов Г. Гейгера и Э. Марсдена, сотрудников Э. Резерфорда, по бомбардировке золотой фольги альфа-частицами (этот эксперимент свидетельствовал о «планетарном строении» атома) и, во-вторых, результаты исследования спектров излучения атомарного водорода.

3) Согласно формуле Планка $\Delta E = h\nu$. Поскольку $E_2 - E_1 < E_3 - E_1$, в первом случае частота излучения меньше. Частота излучения $\nu = c/\lambda$, где c — скорость света, λ — длина волны. Поэтому чем больше частота излучения, тем меньше длина волны.

4) Согласно модели Бора энергия электрона в атоме зависит лишь от номера орбиты, на которой находится электрон. В квантово-химической модели атома этому номеру соответствует главное квантовое число (номер энергетического уровня), каждый энергетический уровень делится еще на подуровни. Причина возникновения спектральных линий в молекулах та же самая, что и в атомах — переход электронов с одного энергетического уровня на другой. Но в молекуле к электронным переходам, соответствующим поглощению или излучению электромагнитной энергии в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, добавляются еще колебательные переходы (отвечают инфракрасной области спектра) и вращательные переходы (в дальней инфракрасной и микроволновой областях спектра). Поскольку расстояние между электронными энергетическими уровнями намного превышает расстояние между колебательными и вращательными уровнями, спектры поглощения молекулами видимого света имеют непрерывный вид.

5) Орбита означает траекторию движения, и в каждый момент времени можно точно указать положение космического корабля на орбите. Для электрона в атоме построить траекторию невозможно, можно определить лишь вероятность пребывания электрона в каждой точке пространства. Атомная орбиталь — это математиче-

ская функция, характеризующая пространственное распределение электрона в атоме. Ее изображают так, чтобы она ограничивала участок пространства, внутри которого вероятность обнаружить электрон составляет примерно 95 %.

1712. 1) $\nu = 502 \text{ кДж/моль} \cdot (6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1})^{-1} \cdot 1000/6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 12,6 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1} = 1,26 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

2) $\nu = 1,26 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1} / 3 \cdot 10^{10} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1} = 4,2 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$; $\lambda = 1/4,2 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ см} = 240 \text{ нм}$.

3) Ультрафиолетовое излучение.

1713. 1) Граница сходимости спектральной серии отвечает состоянию ионизации атома. Частота излучения $\nu_{\text{сход}}$ связана с энергией ионизации одного атома $E_{\text{ион}}$ соотношением:

$$E_{\text{ион}} = h\nu_{\text{сход}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{Гц}^{-1} \cdot 3,287 \cdot 10^{15} \text{ Гц} = 21,79 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Энергия ионизации 1 моль атомов

$$E_{\text{ион}} = E_{\text{ион}} N_A = 21,79 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 1,312 \cdot 10^6 \text{ Дж/моль} = 1312 \text{ кДж/моль}.$$

2) Кинетическая энергия излучаемого электрона

$$E_{\text{ион}} = mv^2/2 = h\nu - E,$$

где ν — частота излучения гелиевой лампы ($\nu = c/\lambda$), E — энергия, необходимая для удаления электрона из атома (фотоэлектрический эффект), v — скорость электрона, м/с. Отсюда следует:

$$E = h\nu - mv^2/2,$$

$$h\nu = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{58,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 0,3406 \cdot 10^{-17} \text{ Дж} = 2050,3 \text{ кДж/моль},$$

$$mv^2/2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (1,59 \cdot 10^6 \text{ м/с})^2 : 2 = 11,5028 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 692,5 \text{ кДж/моль (криптон)},$$

$$mv^2/2 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (2,45 \cdot 10^6 \text{ м/с})^2 : 2 = 27,3114 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1644,1 \text{ кДж/моль (рубий)}.$$

Таким образом, для Kг: $E_{\text{ион}} = 2050,1 - 692,5 = 1357,6 \text{ кДж/моль}$, для Rb: $E_{\text{ион}} = 2050,1 - 1644,1 = 406,2 \text{ кДж/моль}$.

1714. Метод протонного магнитного резонанса (ПМР) основан на поглощении молекулами энергии при взаимодействии вещества с магнитным полем. Спектр ПМР представляет собой совокупность пиков, характеризующих поглощение энергии внешнего магнитного поля протонами вещества.

Число групп сигналов указывает, сколько неэквивалентных сортов протонов есть в молекуле. Например, в спектре *n*-пропана есть две группы сигналов, обусловленных двумя группами эквивалентных протонов: 1) $-\text{CH}_3$ и 2) $-\text{CH}_2-$.

Важную информацию несет положение сигналов на оси абсцисс. Смещение сигналов спектра в зависимости от химического окру-

жения протонов называют химическим сдвигом (δ) и измеряют в миллионных долях (м.д.). В эталонном соединении — тетраметилсилане $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$ — δ принят равным нулю; на шкале химических сдвигов (δ -шкале) положение сигнала тетраметилсилана принимают за 0 м.д. Сигналы ПМР органических соединений обычно появляются слева от сигнала этанола и лежат в области 0–10 м.д. Большим численным значениям δ (примерно больше 4–5) соответствует поглощение энергии в так называемом *слабом поле*, а относительно малым δ отвечает область *сильного магнитного поля*.

Чем больше электроотрицательность атома, расположенного вблизи поглощающего протона, тем выше значение δ :

Тип протона	δ , м.д.	Тип протона	δ , м.д.
$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} - \text{R} \end{array}$	0,9–1,8	$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} - \text{Cl} \end{array}$	3,1–4,1
$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} = \text{C} = \text{O} \end{array}$	2,1–2,5	$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} - \text{Br} \end{array}$	2,7–4,1
$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} - \text{Ar} \end{array}$	2,3–2,8	$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} - \end{array}$	3,3–3,7
$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{Ar} \end{array}$	6,5–6,8	$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{C} = \text{O} \end{array}$	9–10
$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{O} - \text{R} \end{array}$	0,5–5	$\begin{array}{c} \\ \text{H} - \text{O} - \text{Ar} \end{array}$	6–8
$\text{H} - \text{O} - \text{Ar}$	6–8		

Интенсивность сигналов указывает на относительное содержание протонов каждого типа в молекуле. Например, в спектре *n*-пропана интенсивности пиков относятся друг к другу как 1 : 3 в соответствии с числом протонов в метиленовой группе (2) и двух метильных группах (6).

В спектрах ПМР часто наблюдается *расщепление* одного сигнала на несколько близко расположенных пиков. Это расщепление является следствием взаимодействия рассматриваемых протонов с другими неэквивалентными протонами (или другими ядрами с нечетными массовыми числами). Сигнал, расщепленный на два пика, называют *дублетом*, на три — *триплетом*, на четыре — *квartetом* и т.д. Число пиков, на которые расщепляется сигнал от отдельного вида протонов, называется *мультиплетностью*.

В первом приближении *мультиплетность сигнала протона равна $n + 1$* , где n — число протонов, находящихся у соседнего с данным атома углерода (у *вицинального* атома). Эквивалентные протоны не расщепляют сигналы друг друга. Так, в молекуле *n*-пропана протоны метиленовой группы $-\text{CH}_2-$ взаимодействуют с шестью протонами двух метильных групп, и сигнал от них расщепляется на

семь пиков; сигнал протонов метильной группы $-\text{CH}_3$ проявляется в виде трех пиков:

а) 2-метил-2-хлорпропан $(\text{CH}_3)_3\text{CCl}$;

б) величина δ указывает на наличие группы ClCH_2- , расщепление на дублет — на соседство группы CH , т.е. вещество — 2-метил-1-хлорпропан $\text{ClCH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$;

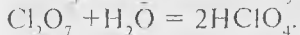
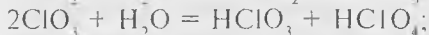
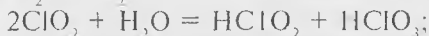
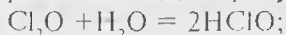
в) величина δ указывает на наличие группы ClCH_2- , расщепление на триплет — на соседство группы CH_3 , т.е. вещество — 1-хлорбутан;

г) триплет ($\delta = 1,0$ м.д.) дает группа CH_3 в этильном фрагменте, дублет ($\delta = 1,5$) — группа CH_2 , но связанная с группой атомов $-\text{C}(\text{HCl})-$. Вещество — 2-хлорбутан.

1715. Способность атомных орбиталей образовывать молекулярные орбитали определяют: а) близость энергий АО, г) одинаковая симметрия АО относительно оси связи, д) достаточная протяженность АО и возможность их перекрывания при образовании МО.

1716. Молекулы имеют электронные энергетические уровни, колебательные энергетические уровни и вращательные энергетические уровни. Переходы между вращательными уровнями находятся в микроволновой области электромагнитного спектра; переходы между электронными уровнями — в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Инфракрасная спектроскопия используется для исследования внутримолекулярных колебательных переходов.

1717. Во всех оксидах атом хлора находится в состоянии sp^3 -гибридизации. Димеризуются ClO_2 и ClO_3 .



1718. Геометрическая форма частиц:

BeF_2 — линейная;

$:\text{SO}_2$ — угловая;

$:\text{SO}_3^{2-}$ — треугольная пирамида;

SO_4^{2-} — тетраэдр;

NO_3 — плоский треугольник;

$::\text{ClF}_3$ — Т-образная;

MnO_4F — искаженный тетраэдр;

$:\text{NH}_3$ — тригональная пирамида;

AsH_3 — тригональная пирамида.

1719. 1) а) Валентный угол уменьшается: тетраэдрический ($109,5^\circ$), 107° , 104° . Согласно теории Гиллеспи, неподеленная пара электронов занимает больший объем;

б) валентный угол растет: 94° , 97° , 100° . Это можно объяснить как ростом взаимного отталкивания лигандов, так и увеличением вклада резонансной структуры с двойной связью $X=P$. Такая структура осуществляется за счет неподеленной пары электронов одного из атомов и вакантной d -орбитали другого; этот эффект стремится сделать молекулу плоской;

в) валентный угол уменьшается за счет увеличения числа лигандов. В пренебрежении эффектом Яна-Теллера для октаэдрических комплексов значения валентных углов при центральном атоме составляют 180° , $109,5^\circ$, 90° , 90° ;

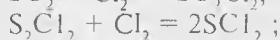
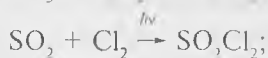
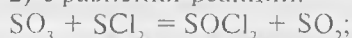
2) поскольку отрицательный конец диполя в молекуле RH_3 представлен неподеленной парой электронов атома фосфора, вектор дипольного момента при переходе от RH_3 к PF_3 изменяет направление и увеличивается по абсолютной величине, а при переходе от PF_3 к PCl_3 уменьшается (в Дебаях): $0,58$, $1,03$, $0,78$. Это объясняется следующим изменением полярности связей (стрелка указывает направление смещения электронной пары): $P \rightarrow F \gg P \rightarrow Cl \gg \gg P \rightarrow H$. Энергия связи в приведенном ряду изменяется также немонотонно: $RH_3 \gg PF_3 > PCl_3$. В молекуле RH_3 практически невозможна реализация резонансных структур с двойной связью, а в ряду двух других молекул связь ослабляется из-за увеличения главного квантового числа атомных орбиталей, с участием которых она образована (или, что то же, за счет увеличения ее длины).

3, 4) sp ; sp^3 (по крайней мере в твердой фазе, когда внутренняя сфера комплекса не содержит еще двух молекул воды); d^2sp^3 ; sp^3d^2 . Согласно теории кристаллического поля, лиганд NH_3 находится в середине спектрохимического ряда, поэтому в комплексе с Co^{3+} он будет лигандом сильного поля, а в комплексе с Co^{2+} — слабого. Поэтому первый из комплексов кобальта является низкоспиновым и внутриорбитальным, а второй — высокоспиновым и внешнеорбитальным. Катион Co^{3+} имеет шесть d -электронов, все они в комплексной частице спарены; катион Co^{2+} имеет семь d -электронов, из них в комплексе три не спарены. Значит, первый комплекс диамагнитен, а второй — парамагнитен (магнитный момент $5,04$ м.Б., тогда как оценка теории кристаллического поля дает заниженное значение $\sqrt{n(n+2)} = 3,87$ м.Б.).

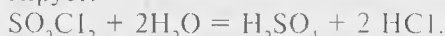
1720.

Молекула	Гибри- дизация атома серы	Полярность (да, нет)	Располо- жение элек- тронных пар	Геометрия молекулы	Число δ-связей
SF ₆	sp^2d^2	да	октаэдр	октаэдр	6
SF ₄	sp^3d	да	тригональ- ная би- пирамида	искажен- ный тетраэдр	4
SCl ₂	sp^3	да	тетраэдр	угловая	2
SOCl ₂	sp^3	да	тетраэдр	треуголь- ная пи- рамида	4
SO ₂ Cl ₂	sp^3	да	тетраэдр	искажен- ный тетраэдр	4
SF ₄ O	sp^3	да	тригональ- ная би- пирамида	тригональ- ная би- пирамида	5

2) Уравнения реакций:



SF₆ — один из наименее растворимых в воде газов, с ней не реагирует.



ГИБРИДИЗАЦИЯ

1721. sp .1722. sp^2 .1723. sp^3 .

1724. Неподеленные пары занимают sp^3 -орбитали, их отталкивание от электронных пар связей сильнее, чем отталкивание электронных пар связей между собой.

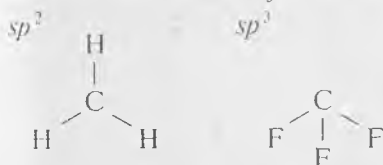
1725. NH₃ — sp^3 ; BF₃ — sp^2 .1726. P₄ — sp^3 .

1727. В молекулах CH_4 и SiH_4 образуются эквивалентные sp^3 -орбитали, а в молекулах H_2O и H_2S — неэквивалентные sp^3 -орбитали.

1728. BCl_3 — sp^2 , NCl_3 — sp^3 .

1729. Согласно *Правилу Бента*: электроотрицательные заместители предпочитают гибридные орбитали, имеющие меньший s -вклад (например, положение sp^3 , а не sp^2), а более электроположительные заместители — гибридные орбитали, имеющие больший s -вклад (например, положение sp^2 , а не sp^3).

Пример: свободный радикал CH_3 является почти плоским, а свободный радикал CF_3 — заметно пирамидальным.



1730. n — нечетное для молекул $:\text{AB}$, $:\text{AB}_3$, $:\text{AB}_5$ и AB_7 ; n — четное для ионов AB_2^+ , AB_2^- , AB_4^+ , AB_4^- , AB_6^- (для AB_6^+ — данных нет)

МЕТОД ОТТАЛКИВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПАР ВАЛЕНТНОЙ ОБОЛОЧКИ

1731.

Молекула	n	m	$n + m$
BeCl_2	2	0	2
BF_3	3	0	3
SnCl_2	2	1	3
CH_4	4	0	4
NH_3	3	1	4
H_2O	2	2	4
PF_5	5	0	5
SF_4	4	1	5
ClF_3	3	2	5
XeF_2	2	3	5
SF_6	6	0	6

1732. Чем больше расстояние между электронными парами, тем меньше их взаимное отталкивание. Энергетически выгодная структура достигается при наименьшем из возможных значений энергии.

1733.

Число электронных пар	Геометрическая форма
2	линейная 
3	плоская треугольная 
4	тетраэдрическая 

1734. BeCl_2 — линейная,
 BF_3 — плоская треугольная,
 CH_4 — тетраэдрическая.

1735. В молекуле $:\text{SnCl}_2$ одна неподеленная пара. Наличие неподеленной пары оказывает влияние на валентный угол, он уменьшается, так как взаимодействие «неподеленная пара — связывающая пара» сильнее взаимодействия двух связывающих пар.

1736. CH_4 — тетраэдрическая,
 NH_3 — пирамидальная,
 H_2O — изогнутая.

1737. В треугольной бипирамиде длина ребра — $\sqrt{2}r$, а длина основания — $\sqrt{3}r$, где r — радиус вписанной окружности. Поэтому экваториальная связь короче, чем аксиальная.

1738. SF_4 — искаженный тетраэдр,
 $:\text{ClF}_3$ — Т-образная,
 XeF_2 — линейная.

1739. Сведения о геометрической форме молекул представлены в таблице задачи № 1731.

1740. а) $\text{C}\equiv\text{C}$ (линейная);
б) $\text{C}\equiv\text{C}$ (плоская треугольная);
в) $\text{C}\equiv\text{C}$ (плоская треугольная);
г) $\text{C}\equiv\text{C}$ (бипирамидальная).

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И ИОНОВ

1741.

$СЧ = n + m$	m	Геометрическая форма молекулы	Примеры
2	0	линейная	CO_2, CS_2
3	0	плоская тригональная	$BF_3, SO_3, NO_3^-, CO_3^{2-}, CCl_3O$
3	1	изогнутая	SO_2, O_3, NO_2^-
4	0	тетраэдрическая	$CBR_4, SiH_4, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, ClO_4^-, PCl_3O, SO_2F_2$
4	1	пирамидальная	$PF_3, ClO_3^-, SO_3^{2-}, SOF_2$
4	2	изогнутая	SF_2, OF_2, H_2Te
5	0	бипирамидальная	SOF_4
5	1	искаженный тетраэдр	SF_4
5	2	Т-образная	ICl_3
5	3	линейная	XeF_5
6	0	октаэдрическая	SeF_6
6	1	квадратно-пирамидальная	IF_5
6	2	плоская	ICl_4^-

1742. $:GeF_2, :SF_2, :PCl_3, :SF_4, :IF_5$.

1743. Молекулы CH_4, NH_3 и H_2O имеют тетраэдрическую конфигурацию электронных пар.

1744. Сравните: а) число электронных пар; б) электроотрицательность атомов H, F и Cl; в) строение комплексных ионов.

1745. Число валентных электронов в молекуле равно сумме валентных электронов всех атомов, ее образующих.

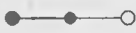
Пример:

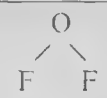
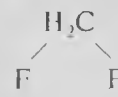
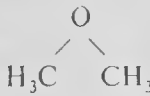
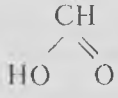
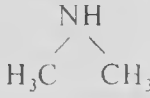
Молекула Число валентных электронов

HN_3 $1 + 3 \cdot 5 = 16$

$HO-CH=O$ $1 + 6 + 4 + 1 + 6 = 18$

$H_3C-NH-CH_3$ $3 \cdot 1 + 4 + 5 + 1 + 4 + 3 \cdot 1 = 20$

Форма	 sp	 sp^2	 sp^3
Число валентных электронов	16	18	20

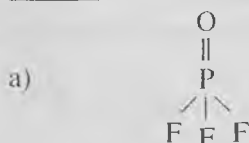
Молекулы	$\text{N}=\text{N}=\text{O}$		
	$\text{F}-\text{C}\equiv\text{N}$		
	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$		
	$\text{H}-\text{N}=\text{N}=\text{N}$		

1746. 10 валентных электронов — N_2 и C_2H_2 ;
 12 — O_2 и C_2H_4 ;
 14 — F_2 , HOF , CH_3NH_2 , C_2H_6 ;
 16 — CO_2 и $\text{C}_3\text{H}_4(\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2)$.

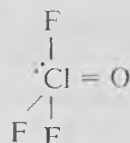
1747. а) 16, sp ; б) 18, sp^2 ; в) 20, sp^3 .

1748. Для всех молекул число валентных электронов равно 14.

1749.



слабоискаженный тетраэдр



сильноискаженный тетраэдр

Различие в пространственном строении возникает в связи с тем, что хлор имеет неподеленную электронную пару. Расположение электронных пар отвечает треугольной бипирамиде; в экваториальной плоскости располагаются неподеленная пара и связь $\text{Cl}=\text{O}$. б) PF_2Cl_3 и PF_3Cl_2 имеют форму треугольной бипирамиды, но в случае PF_3Cl_2 в экваториальной плоскости находятся три атома Cl , в аксиальной — два атома F , а в случае PF_2Cl_3 — в экваториальной плоскости лежат два атома Cl и атом F , в аксиальной — два атома F .

1750. PF_3 — треугольная пирамида, PF_5 — треугольная бипирамида, OF_2 , SF_2 — изогнутая, SF_4 — искаженный тетраэдр, SF_6 — октаэдр.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

1751. В молекуле F_2 отталкивание электронной пары, образующей связь, и неподеленных пар электронов сильнее, чем в случае большей по размеру молекулы Cl_2 , поэтому молекула Cl_2 устойчивее молекулы F_2 . В отличие от молекул H_2 и F_2 , в молекуле Cl_2 возможно также дополнительное связывание по донорно-акцепторному механизму за счет неподеленной пары одного атома и свободной $3d$ -орбитали другого.

1752. $H-1s^1, Li-1s^2 2s^1$

Внутренние $1s^2$ -электроны атома Li приводят к дополнительному отталкиванию.

1753. $Cs_2, Rb_2, K_2, Na_2, Li_2$

1754. а) F_2, O_2, N_2 ;

б) $C-C, C=C, C\equiv C$.

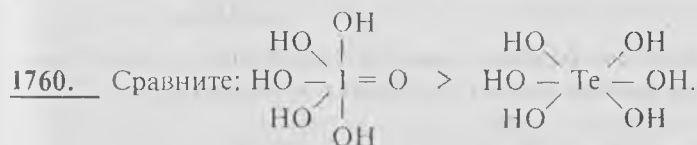
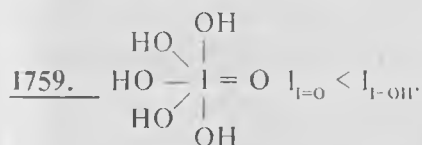
1755. $:N\equiv N:$; $:C\equiv O:$

Кратность связи в молекулах одинакова и равна 3.

1756. $CH_3 - sp^3$; $-COOH - sp^2$. Связь $C-OH$ длиннее связи $C=O$.

1757. S_2 .

1758. $N\equiv N, CH_3N=NCH_3, H_2N-NH_2$.



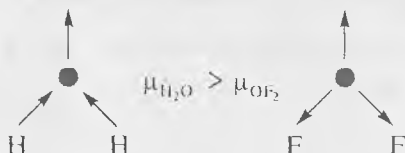
ДИПОЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ

1761. Молекулы CO_2 , CS_2 и COS имеют линейную форму. Молекулы CO_2 и CS_2 — неполярны, молекула COS — полярна. Неполярная молекула имеет нулевой дипольный момент. В случае молекулы CO_2 электронные пары смещаются в сторону атомов кислорода: $O \leftarrow C \rightarrow O$, и каждая связь CO получает дипольный момент (дипольный момент связи). А так как дипольные моменты

двух связей CO имеют противоположные направления, молекула CO₂ имеет нулевой дипольный момент. Электроотрицательности углерода и серы примерно одинаковы, углерода и кислорода — существенно отличаются. Поэтому полярность молекулы COS обусловлена дипольным моментом связи C—O.

1762. В молекуле CH₄ вследствие тетраэдрического строения четыре дипольных момента связей C—H точно компенсируют друг друга, что приводит к нулевому дипольному моменту. Молекула CH₃Cl также имеет тетраэдрическую форму, однако дипольные моменты связей C—H и C—Cl не компенсируют друг друга.

1763. В молекуле H₂O электронные пары в каждой из двух связей O—H смещены в сторону атома кислорода. Кроме того, атом кислорода имеет две неподеленные пары электронов. В результате в молекуле H₂O возникает неравномерное распределение зарядов, причем атом кислорода становится отрицательно заряженным, а атомы водорода несут на себе положительные заряды. В молекуле OF₂ электронные пары в каждой из двух связей O—F смещены в сторону атома фтора. Следовательно, дипольные моменты связей O—H и O—F имеют противоположное направление:



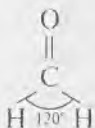
1764. а) Дипольные моменты связей N—H и N—F имеют противоположное направление;

б) электроотрицательности: N—3,07; As—2,20; H—2,1;

в) электроотрицательности: N—3,07; P—2,1; H—2,1.

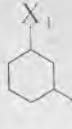
1765. Чем больше разность электроотрицательностей атомов, образующих связь, тем больше ее дипольный момент.

1766. $d = d_{CO} + 2d_{CH}\cos 60^\circ = 1,94 + 2 \cdot 0,4\cos 60^\circ = 2,34D.$



1767. $d_{H_2O} = 2d_{OH}\cos\frac{\alpha}{2}; \cos\frac{\alpha}{2} = \frac{1,81}{2 \cdot 1,51} = 0,5994; \alpha = 106,4^\circ.$



1768. а)  $\mu = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1\mu_2 \cos Q}$, где

$Q = 60^\circ$ (орто), 120° (мета) и 180° (пара). $\mu^{\text{орто}} = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_1\mu_2}$;
 $\mu^{\text{мета}} = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_1\mu_2}$; $\mu^{\text{пара}} = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_1\mu_2}$.

б) $\mu^{\text{орто}} = \sqrt{3}\mu$; $\mu^{\text{мета}} = \mu$; $\mu^{\text{пара}} = 0$.

1769. Величина дипольного момента μ равна произведению заряда δ на длину связи l , $\mu = \delta l$. Если $\delta = e = 4,8 \cdot 10^{-10}$ эл. ст. ед. и $l = 1 \text{ \AA} = 10^{-8}$ см, то $\mu = 4,8 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-8} = 4,8 \text{ D}$ (дебай).

$$\delta = \frac{\mu}{e} = \frac{5,9}{1,6 \cdot 4,8} = 0,77.$$

1770. $\mu_{\text{теор}} = 4,8 \cdot l$: 4,4(HF); 6,1(HCl); 6,8(HBr); 7,7(HI),
 ρ : 41(HF), 28(HCl), 12(HBr), 5(HI).

МЕТОД МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРБИТАЛИЙ

1771. а) σ — связывающая; б) σ — разрыхляющая.

1772. а) σ_s^* — разрыхляющая;

б) σ_s — связывающая;

в) σ_s^* — разрыхляющая;

г) σ_s — связывающая;

д) σ_s^* — разрыхляющая;

е) σ_s — связывающая;

ж) π_x^* — разрыхляющая;

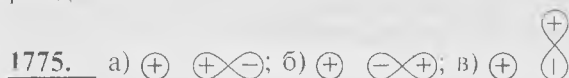
з) π_x — связывающая.

1773.

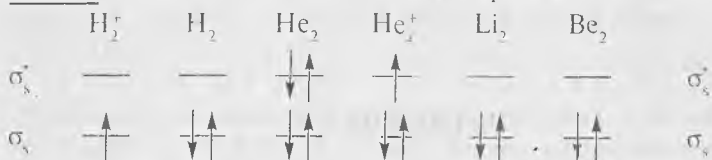


1774. В случае двухатомной молекулы π -орбитали всегда образуют пары, поскольку в каждом атоме имеется две орбитали p_x и p_y , одинаковым образом ориентированных друг относительно друга в молекуле. Поэтому всегда образуются две эквивалентные

π -связывающие и π -разрыхляющие МО; π -уровень двукратно вырожден.



1776. Заполнение МО ЛКАО электронами



Порядок связи по Полингу

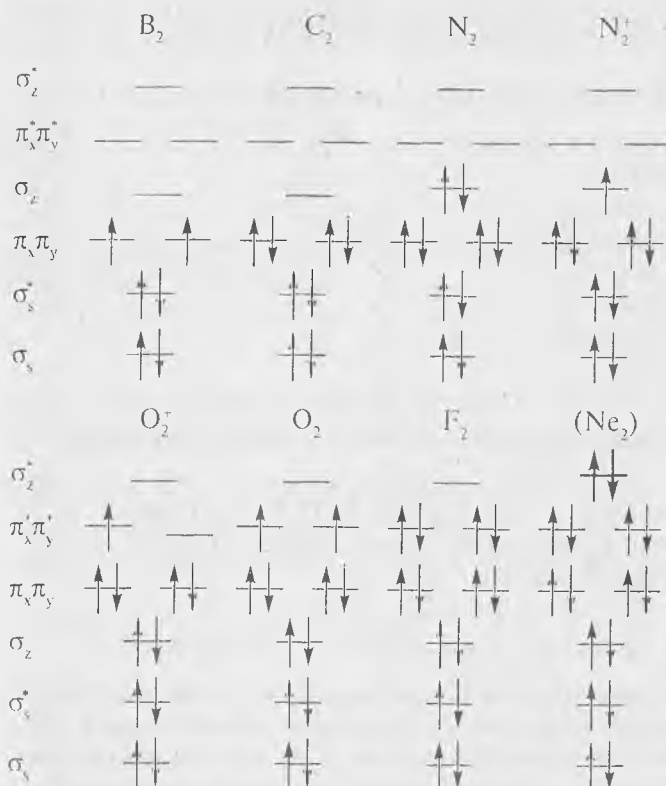
Число электронов на связывающих МО — Число электронов на разрыхляющих МО

$p =$

2

$$P_{H_2^+} = \frac{1}{2}, \quad P_{H_2} = 1, \quad P_{He_2} = 0, \quad P_{He_2^+} = \frac{1}{2}, \quad P_{Li_2} = 1, \quad P_{Be_2} = 0.$$

1777.



1778. При образовании иона N_2^+ из молекулы N_2 удаляется связывающий электрон ($P_{N_2} = 3$, $P_{N_2^+} = 2, 5$), а при образовании иона O_2^+ из молекулы O_2 удаляется разрыхляющий электрон ($P_{O_2} = 2$, $P_{O_2^+} = 2, 5$).

1779. а) O_2^- , O_2^+ , O_2^+ ; б) NO^+ , NO , NO^- .

1780. $P_{CO} = P_{N_2} = P_{NO^+} = P_{NO^-} = 3$.

РАДИКАЛЫ

1781. Радикалы имеют один или более неспаренных электронов: $\cdot CH_3$, $\cdot CN$, $\cdot CH_3$, $C_2H_5\cdot$, $\cdot OH$.

1782. $:\ddot{O} = \ddot{O}:$ — молекула кислорода имеет два неспаренных электрона.

1783. См. решение задачи 1777. π -Уровень в молекуле O_2 содержит два неспаренных электрона. Наличие неспаренных электронов обуславливает парамагнитные свойства.

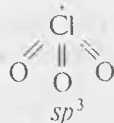
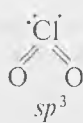
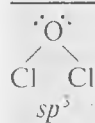
1784. См. решение задачи 1777. O_2^- — парамагнитен.

1785. См. решение задачи 1779. NO имеет один неспаренный электрон.

1786. а).

1787. NF — 2 неспаренных электрона, NF^+ и NF^- — 1 неспаренный электрон.

1788.



Димеризуются ClO_2 и ClO_3 .

1789. Индивидуальные соединения: Cl_2O , ClO и Cl_2O_7 .

Короткоживущие свободные радикалы: ClO_2 , ClO_3 .

Не существуют: Cl_2O_3 , Cl_2O_5 .

Cl_2O_6 в кристаллическом состоянии: $ClO_2^+ ClO_4^-$.

1790. $C \equiv N + C \equiv N \rightarrow N = C - C = N$,

$N \equiv O + N \equiv O \rightarrow O = N - N = O$.

В каждой из молекул CN и NO порядок связи равен 2,5, следовательно, в двух молекулах $2CN$ и $2NO$ — 5 связей. Однако, в димере C_2N_2 — семь связей, а в димере N_2O_2 — всего пять (столько же,

сколько было в исходных молекулах). Образование двух дополнительных связей в димере C_2N_2 приводит к выделению большого количества энергии.

СВОЙСТВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1791. Смысл имеют утверждения а), в), д).

1792. 1) Селитрами называют нитраты очень активных металлов. В первую очередь щелочных. Примеры: KNO_3 — калийная селитра, $NaNO_3$ — натриевая селитра.

2) Из воздуха можно получить аммиачную селитру NH_4NO_3 .

3) Опишем метод, близкий к современным технологиям. Сначала из воздуха необходимо выделить азот и кислород. Это делается сильным охлаждением воздуха. Воду лучше из воздуха не выделять (водяного пара в воздухе слишком мало, операция непронзводительна), а взять из какого-либо источника.

$2H_2O = 2H_2 + O_2$ (электролиз);

$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ (при повышенном давлении в присутствии катализатора);

$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$ (каталитическое окисление);

$4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$;

$HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3$.

4) Аммиачная селитра — распространенное азотное удобрение. В медицине аммиачную селитру могли использовать для наркоза, так как при ее разложении выделяется оксид диазота («веселящий газ»):

$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$.

С этой же реакцией связано взрывное разложение селитры, что позволяет использовать ее в пиротехнике (изготовление фейерверков).

1793. Чистые вещества: поваренная соль (если рассматривается как хлорид натрия), питьевая сода.

Гомогенные смеси: воздух, морская вода, минеральная вода (без осадка), водка, сахарный сироп, столовый уксус, бронза, бензин.

Гетерогенные смеси: поваренная соль (если рассматривается как хлорид натрия с примесями хлоридов калия, магния и др.), минеральная вода (если есть осадок), дым.

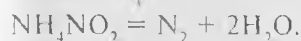
1794. 1, 4, 5, 7 — речь идет об элементах.

2, 3, 6 — речь идет о простых веществах.

1795. Найдем отношение стехиометрических индексов a , b , c в формуле $H_a N_b O_c$:

$$a : b : c = \frac{100 - 44 - 50}{1} : \frac{44}{14} : \frac{50}{16} = 2 : 1 : 1.$$

Эмпирическая формула $\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2$ соответствует нитриту аммония NH_4NO_2 .



При нагревании NH_4NO_2 образуется азот и вода.

1796. 1) При растворении аммиака его молекулы гидратируются за счет образования водородных связей $\text{H}_3\text{N} : \cdots \text{H} - \text{O} - \text{H}$. Из некоторой части гидратированных молекул образуются ионы NH_4^+ и OH^- .

2), 3) Хотя существуют соединения фосфония, электронодонорные (и, соответственно, протоноакцепторные) свойства выражены у атома фосфора в молекуле фосфина очень слабо. Это связано с тем, что не наблюдается sp^3 -гибридизация $3s$ - и $3p$ -орбиталей атома фосфора, $3s$ электронная пара плотно экранирована и практически не способна образовывать связи по донорно-акцепторному механизму. Из этого вытекает и различие в пространственном строении молекул: молекула NH_3 имеет форму тригональной пирамиды, где за счет неподеленной электронной пары на атоме азота углы между связями $\text{H} - \text{N} - \text{H}$ несколько меньше 109° ; молекула фосфина тоже имеет форму тригональной пирамиды, но углы между связями $\text{H} - \text{P} - \text{H}$ близки к 90° .

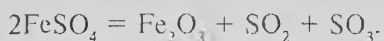
1797.

$\text{A} - \text{H}_2\text{S}$; $\text{B} - \text{O}_2$; $\text{C} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{D} - \text{S}$; $\text{E} - \text{SO}_2$; $\text{F} - \text{H}_2$; $\text{G} - \text{SO}_3$; $\text{H} - \text{H}_2\text{SO}_4$.

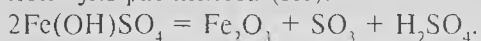
1798. 1) В состав породы мог входить кремнезем, но не алюминий и углерод в виде простых веществ (углерод может входить в состав лишь такого минерала, как углистый колчедан). Для того, чтобы получить железный купорос, нет никакой необходимости зажигать дрова, нагревать минерал и т.п. Сульфид железа превращается в железный купорос при окислении во влажном воздухе: $\text{FeS} + 2\text{O}_2 + 7\text{H}_2\text{O} = \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Время, необходимое для завершения процесса, — 2—3 месяца. Частично кристаллы железного купороса выветриваются (теряют воду), а сульфат железа (II) окисляется до основной соли Fe (III): $4\text{FeSO}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ (бурого цвета).

При нагревании железного купороса выделяется вода и получается белая масса безводного сульфата железа (II). При температурах выше 480°C безводная соль разлагается с выделением диоксида и триоксида серы; последний во влажном воздухе образует белые тяжелые пары серной кислоты:

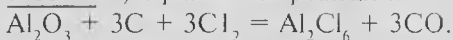


Подобное же превращение при нагревании претерпевает и основной сульфат железа (III):

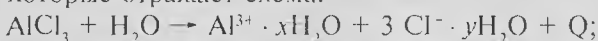


2) В настоящее время сырьем в промышленности для получения серной кислоты являются железный колчедан FeS_2 (чаще всего), сера, гипс и др. Колчедан подвергают обжигу на воздухе, полученный при этом диоксид серы (IV) окисляют кислородом воздуха (катализаторы — V_2O_5 , Pt и др.), продукт реакции — триоксид серы — поглощают концентрированным раствором серной кислоты, который, насыщаясь SO_3 , превращается в олеум.

1799. 1) Уравнение реакции:



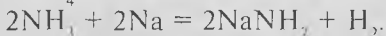
2) При внесении хлорида алюминия в воду происходят процессы, которые отражает схема:



В растворе происходит гидролиз ионов Al^{3+} (эндотермический процесс). Так как при растворении хлорида алюминия выделилось за счет гидратации ионов значительное количество теплоты, гидролиз происходит интенсивно. Образуются гидроксид алюминия, основной хлорид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$, нерастворимые в воде (муть).

3) При охлаждении муть уменьшится. При добавлении раствора серной кислоты муть исчезнет. Добавление растворов аммиака и карбоната натрия приведет к полному превращению Al^{3+} в $\text{Al}(\text{OH})_3$, мутность раствора вырастет. При добавлении по каплям раствора гидроксида натрия сначала образуется гидроксид алюминия, растворяющийся в избытке щелочи, — раствор станет прозрачным.

1800. 1) NaNH_2 — основание, NaCl — соль сильной кислоты и сильного основания, NH_4Cl — кислота.



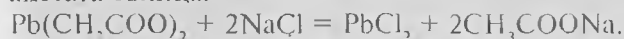
2) Для объемного титрования необходим раствор щелочи NaNH_2 в жидком аммиаке.

3) Консервантом является слабый раствор кислоты, а после мытья на стенках остается небольшое количество щелочи, которую и смывают растворителем.

4) Вполне возможно, что нерадивый лаборант «сварится».

5) При большом содержании соли лучше всего выпарить растворитель и взвесить соль, при малом содержании подходит осадитель-

ное (или потенциометрическое) титрование, например, раствором ацетата свинца:



СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

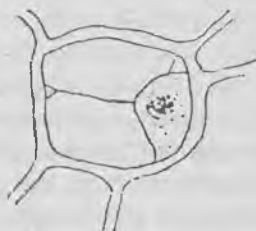
1801. Порядок констант в соответствии с перечнем веществ следующий:

фенол	этанол	хлоруксусная к-та	бензойная к-та	угольная к-та
$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-18}$	$1,41 \cdot 10^{-3}$	$6,30 \cdot 10^{-5}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$

1802. 1) Осмос — движение растворителя через полупроницаемую мембрану вследствие градиента химического потенциала.



Клетка в нормальных условиях (под микроскопом)



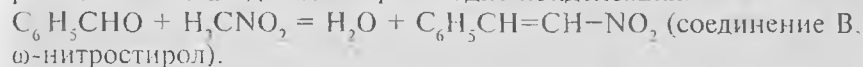
Сжавшаяся клетка после обезвоживания

2) Аббат Нолле помещал раствор сахара в сосуд, закрытый снизу животной перепонкой, и погружал этот сосуд в чистую воду. Вода проникала через перегородку, и уровень раствора в сосуде повышался. Измеряя высоту столба жидкости, можно определить осмотическое давление.

3) Поваренная соль тоже применима, но сама по себе она не обладает бактерицидным действием, т.е. будет несколько менее эффективна для мумифицирования, чем карбонат натрия.

4) После воды, основной составляющей тела являются жиры. В мертвом теле происходит разрушение жиров, при котором образуются жирные кислоты, обеспечивающие кислую реакцию среды водной вытяжки.

1803. 1) Ключ к решению — определить формулу соединения В. Поскольку метильная группа в нитрометане имеет в качестве соседа нитрогруппу, атомы водорода приобретают подвижность; при реакции с бензальдегидом происходит конденсация:

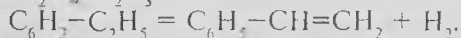


Теперь очевидно, что А — стирол (вспомним, что впервые его получили из растения *Storax*).

2) Сейчас в промышленности стирол синтезируют, исходя из бензола и этилена:



Затем дегидрогенизируют этилбензол в присутствии катализатора $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$:



Стирол — один из важнейших мономеров для синтеза высокомолекулярных соединений.

3) а) При облучении достаточно быстро по радикальному цепному механизму происходит полимеризация стирола (получается полистирол);

б) при действии хлора происходит реакция присоединения (механизм A_E):

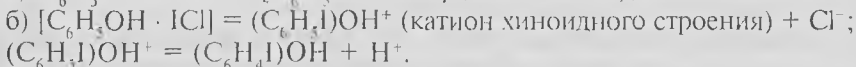
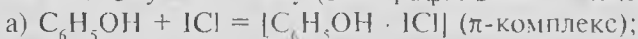


в) При действии на ω -нитростирол азотной кислоты происходит нитрование в бензольное кольцо (механизм S_E). Группа $-\text{CH}=\text{CH}-\text{NO}_2$ — ориентант I рода, вследствие чего образуется смесь *о*- и *п*-изомеров. Интересно, что эта группа принадлежит к таким *орто*-, *пара*-ориентантам, введение которых в молекулу бензола замедляет реакцию замещения.

1804. 1) Под действием монохлорида йода из фенола последовательно образуются 4-йодфенол, 2,4-дйодфенол и 2,4,6-трийодфенол.

2) Атом йода — большой заместитель, в силу чего на первой стадии замещение проходит в наиболее доступное *пара*-положение.

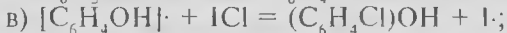
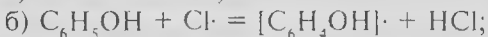
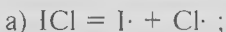
3) В полярном растворителе (нитробензоле) реакция происходит по ионному механизму (электрофильное замещение):



Суммарное уравнение образования 4-йодфенола:



образование ди- и трийодфенолов происходит аналогично. При замене растворителя на неполярный и облучении реакционной смеси механизм меняется на свободно-радикальный:

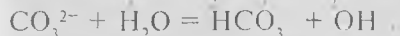


Суммарное уравнение:

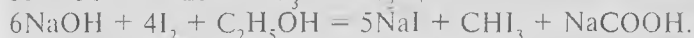
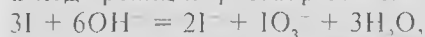


Атака молекулы фенола атомом хлора происходит не селективно вследствие чего образуется смесь *орто*-, *мета*- и *пара*-изомеров хлорфенола (а затем — соответствующих полихлорфенолов).

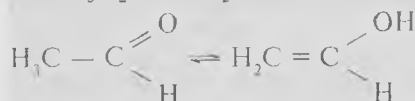
1805. 1) В горячей воде питьевая сода частично разлагается (гидролиз усиливается, выделяется газ):



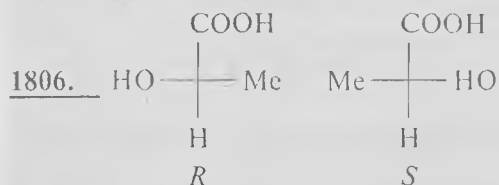
Среда становится более щелочной. Йод в щелочной среде проявляет свойства слабого окислителя. Восстановителем является спирт. В ходе реакции раствор обесцвечивается.



Появляется слабый запах йодоформа.



2) Реакция образования йодоформа связана с кето-енольной таутомерией карбонильных соединений. Галогенирование осуществляется по механизму «присоединение — отщепление»: сначала молекула I_2 присоединяется по двойной связи $\text{C}=\text{C}$, затем отщепляется молекула HI с образованием двойной связи $\text{C}=\text{O}$. Щелочная среда сдвигает все равновесные стадии в сторону образования продуктов. Затем трийодуксусный альдегид вступает в реакцию $\text{S}_\text{N}2$ -замещения:



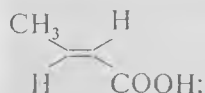
1807. а) 2 Пика при $\delta \approx 3,5$ м.д. (CH_3) и $\delta \approx 5,5$ м.д. (CH_2); б) кватер при $\delta \approx 5,3$ м.д. (CH), дублет при $\delta \approx 2$ м.д. (CH_3).

1808. а) Этилбензол; б) трет-бутилбензол; в) 1,3-дихлорбутен-2.

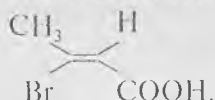
1809. а) Бутен-2(*E*);

б) 2-хлор-бутен-2(*Z*);

в) бутен-2(*E*)-овая кислота



г) 3-бромбутен-2(Z)-овая кислота



1810. Вещество $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$ — диэтилкетон.

СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

1811. а) 4 моль + 22 моль = 16 моль + 12 моль;

б) 54 г + 176 г = 176 г + 54 г;

в) 6 л + 33 л = 24 л + 18 л;

г) 10^{20} молекул + $5,5 \cdot 10^{20}$ молекул = $4 \cdot 10^{20}$ молекул + $3 \cdot 10^{20}$ молекул.

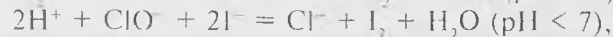
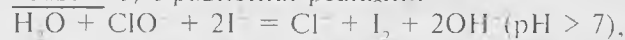
1812. При взаимодействии галогенидов с MnO_2 и H_2SO_4 происходят реакции



где Hal — это Br или I .

После осушения смеси в ней остаются эквимольные количества Br_2 и I_2 . При 200°C они газообразны, при 100°C йод — твердое вещество, а бром остается газообразным. Если пренебречь давлением паров йода над твердой фазой, можно заключить, что конденсация йода уменьшает давление вдвое, а понижение температуры — еще в $473\text{ K}/373\text{ K} = 1,27$ раза. Общее уменьшение давления — в 2,54 раза.

1813. 1) Уравнения реакций:



2) Введем обозначения: количество вещества — n , моль; масса навески порошка m , г.

$$n(\text{NaClO}) = n(\text{I}_2) = 0,5 \cdot n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$$

$$= 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3),$$

где $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ — объем титранта, мл; $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,100$ моль/л.

Отсюда следует:

$$\omega(\text{NaClO}) = \{n(\text{NaClO}) \cdot M(\text{NaClO})/m\} \cdot 100 =$$

$$= \{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-1} \cdot 74,5 \cdot 100/15\} \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$$

$$= 2,483 \cdot 10^{-2} \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3), \%,$$

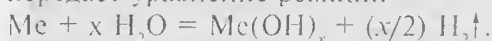
$$\omega(\text{NaClO}), \%,$$

Инспектор 0,90,

Федя 1,10.

3) Прав Федя, т.к. в щелочной среде частично происходит реакция $I_2 + OH^- = I^- + HOI$,
 HOI окисляет $S_2O_3^{2-}$ до сульфат-иона:
 $4HOI + S_2O_3^{2-} + H_2O = 2SO_4^{2-} + 4I^- + 6H^+$,
 что приводит к пониженному расходу $Na_2S_2O_3$.

1814. 1) а) Поскольку металл растворяется в воде, это — щелочной или щелочноземельный металл, его взаимодействие с водой передает уравнение реакции



По уравнению Менделеева-Клапейрона $PV = nRT$ определяем количество вещества водорода:

$$n(H_2) = \frac{9,943 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 340,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 297,15 \text{ К}} = 1,3720 \cdot 10^{-2} \text{ моль},$$

откуда молярная масса атомов Me $M(Me) = 0,5 \cdot x \cdot m(Me) / n(H_2) = 20,517 \cdot x \text{ г/моль}$

При $x=1$ металла нет, при $x=2$ металл — Ca , рассчитанное значение $M(Ca) = 41,035 \text{ г/моль}$. Оно отличается от точного $40,078 \text{ г/моль}$ на $0,957 \text{ г/моль}$. Таким образом, относительная погрешность определения $M(Ca)$ составляет $(0,957/40,078) \cdot 100 \% = 2,4 \%$.

б) Взаимодействие CaO с CO_2 : $CaO + CO_2 = CaCO_3$.

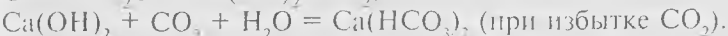
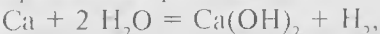
Молярная масса $M(CO_2) = 12,011 + 2 \cdot 15,9994 = 44,098 \text{ (г/моль)}$.

С $M(CaO)$ г реагирует $M(CO_2)$ (44,098) г CO_2 ,

с $0,5160 \text{ г} - 0,4008 \text{ г } CO_2$,

откуда $M(CaO) = 44,098 - 0,5160/0,4008 = 56,773 \text{ (г/моль)}$. $M(Ca) = 56,773 - 15,994 = 40,773 \text{ (г/моль)}$, относительная погрешность определения $M(Ca)$ составляет $(40,773 - 40,078) / 40,078 \cdot 100 \% = 1,7 \%$.

в) Наконец, при выдерживании кальция в атмосфере влажного CO_2 происходят реакции:



Увеличение массы твердого вещества

$$\Delta m = 0,7709 \text{ г} - 0,2305 \text{ г} = 0,5404 \text{ г};$$

молярные массы: $M(H_2) = 2 \cdot 1,00794 = 2,0159 \text{ (г/моль)}$,

$M(CO_2) = 44,098 \text{ г/моль}$;

$M(H_2O) = 2 \cdot 1,00794 + 15,9994 = 18,0153 \text{ (г/моль)}$.

Из 1 моль Ca образуется 1 моль $Ca(OH)_2$, который связывает 1 моль CO_2 и 1 моль H_2O .

При реакциях 1 моль кальция прирост массы составляет:

$$44,098 + 3 \cdot 18,0153 - 2,0159 = 96,1280 \text{ (г)}.$$

Пользуемся стехиометрическим соотношением:

$$\frac{0,2305 \text{ г}}{M(Ca) \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}} = \frac{0,5404 \text{ г}}{96,1280 \text{ г}} \Rightarrow M(Ca) = 41,002 \text{ г/моль}.$$

относительная погрешность определения равна:

$$(41,002 - 40,078)/40,078 \cdot 100 \% = 2,3 \%$$

Заметим, что проводить расчет молярной массы атомов кальция по количеству вещества образовавшегося $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ некорректно, поскольку при этом приходится использовать неизвестное значение $M(\text{Ca})$.

1815. 1) Простые окрашенные вещества, газообразные при нормальных условиях, — фтор и хлор. Найдем молярную массу эквивалентов второго элемента в соединении В:

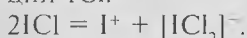
$$M = (2,42 - 0,01 \cdot A \cdot 2)/0,02,$$

где $A = 19$ г/моль в случае фтора и $35,5$ г/моль в случае хлора. Физический смысл имеет значение $M = 85,5$ г/моль, соответствующее соединению В RbCl .

Из условий взаимодействия вещества Г с алюминием находим молярную массу эквивалентов элемента, образующего простое вещество Г: $10 \cdot 0,9/0,709 = 127$ г/моль. Следовательно, вещество Г — I_2 . Таким образом, соединение А имеет состав RbI_2Cl . Его молярная масса 375 г/моль. Тогда молярная масса соединения Б составляет $283,5$ г/моль, Б — это RbICl_2 .

2) При разложении вещества Б образуются RbCl и ICl .

3) Нитробензол как полярный растворитель способствует ионизации ICl :



На катоде происходит реакция: $2\text{I}^+ + 2e^- = \text{I}_2$,

на аноде — $2[\text{ICl}_2]^- - 2e^- = \text{I}_2 + 2\text{Cl}_2$.

4) Вода.

5) На первой стадии происходит йодирование фенола в *п*-положение по механизму электрофильного замещения. На следующих стадиях замещаются атомы водорода в *о*-положении.

1816. 1) Предположение об эквивалентном соотношении количеств вещества O_2 и металла, выделившихся при электролизе, приводит к слишком большой молярной массе электрохимических эквивалентов металла ($257,3$ г/моль). Следовательно, на катоде выделилось значительное количество водорода. Рассчитаем молярную массу эквивалентов металла в его оксиде (в предположении, что на катоде выделился весь металл):

$M_{\text{э}}(\text{Me}) = 1,924 \cdot 0,5 \cdot 15,992/(2,812 - 1,924) = 17,332$ (г/моль), что соответствует хрому (III). Количество вещества хрома составляет $3,7 \cdot 10^{-2}$ моль.

Исходя из цвета соединения А, делаем вывод, что хром в нем находится в степени окисления +2.

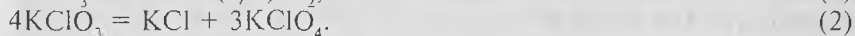
Молярная масса кристаллогидрата сульфата хрома $M(\text{A}) = 10,14/3,7 \cdot 10^{-2} = 274,0$ (г/моль), что соответствует $\text{CrSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Таким образом, А — $\text{CrSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; В — $\text{Cr}(\text{OH})_3$; С — Cr_2O_3 .

2) Соли с формулой $\text{MeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ называют купоросами (например, железный купорос). Медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — исключение.

3) Хром выделяется на катоде при электролизе а) вследствие перенапряжения выделения водорода и б) низкой концентрации ионов H^+ в воде. Наиболее полное выделение хрома произойдет из нейтрального раствора, т.к. в кислой среде будет доминировать восстановление ионов водорода, а в щелочном слишком мала концентрация ионов Cr^{2+} .

1817. 1) Уравнения реакций:



2) Количество вещества KClO_3

$$n(\text{KClO}_3) = m(\text{KClO}_3) / M(\text{KClO}_3) = 98,00 / 122,5 = 0,800 \text{ (моль)},$$

количество вещества KClO_3 , разложившегося по реакции (1)

$$n_1(\text{KClO}_3) = (2/3) \cdot n(\text{O}_2) = (2/3) \cdot m(\text{O}_2) / M(\text{O}_2) = (2/3) \cdot 25,00 / 32 = 0,521 \text{ (моль)},$$

количество вещества KClO_3 , разложившегося по реакции (2)

$$n_2(\text{KClO}_3) = n(\text{KClO}_3) - n_1(\text{KClO}_3) = 0,800 - 0,521 = 0,279 \text{ (моль)},$$

количество вещества KCl в твердом остатке:

$$n(\text{KCl}) = n_1(\text{KClO}_3) + (1/4) \cdot n_2(\text{KClO}_3) = 0,521 + (1/4) \cdot 0,279 = 0,591 \text{ (моль)},$$

масса KCl :

$$m(\text{KCl}) = M(\text{KCl}) \cdot n(\text{KCl}),$$

где M — молярная масса (74,5 г/моль).

$$m(\text{KCl}) = 74,5 \cdot 0,591 = 44,03 \text{ (г)},$$

масса KClO_4 :

$$m(\text{KClO}_4) = m(\text{остаток}) - m(\text{KCl}) = 98,00 - 25,00 - 44,03 = 28,97 \text{ (г)},$$

количество вещества KClO_4 :

$$n(\text{KClO}_4) = m(\text{KClO}_4) : M(\text{KClO}_4) = 28,97 : 138,5 = 0,209 \text{ (моль)}.$$

Массовые доли:

$$\omega(\text{KCl}) = 44,03 : (44,03 + 28,97) \cdot 100 = 60,3 \text{ (\%)},$$

$$\omega(\text{KClO}_4) = 100 - \omega(\text{KCl}) = 39,7 \text{ (\%)}. \quad \text{или}$$

Молярные доли:

$$\chi(\text{KCl}) = 0,591 : 0,800 \cdot 100 = 73,9 \text{ (\%)},$$

$$\chi(\text{KClO}_4) = 100 - \chi(\text{KCl}) = 100 - 73,9 = 26,1 \text{ (\%)}. \quad \text{или}$$

3) Количество вещества элементов:

$$n(\text{K}) = n(\text{Cl}) = 0,800 \text{ (моль)},$$

$$n(\text{O}) = 4 \cdot n(\text{KClO}_4) = 4 \cdot 0,209 = 0,836 \text{ (моль)},$$

Молярная доля:

$$\chi(\text{K}) = 0,800 : (0,800 + 0,800 + 0,836) \cdot 100 = 32,8 \text{ (\%)},$$

Массовая доля:

$$\omega(\text{K}) = (0,800 \text{ моль} \cdot 39 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} / 73 \text{ г}) \cdot 100 = 42,7 \text{ \%}.$$

4) Количество вещества кислорода в исходной бертолетовой соли $n(\text{O}) = 3 \cdot n(\text{KClO}_3) = 3 \cdot 0,800 = 2,400$ (моль), максимальная масса кислорода, который можно получить из бертолетовой соли при ее разложении в присутствии катализатора (например, MnO_2) равна:
 $m_{\text{макс}} = n(\text{O}) \cdot M(\text{O}) = 2,400 \text{ моль} \cdot 16 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 38,400 \text{ г}.$

1818. 1) Ключ к решению — определение веществ С и У.

Исходя из свойств газа В, можно утверждать, что В не является простым веществом, в частности, водородом или кислородом; вещество С — кислородсодержащая кислота, анион которой с катионом серебра (I) образует соль желтого цвета. Такими свойствами обладают йодид или фосфат-ионы. Тогда, поскольку С содержит кислород, — это фосфорная кислота. Проверим этот вывод. Для этого рассчитаем молярную массу эквивалентов С в реакции нейтрализации:

$$M_{\text{э}}(\text{C}) = 0,100 \text{ г} : (0,2048 \text{ л} \cdot 0,100 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}) = 49 \text{ г/моль}.$$

Такая молярная масса эквивалентов соответствует титрованию фосфорной кислоты как двухосновной. Именно так и ведет себя фосфорная кислота при титровании щелочью в присутствии фенолфталеина (до pH 8–10):

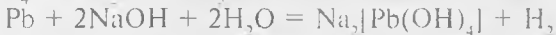
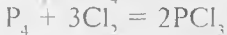
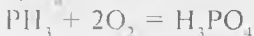


К заключению о том, что С — это фосфорная кислота, можно прийти и другим путем, перебирая возможные кислоты $\text{H}_n\text{E}_m\text{O}_n$, отвечающие условиям титрования.

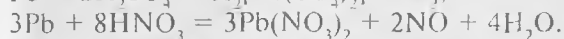
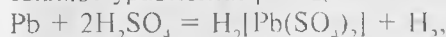
Итак, А — это фосфор. Поскольку вещество А реагирует со щелочью, это белый фосфор, а газ В — фосфин PH_3 . Тогда осадок Х — фиолетовый фосфор, осадок D — Ag_3PO_4 , вещество Е — трихлорид фосфора PCl_3 (не PCl_5 !).

Определим вещество У. Молярный объем идеального газа при стандартных условиях (25 °С, 1 атм) равен 24,45 л. Тогда объем 1 моль эквивалентов водорода при этих условиях составляет 24,45/2 л. Рассчитаем молярную массу эквивалентов У в реакции со щелочью:
 $M_{\text{э}}(\text{Y}) = 0,500 \text{ г} \cdot (24,45/2) \text{ л} : 0,059 \text{ л} = 103,6 \text{ г/моль}.$

Такое значение $M_{\text{э}}$ соответствует свинцу в реакции растворения в растворе щелочи. Следовательно, вещество У — свинец, осадок F — PbI_2 .



3) Свинец не взаимодействует с раствором хлороводородной кислоты, с разбавленной серной кислотой и концентрированной азотной кислотами, поскольку на поверхности металла образуются пленки плохо растворимых солей. Взаимодействие с концентрированной серной кислотой и с разбавленной азотной кислотой описывают уравнения реакций:



4) Белый фосфор имеет молекулярное строение, в каждую молекулу входят четыре атома. Молекула P_4 имеет форму тетраэдра с углом между связями 60° и длиной связей $\text{P}-\text{P}$ 0,22 нм. Молекулы PH_3 и PCl_3 имеют форму тригональной пирамиды с атомом фосфора в вершине.

1819. 1) Под названием «алкалоиды» объединяют азотсодержащие вещества различной химической природы растительного или животного происхождения, имеющие основной характер и не являющиеся продуктами гидролитического расщепления белков.

2) Из условия задачи следует, что X в водном растворе полностью диссоциирует, образуя гидроксид-ионы и катионы Y^+ :



Поскольку X — азотсодержащее основание, сильный электролит, который синтезируют из триметиламина в одну стадию, разумно предположить, что X — четвертичное аммониевое основание, содержащее группировку $(\text{H}_3\text{C})_3\text{N}^+-\text{R}$.

В методе криоскопии $\Delta T = K \cdot c_m$,

где c_m — суммарная моляльность растворенных частиц. По данным криоскопии, $c_m = 0,02$ моль /1000 г воды. Согласно результатам измерения pH, в этом растворе $\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 12$, равновесная концентрация $[\text{OH}^-] = 0,01$ моль/л и практически совпадает с $c_m(\text{OH}^-) = 0,01$ моль/кг. Тогда масса катиона

$$m(\text{Y}^+) = 1,21 \text{ г} - 1 \text{ л} \cdot 0,01 \text{ моль/л} \cdot 17 \text{ г/моль} = 1,04 \text{ г},$$

$$c_m(\text{Y}^+) = 0,01 \text{ (моль/кг)},$$

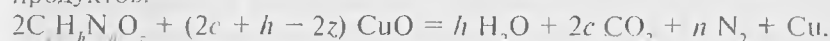
молярная масса Y^+

$$M(\text{Y}^+) = 104 \text{ (г/моль)},$$

молярная масса X

$$M(\text{X}) = M(\text{Y}^+) + M(\text{OH}^-) = 121 \text{ (г/моль)}.$$

Обозначим алкалоид $\text{C}_c\text{H}_h\text{N}_n\text{O}_z$. При прокаливании X с CuO происходит полное окисление алкалоида с образованием газообразных продуктов:



$$V_0 = V(\text{H}_2\text{O}) + V(\text{CO}_2) + V(\text{N}_2),$$

$$V_1 = V(\text{CO}_2) + V(\text{N}_2),$$

$$V_2 = V(\text{N}_2).$$

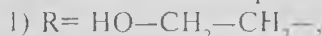
Используя соотношение $(V_a/T_a) = (V_b/T_b)$, приводим объемы к одинаковой температуре и находим, что при этих условиях

$$V_0 : V_1 : V_2 = 26,00 : 11,00 : 1,$$

откуда

$$K(\text{CO}_2) : K(\text{N}_2) = 10 : 1, K(\text{H}_2\text{O}) : K(\text{N}_2) = 15,$$

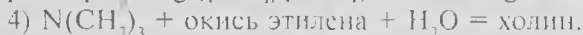
в молекуле алкалоида количества вещества элементов соотносятся как $\text{C} : \text{H} : \text{N} = 5 : 15 : 1$, простейшая формула $\text{X} - \text{C}_5\text{H}_{15}\text{NO}_2$, молярная масса, соответствующая этой формуле, $M = (60 + 15 + 14 + 16 \cdot 2) \text{ г/моль} = (89 + 16 \cdot z) \text{ г/моль}$. С другой стороны, молярная масса $M(\text{X}) = 121 \text{ г/моль}$, откуда $z = 2$, простейшая формула совпадает с истинной. Таким образом, эмпирическая формула $\text{X} - \text{C}_5\text{H}_{15}\text{NO}_2$. Поскольку X содержит группировку $(\text{H}_3\text{C})_2\text{N}^+$ — и гидроксид-ион, что суммарно составляет $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$, на радикал R остается $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}$. Учитывая, что X — алифатический алкалоид, радикалом R не может быть оксипропильная группировка $-\text{OC}_2\text{H}_5$, и возможны два варианта:



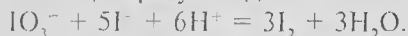
Последний вариант приходится отбросить по той причине, что эта группировка содержит асимметрический атом углерода, а вещество X не обладает оптической активностью. Таким образом, формула X имеет вид: $\text{HO}-\text{C}_3\text{H}_7-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_2, \text{OH}^-$. Это — **холин**.

3) Холин является щелочью и с уксусной кислотой вступает в реакцию нейтрализации. Поскольку кислота в избытке, после взаимодействия в 110 мл раствора содержатся ацетат-ионы в концентрации 0,0045 моль/л и уксусная кислота в концентрации 0,0036 моль/л.

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \{[\text{Ac}^-]/[\text{HAc}]\} = 4,76 + \lg 1,25 = 4,86.$$



1820. 1) При титровании йодат-ион взаимодействует с йодид-ионом, образуя йод:



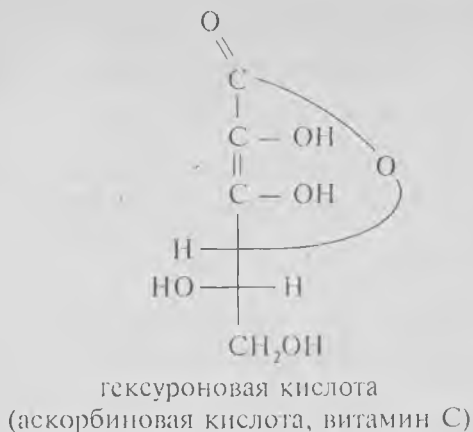
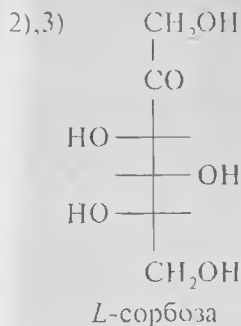
Согласно уравнению реакции, количества вещества йода и йодид-иона связаны соотношением:

$$n(\text{I}_2) = 3n(\text{IO}_3^-) = 3 \cdot 0,0500 \cdot 20,1 \cdot 10^{-3} (\text{моль}) = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

Таким же будет и количество вещества кислоты в навеске. Тогда молярная масса кислоты равна:

$$M(\text{X}) = 0,531/3,02 \cdot 10^{-3} = 176,12 (\text{г/моль}).$$

Разность между этой величиной и молярной массой глюкозы ($M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \text{ г/моль}$) составляет 4 г/моль. Ее можно отнести только на счет атомов водорода, и, значит, в молекуле кислоты их на 4 меньше, чем в молекуле глюкозы. Эмпирическая формула кислоты $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$.



КИНЕТИКА РЕАКЦИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

1821. Для реакций первого порядка кинетическое уравнение:

$$-\frac{dc}{dt} = kc \quad \text{или} \quad ct = c_0 e^{-kt} \quad \text{или} \quad kt = \ln \frac{c_0}{c_t}$$

$$c_t = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ г/мл} \cdot e^{-1,45} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ г/мл},$$

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{c_0}{c_t} = \frac{1}{1,45 \text{ год}} \ln \frac{5,0}{3,0} = 0,35 \text{ года}.$$

1822. Для реакций первого порядка время, за которое реагирует

$$\text{половина вещества: } t_{1/2} = \frac{1}{k} \ln \frac{c_0}{c_0/2} = \frac{1}{k} \ln 2 = \frac{0,693}{k}$$

$$\text{где } k = k_1 + k_2. \text{ Откуда } k = \frac{0,693}{6,93} = 0,1 \text{ мин}^{-1},$$

Найдем второе уравнение, связывающее k_1 и k_2 .

Количество вещества BaCO_3 :

$$n(\text{BaCO}_3) = 19,7/197 \text{ моль}^{-1} = 0,10 \text{ моль, следовательно, } n(\text{CO}_2) = 0,10 \text{ моль}.$$

Количество вещества $\text{Ba}(\text{HCOO})_2$:

$n[\text{Ba}(\text{HCOO})_2] = 34,05 \text{ г}/227 \text{ г} \cdot \text{моль} = 0,15 \text{ моль}$, следовательно, после реакции разложения осталось 0,30 моль муравьиной кислоты. Таким образом, начальное количество кислоты составляло 0,60 моль. Из разложившихся 0,30 моль HCOOH 0,10 моль превратилось в CO_2 и H_2 , а 0,20 моль — в CO и H_2O . Отсюда следует: $k_1/k_2 = 0,5$.

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} k_1 + k_2 = 0,10 \\ k_1 / k_2 = 0,5, \end{cases}$$

откуда $k_1 = 0,033 \text{ мин}^{-1}$, $k_2 = 0,067 \text{ мин}^{-1}$.

1823. Для реакций первого порядка: $c_A = c_A^0 e^{-kt}$ или

$$\ln \frac{c_A^0}{c_A} = kt, \text{ откуда } k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{c_A^0}{c_A},$$

где c_A^0 — концентрация А в начальный момент времени, c_A — концентрация в момент времени t . Если степень превращения А равна x_t ,

$$c_A = c_A^0 - x_t c_A^0 = (1 - x_t) c_A^0,$$

$$k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{c_A^0}{(1 - x_t) c_A^0} = \frac{2,303}{t} \lg \frac{1}{1 - x_t}.$$

1824. $k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{1}{1 - x_t} = \frac{2,303}{10} \lg \frac{1}{0,248} = 0,140 \text{ мин}^{-1}.$

1825. а) $k = 10^{13} \exp \left\{ -\frac{75000}{8,31 \cdot 300} \right\} = 0,86 \text{ с}^{-1};$

б) $k = 10^{13} \exp \left\{ -\frac{110000}{8,31 \cdot 300} \right\} = 6,9 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}.$

1826. а) $t_{1/2} = \frac{0,693}{k} = \frac{0,693}{0,86} = 0,81 \text{ с}$ (реакция протекает очень быстро);

б) $t_{1/2} = 10^6 \text{ с} \approx 11,5 \text{ суток}$ (реакция протекает очень медленно).

1827.

Время	Давление	
	А	В
$t = t_0$	P_0	0
t	$P_0 - x_t$	$2x_t$

Парциальное давление А

Парциальное давление В

Общее давление

Парциальное давление А

Константа скорости

$$\begin{aligned} & P_0 - x_t \\ & 2x_t \\ & P_t = P_0 - x_t + 2x_t = P_0 + x_t \\ & x_t = P_t - P_0 \\ & P_0 - x_t = P_0 - P + P_0 = 2P_0 - P \\ & k = \frac{1}{t} \ln \frac{P_0}{P_0 - x_t} = \frac{1}{t} \ln \frac{P_0}{2P_0 - P_t} \end{aligned}$$

1828.

Время	Давление			
	А	В	С	Д
$t = t_0$	P_0	0	0	0
t	$P_0 - x_t$	x_t	x_t	x_t

Общее давление

Парциальное давление А

Константа скорости

$$P_t = P_0 - x_t + 3x_t = P_0 + 2x_t,$$

$$\text{откуда } x_t = \frac{P_t - P_0}{2}$$

$$P_0 - x_t = P_0 - \frac{P_t - P_0}{2} = \frac{3P_0 - P_t}{2}$$

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{P_0}{P_0 - x_t} = \frac{1}{t} \ln \frac{2P_0}{3P_0 - P_t}$$

1829.

Время	Давление		
	A → B + 1,5 c		
$t = t_0$	P_0	0	0
t	$P_0 - x_t$	x_t	$1,5 x_t$

Общее давление: $P_t = P_0 - x_t + x_t + 1,5x_t = P_0 + 1,5x_t$,

а) $P_A = P_0 e^{-kt}$, при $t = 10$ с, $P_A = 498$ мм рт. ст., $P_0 = 500 - 498 = 2$ мм рт. ст.,

$P_t = P_0 + 1,5x_t = 503$ мм рт. ст.;

б) при $t = 10$ мин $P_A = 375$ мм рт. ст., $x_t = 125$ мм рт. ст.,

$P_t = P_0 + 1,5x_t = 688$ мм рт. ст.

1830. $k = \frac{1}{t} \ln \frac{2P_0}{3P_0 - P_t}$

$k = 0,154 \text{ мин}^{-1}$, $t_{1/2} = 4,5$ мин, $P_\infty = 336$ мм рт. ст.

**ПОРЯДОК РЕАКЦИИ, ГЛУБИНА РЕАКЦИИ,
СТЕПЕНЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ,
СТЕПЕНЬ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДИССОЦИИИ.**

1831. $k = \frac{1}{3600} \ln \frac{c_{A_0}}{0,80c_{A_0}} = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$.

1832. Под «глубиной реакции» понимают отношение c_B/c_{A_0} , которое показывает, какая доля вещества А превращается в В.

$$c_A = c_{A_0} e^{-kt}, \quad c_B = c_{A_0} (1 - e^{-kt})$$

$$\frac{c_B}{c_A} = 1 - e^{-kt} = 1 - \exp[-6,2 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 3600] = 0,59.$$

1833. Степень превращения: $x_t = \frac{\alpha_0 - \alpha_t}{\alpha_0 - \alpha_\infty} = \frac{11,20 - 10,35}{11,20 - (-3,37)} = 0,0583$ (при $t = 1035$ с). Предположим, что реакция имеет первый порядок: $k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{1}{1-x} = 5,80 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, $k_{\text{средн}} = 5,80 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, следовательно, реакция имеет первый порядок.

1834.

k_1	k_2
0,00149	0,094
0,00105	0,090
0,00093	0,090
0,00073	0,083
0,00058	0,090
0,00037	0,095

Реакция омыления эфира имеет второй порядок: $k_{\text{средн}} = 0,090$.

1835. $t_s \neq \text{const}$, следовательно, эта реакция не первого порядка, k рассчитана по формуле для реакций второго порядка, $k = \text{const}$, следовательно, скорость данной реакции обеспечивается уравнением второго порядка.

1836. $I_2 \rightleftharpoons 2I$.

Молярная масса смеси при 842°C равна $7,96 \cdot 29 \text{ г/моль} = 230,84 \text{ г/моль}$, $280,84 = 253,8\alpha + 126,9(1-\alpha)$, где α — степень термической диссоциации I_2 , откуда $\alpha = 0,82$.

Молярная масса смеси при 1027°C равна $7,31 \cdot 29 \text{ г/моль} = 211,99 \text{ г/моль}$, $211,99 = 253,8\alpha + 126,9(1-\alpha)$, откуда $\alpha = 0,67$.

При $\alpha = 0,82$ из 1000 молекул смеси 820 молекул I_2 и 180 атомов I

$$\omega(I_2) = \frac{820 \cdot 253,8}{820 \cdot 253,8 + 180 \cdot 126,9} = 0,90 \quad \omega(I) = 0,10$$

При $\alpha = 0,67$ из 1000 молекул смеси 670 молекул I_2 и 330 атомов I

$$\omega(I_2) = \frac{670 \cdot 253,8}{670 \cdot 253,8 + 330 \cdot 126,9} = 0,80 \quad \omega(I) = 0,20$$

1837. $H_2 \rightleftharpoons 2H$, $K_x = \frac{\chi_H^2}{\chi_{H_2}}$

c_0 , моль/л	c	0
Δc , моль/л	$-\alpha c$	$+2 \alpha c$
$[]$, моль/л	$(1 - \alpha)c$	$2 \alpha c$

Общее количество веществ при равновесии:

$$[\text{H}_2] + [\text{H}] = (1 - \alpha)c + 2\alpha c = (1 + \alpha)c$$

Мольные доли H_2 и H при равновесии: $\chi_{\text{H}_2} = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}$, $\chi_{\text{H}} = \frac{2\alpha}{1 + \alpha}$

$$K_p = \frac{4\alpha^2(1 + \alpha)}{(1 + \alpha)^2(1 - \alpha)} \cdot P = \frac{4\alpha^2 P}{1 - \alpha^2}; \quad K_x = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha^2}$$

При $P = 10^5 \text{ Па}$ $K_x = \frac{4(7,83 \cdot 10^{-2})^2}{1 - (7,83 \cdot 10^{-2})^2} = 2,47 \cdot 10^{-2}$

и $K_p = 2,47 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5 = 2470$.

При $P = 10^6 \text{ Па}$ $K_x = 2,47 \cdot 10^{-3}$ и $K_p = 2470$.

При $P = 10^7 \text{ Па}$ $K_x = 2,47 \cdot 10^{-4}$ и $K_p = 2470$.

K_p не зависит от давления.

1838. Пусть начальный объем системы равен 1 л, а начальное количество вещества $n^0(\text{H}_2\text{O}) = c$ моль

	H_2O	$\rightleftharpoons$	H_2	+	$0,5\text{O}_2$
c_0 , моль/л	c		0		0
Δc , моль/л	$-\alpha c$		$+\alpha c$		$+0,5\alpha c$
l], моль/л	$(1 - \alpha)c$		αc		$0,5\alpha c$

Общее количество вещества при равновесии:

$$[\text{H}_2\text{O}] + [\text{H}_2] + [\text{O}_2] = (1 - \alpha)c + \alpha c + 0,5\alpha c = (1 + 0,5\alpha)c.$$

Мольные доли H_2O , H_2 и O_2 при равновесии:

$$\chi(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1 - \alpha}{1 + 0,5\alpha}, \quad \chi(\text{H}_2) = \frac{\alpha}{1 + 0,5\alpha}, \quad \chi(\text{O}_2) = \frac{0,5\alpha}{1 + 0,5\alpha}$$

$$K_p = \frac{\chi_{\text{H}_2}^2 P^2 \chi_{\text{O}_2} P}{\chi_{\text{H}_2\text{O}}^2 P^2} = \frac{\chi_{\text{H}_2}^2 \chi_{\text{O}_2}}{\chi_{\text{H}_2\text{O}}^2} P = \frac{\alpha^2 \cdot 0,5\alpha (1 + 0,5\alpha)^2}{(1 + 0,5\alpha)^2 (1 + 0,5\alpha) (1 - \alpha)^2} = \frac{0,5\alpha^3 P}{(1 + 0,5\alpha) (1 - \alpha)^2}$$

1839. Расчет P_0 : $n(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{PV}{RT} = 0,203$ моль, $P_0 = \frac{nRT}{V}$

T	P_0
300	1
500	1,666
800	2,664
1000	3,333

Следовательно, реакция протекает при 800 и 1000 К.

$$\alpha = \frac{P_{\text{изм}} - P_0}{P_0} = \frac{2,725 - 2,664}{2,664} = 0,023 \text{ при } 800 \text{ К.}$$

$$\alpha = \frac{4,913 - 3,330}{3,330} = 0,475 \text{ при } 1000 \text{ К.}$$

	$\text{C}_2\text{H}_6 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	
c_0 , моль/л	c	0
Δc , моль/л	$-\alpha c$	$+\alpha c$
$ $, моль/л	$(1-\alpha)c$	αc

Общее количество вещества при равновесии:

$$[\text{C}_2\text{H}_6] + [\text{C}_2\text{H}_4] + [\text{H}_2] = (1 - \alpha)c + \alpha c + \alpha c = (1 + \alpha)c$$

Мольные доли C_2H_6 и C_2H_4 при равновесии:

$$\chi_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}, \quad \chi_{\text{C}_2\text{H}_4} = \chi_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{1 + \alpha}$$

$$K_p = \frac{\alpha^2 P}{1 - \alpha^2} = 1,442 \cdot 10^{-3} \text{ при } 800 \text{ К.}$$

$$K_p = 1,503 \text{ при } 1000 \text{ К.}$$

1840.	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	
c_0 , г/моль	c	0
Δc , моль/л	$-\alpha c$	$+2\alpha c$
$ $, моль/л	$(1-\alpha)c$	$2\alpha c$

Общее количество вещества при равновесии:

$$[\text{CH}_4] + [\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{H}_2] = 2(1 + \alpha)c$$

Мольные доли CH_4 , CO_2 , CO и H_2 при равновесии:

$$\chi_{\text{CO}} = \chi_{\text{H}_2} = \frac{2\alpha c}{2(1 + \alpha)c} = \frac{\alpha}{1 + \alpha}$$

$$\chi_{\text{CH}_4} = \chi_{\text{CO}_2} = \frac{(1 - \alpha)c}{2(1 + \alpha)c} = \frac{1 - \alpha}{2(1 + \alpha)}$$

$$K_x = \left[\frac{\alpha^2}{(1 + \alpha)^2} \right]^2 \cdot \left[\frac{2(1 + \alpha)}{(1 - \alpha)} \right]^2 = \frac{4\alpha^4}{(1 + \alpha)^2} = 0,444$$

При $\alpha = 0,01$ $K_x = 4 \cdot 10^{-8}$, а $P = 3331$ атм.

РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД ЯДЕР

1841. Кинетическое уравнение ядерного распада является уравнением первого порядка. Его можно записать в дифференциальной

форме $-\frac{dn}{dt} = kn$

или в интегральной форме $n = n_0 e^{-kt}$,

где n — число ядер, распадающихся в единицу времени, n_0 — число ядер в начальный момент времени, k — константа скорости распада.

Периодом полураспада $t_{1/2}$ называют время, за которое число радиоактивных атомов n_0 вследствие их распада уменьшается вдвое.

$$n = n_0 e^{-kt}, \quad \frac{n_0}{2} = n_0 e^{-kt_{1/2}}, \quad 2 = e^{kt_{1/2}}, \quad \ln 2 = kt_{1/2},$$

$$\text{откуда } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{k}.$$

1842. Удельной активностью образца d называют скорость распада ядер радионуклида массой 1 г. Число ядер, распадающихся в единицу времени, пропорционально удельной активности, $n \sim d$.

$$n = n_0 e^{-kt}, \quad \frac{n_0}{n} = e^{kt}, \quad \ln \frac{n_0}{n} = kt,$$

$$\begin{aligned} \text{откуда } t &= \frac{1}{k} \ln \frac{n_0}{n} = \frac{1}{k} \ln \frac{d_0}{d} = \frac{t_{1/2}}{0,693} \ln \frac{d_0}{d} = t_{1/2} \frac{2,303}{0,693} \lg \frac{d_0}{d} = \\ &= t_{1/2} \cdot 3,32 \lg \frac{d_0}{d}. \end{aligned}$$

1843. $t = 12,3 \cdot 3,32 \cdot \lg 5 = 28,5 \text{ лет.}$

1844. $t = 5730 \cdot 3,32 \lg \frac{15,3}{d} \approx 19000 \lg \frac{15,3}{d}.$

1845. $t = 19000 \lg \frac{15,3}{9,4} \approx 4000 \text{ лет.}$

1846. $t = 19000 \lg \frac{100}{75} \approx 2400 \text{ лет.}$

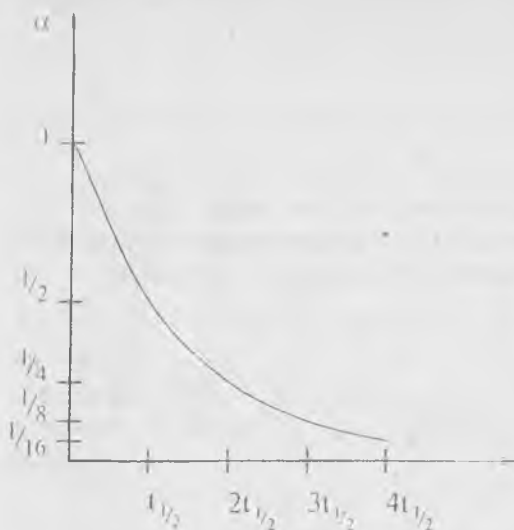
1847. $t = t_{1/2} \cdot 3,32 \lg \frac{n_0}{n}, \quad t = 27,7 \cdot 3,32 \lg \frac{1}{x}, \quad \text{откуда } x = 0,64 \text{ г и}$
 $x = 0,17 \text{ г.}$

1848.

t , час	0	12,5	25	37,5	50
$n(^{42}_{19}\text{K})$, моль	n_0	$\frac{1}{2} n_0$	$\frac{1}{4} n_0$	$\frac{1}{8} n_0$	$\frac{1}{16} n_0$
$n(^{42}_{20}\text{Ca})$, моль	0	$\frac{1}{2} n_0$	$\frac{3}{4} n_0$	$\frac{7}{8} n_0$	$\frac{15}{16} n_0$

$$m(^{42}_{20}\text{Ca}) = 0,01 \text{ г} \cdot \frac{15}{16} = 9,375 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

1849.



1850. $n(^{235}\text{U}) = n_0 e^{-k_1 t}$,

$$k_1 = \frac{0,693}{t_{1/2}} = 9,9 \cdot 10^{-4} \text{ (млн лет)}^{-1}.$$

$$n(^{238}\text{U}) = n_0 e^{-k_2 t},$$

$$k_2 = \frac{0,693}{t_{1/2}} = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ (млн лет)}^{-1}.$$

$$n(^{235}\text{U}) = e^{-k_1 t - k_2 t},$$

$$n(^{238}\text{U})$$

$$t = \frac{1}{k_2 - k_1} \ln \frac{n(^{235}\text{U})}{n(^{238}\text{U})} = 5927 \text{ млн лет} \approx 6 \text{ млрд лет}.$$

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

1851. а) При повышении давления в реакционной смеси вдвое, скорость реакции увеличивается в $2 \cdot 2^{1/2} = 2,83$ раза.

б) При увеличении концентрации газа А вдвое, скорость реакции увеличивается в 2 раза.

в) При увеличении объема сосуда вдвое, скорость реакции уменьшается в $2 \cdot 2^{1/2} = 2,83$ раза.

1852. Скорость реакции между газами А и В растет, поскольку увеличивается доля активных молекул, имеющих энергию выше энергии активации.

1853. Механизм реакции:

$\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_3$, равновесие $K = [\text{NO}_3] / \{[\text{NO}] \cdot [\text{O}_2]\}$,

$\text{NO}_3 + \text{NO} \rightarrow 2\text{NO}_2$, медленно, $d[\text{NO}_2]/dt = 2 \cdot k_3 \cdot [\text{NO}_3] \cdot [\text{NO}]$.

Поскольку частицы NO , O_2 и NO_3 находятся в равновесии,

$[\text{NO}_3] = K \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_2]$,

Подставляя выражение для $[\text{NO}_3]$ в уравнение скорости образования, получаем

$d[\text{NO}_2]/dt = 2 \cdot k_3 \cdot K \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2] = k_{\text{эф}} \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$.

1854. Космические лучи, проникая в атмосферу, выбивают из атомов субатомные частицы — нейтроны. С их участием происходит ядерная реакция: ${}^1_0\text{n} + {}^{14}_6\text{N} = {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$, в результате которой образуется радиоактивный изотоп углерода ${}^{14}_6\text{C}$. Отдельные атомы углерода в атмосфере Земли, конечно, существовать не могут, и весь нуклид ${}^{14}_6\text{C}$ немедленно попадает в состав молекул углекислого газа. В процессе фотосинтеза углекислый газ усваивается растениями, а растения поедаются животными... В конечном итоге, во всех живых организмах устанавливается строго постоянное соотношение количеств нуклида ${}^{14}_6\text{C}$ и «обычного» нуклида углерода ${}^{12}_6\text{C}$. А когда организм гибнет, поступление радиоактивного углерода прекращается, и это соотношение начинает меняться: нуклид ${}^{14}_6\text{C}$ разлагается, через 5600 лет останется только половина от начального количества, а нуклид ${}^{12}_6\text{C}$ остается неизменным. Учитывая, что в течение нескольких миллионов лет интенсивность космического излучения не меняется, определив долю радиоактивного нуклида по отношению к общему содержанию углерода в материале, можно провести датировку этого материала. Выполним эту несложную операцию и мы.

Радиоактивный распад является реакцией первого порядка, в силу чего справедливы уравнения

$dN(t) / dt = -kN$, $N(t) = N_0 \cdot \exp(-kt)$,

где $N(t)$ — количество вещества в момент времени t , k — константа скорости радиоактивного распада, $k = \ln 2 / \tau_{1/2}$, N_0 — количество вещества радиоактивного элемента в начальный момент времени. Зная $\tau_{1/2}$, рассчитываем константу скорости:

$k = 0,693 / 5600 = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ (год}^{-1}\text{)}$.

Теперь легко определить время, за которое содержание ${}^{14}_6\text{C}$ снизится на 7 %: $\ln 0,93 = -1,24 \cdot 10^{-4} \cdot t$, откуда $t = 600$ лет. Ионсонов, конечно, освободили из тюрьмы.

1855. а) Это характерная кривая зависимости скорости от времени для реакций, порядок которых выше 1.

б) Автокаталитическая реакция, в которой при накоплении достаточного количества продукта изменяется механизм: продукт при накоплении входит в кинетическое уравнение.

в) Такой вид кривой характерен для автокаталитических реакций. Пример: взаимодействие H_2S с SO_2 в газовой фазе, катализируемая парами воды.

1856. Согласно принципу стационарных концентраций,

$$0 = \frac{dC_{[\text{C}_0(\text{CN})_5]^{2-}}}{dt} = k_1 \cdot C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}} - k_{-1} \cdot C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5]^{2-}} - k_2 \cdot C_{\text{SCN}^-} \cdot C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5]^{2-}},$$

откуда $C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5]^{2-}} = \frac{k_1 \cdot C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}}}{k_2 \cdot C_{\text{SCN}^-} + k_{-1}}$, а суммарная скорость реакции

$$r = \frac{k_1 \cdot C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}}}{k_2 \cdot C_{\text{SCN}^-} + k_{-1}} \cdot k_2 \cdot C_{\text{SCN}^-} = k_1 \cdot \frac{C_{\text{SCN}^-}}{C_{\text{SCN}^-} + k_{-1}/k_2} \cdot C_{[\text{C}_0(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}}$$

Константы k_1 , k_{-1} имеют размерность 1/с; k_2 — л/(моль · с).

По комплексу $[\text{C}_0(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}$ реакция имеет первый порядок, по иону SCN^- — переменный (от первого при $C_{\text{SCN}^-} \ll k_{-1}/k_2$ до нулевого при высоких концентрациях SCN^-); общий порядок — переменный, от 1 до 2.

1857. Возможный механизм:

$\text{I} + \text{Ar} + \text{Ar} = \text{IAr} + \text{Ar}$ (быстро, равновесие),

$\text{I} + \text{IAr} = \text{I}_2 + \text{Ar}$ (стадия, определяющая скорость).

1858. Скорость реакции:

$$v = -\frac{d(\text{O}_3)}{dt} = k_1 \cdot (\text{O}_3) - k_2 \cdot (\text{O}_2) \cdot (\text{O}) + k_3(\text{O}_3) \cdot (\text{O}).$$

Считая концентрацию промежуточного вещества — атомарного кислорода — малой постоянной величиной, можно записать:

$$0 = -\frac{d(\text{O})}{dt} = k_1 \cdot (\text{O}_3) - k_2 \cdot (\text{O}_2) \cdot (\text{O}) + k_3(\text{O}_3) \cdot (\text{O}),$$

$$\text{откуда } (\text{O}) = \frac{k_1 \cdot (\text{O}_3)}{k_2 \cdot (\text{O}_2) \cdot (\text{O}) + k_3(\text{O}_3)}$$

$$v = - \frac{d(O_3)}{dt} = k_1 \cdot (O_3) - k_2 \cdot (O_2) \cdot \frac{k_1 \cdot (O_3)}{k_1 \cdot (O_2) + k_3 \cdot (O_3)} -$$

$$- k_3 \cdot (O_3) \cdot \frac{k_1 \cdot (O_3)}{k_1 \cdot (O_3) + k_3 \cdot (O_3)} = k_1 \cdot (O_3) \cdot \left(1 - \frac{k_2 \cdot (O_2) + k_3 \cdot (O_3)}{k_2 \cdot (O_2) + k_3 \cdot (O_3)} \right) =$$

$$= \frac{2k_1 \cdot k_3 \cdot (O_3)^2}{k_2 \cdot (O_2) + k_3 \cdot (O_3)}.$$

При большом избытке кислорода $k_2 \cdot (O_2)$ намного превышает $k_3 \cdot (O_3)$, которым в знаменателе дроби можно пренебречь. Тогда кинетическое уравнение принимает вид

$$v_1 = 2 \left(\frac{k_1 \cdot k_3}{k_2} \right) \cdot \frac{(O_3)^2}{(O_2)}, \text{ откуда } K_1 = 2 \left(\frac{k_1 \cdot k_3}{k_2} \right).$$

При большом избытке озона $k_3 \cdot (O_3)$ намного меньше $k_2 \cdot (O_2)$, и кинетическое уравнение принимает вид $v_2 = 2 k_1 \cdot (O_3)$, откуда $K_2 = 2k_1$.

1859. 1) $n \text{ H}_2\text{C}=\text{CH}_2 = -(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$.

При реакции вместо двойной связи $\text{C}=\text{C}$ образуются две одинарные связи $\text{C}-\text{C}$, тепловой эффект определяется, главным образом, разностью

$$2 \cdot E(\text{C}-\text{C}) - E(\text{C}=\text{C}) = 2 \cdot 345 - 613 = 77 \text{ кДж/моль}.$$

Реакция полимеризации экзотермична, а скорость большинства реакций с повышением температуры увеличивается. Итак, чем выше температура, тем быстрее происходит реакция, а чем быстрее реакция, тем больше теплоты выделяется... Нужно еще вспомнить, что объем газа пропорционален температуре (К).

Для того чтобы избежать взрыва, Феде следовало бы охладить реактор или уменьшить давление этилена в нем.

2) Инициирование: $I \xrightarrow{2R_0} \nu_0 = k_1(I)$,

где I — инициатор, круглыми скобками обозначены текущие концентрации, R_0 — свободный радикал, содержащий 0 звеньев этилена.

Рост цепи: $M + R_i = R_{i+1}$, $v_1 = -(M) / dt = k_2 \cdot (M) \cdot (R)$,

где M — мономер, R_i — свободный радикал, содержащий i звеньев этилена;

Обрыв цепи: $R_i + R_j = P_{i+j}$, $v_2 = k_3 \cdot (R)^2$,

где P_{i+j} — полимер.

Согласно принципу стационарных концентраций, концентрация свободных радикалов — малая постоянная величина, т.е. скорость возникновения радикалов равна скорости их гибели,

$$v_0 = v_2,$$

откуда

$$k_1 \cdot (I) = k_3 \cdot (R)^2, (R) = \{k_1 \cdot (I)/k_3\}^{1/2},$$

а общая скорость реакции определяется уравнением

$$v_1 = -(M) / dt = k_2 \cdot (M) \cdot (R) = k_2 \cdot (M) \cdot \{k_1 \cdot (I)/k_3\}^{1/2}.$$

3) Из этого уравнения следует, что скорость реакции пропорциональна (M) и $(I)^{1/2}$. Средняя степень полимеризации — это ни что иное, как отношение скорости исчезновения мономера к скорости образования полимера:

$$\begin{aligned} n &= k_2 \cdot (M) \cdot (R) / \{k_3 \cdot (R)^2\} = \\ &= \frac{k_2 \cdot (M)}{k_3 \cdot (R)} = \frac{k_2 \cdot \sqrt{k_3}}{k_3 \cdot \sqrt{k_1 \cdot (I)}} \cdot (M) = \frac{k_2}{\sqrt{k_1 \cdot k_3 \cdot (I)}} \cdot (M), \end{aligned}$$

т.е. степень полимеризации увеличивается пропорционально концентрации мономера и уменьшается пропорционально корню квадратному концентрации инициатора.

1860. 1), 2) Используя уравнение Аррениуса

$$k = A \cdot \exp(-E_a/RT),$$

где A — некоторая константа, получим выражение для

$$E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 (\ln k_2 / k_1)}{T_2 - T_1} = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 \{\ln k_2 - \ln k_1\}}{T_2 - T_1}.$$

Результаты расчетов E_a для пар температур представлены в таблице:

T_1	T_2	E_a , кДж/моль
633	667	173,81
633	710	173,75
633	738	173,77
667	710	173,69
667	738	173,75
710	738	173,85

Среднее значение $E_a = 173,76$. Исходя из размаха между минимальным и максимальным значениями погрешность определения E_a можно принять равной $\sim \pm 0,05$ кДж/моль. Можно воспользоваться и другим способом — построить прямую в координатах $\ln k$ — $(1/RT)$. Тангенс угла наклона прямой даст оценку $-E_a$. Найденная таким способом величина $E_a = 174,5$ кДж/моль.

Согласно уравнению Вант-Гоффа $\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H^0}{RT^2}$.

Принимая постоянство ΔH^0 в узком температурном интервале,

$$\text{после интегрирования получаем: } \ln K_p^{T_2} - \ln K_p^{T_1} = \frac{\Delta H^0}{R} \left\{ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right\},$$

$$\Delta H^0 = \frac{\ln 10 \cdot R \cdot T_1 \cdot T_2 \{\lg K_p^{T_2} - \lg K_p^{T_1}\}}{T_2 - T_1}.$$

Результаты расчетов ΔH^0 для пар температур представлены в таблице:

T_1	T_2	ΔH^0 , кДж/моль
633	667	147,39
633	710	145,26
633	738	146,50
633	800	146,29
667	710	147,58
667	738	146,00
667	800	145,93
710	738	143,30
710	800	144,98
738	800	145,84

Среднее значение ΔH^0 145,9 кДж/моль. Погрешность определения ~ 1 кДж/моль.

Можно также воспользоваться выражением

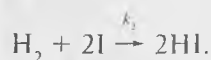
$$\ln K_p = -\frac{\Delta H^0}{R} \cdot \frac{1}{T} + \text{const}$$

и оценивать ΔH^0 по тангенсу угла наклона прямой в координатах $\ln K_p - (1/T)$. Найденная таким способом величина ΔH^0 составляет 146,8 кДж/моль.

3) Энергия активации превышает ΔH^0 , из чего можно сделать вывод, что молекула йода диссоциирует, а не вступает в реакцию с H_2 .

4) Можно предложить механизм:

$$\text{I}_2 \xrightarrow{k_1} 2\text{I};$$



$$\text{Тогда } \frac{dc_{\text{HI}}}{dt} = k_2 \cdot c_{\text{I}}^2 \cdot c_{\text{H}_2}.$$

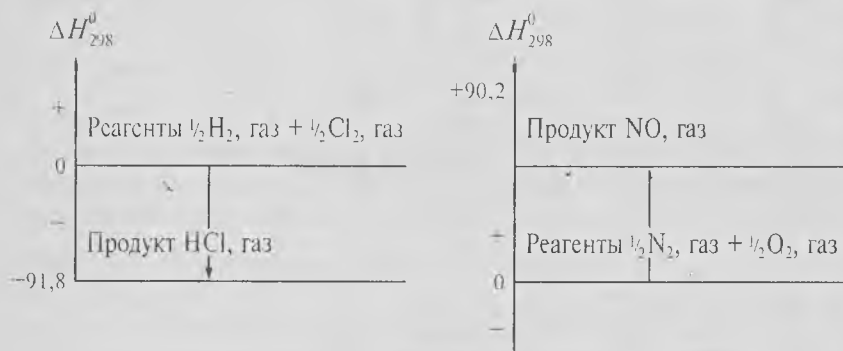
Если константа равновесия $K_p \ll 1$, то $c_{\text{I}}^2 = K_p \cdot c_{\text{I}_2}$; $c_{\text{I}} = [\text{I}]$.

$$\text{Окончательно получаем: } \frac{dc_{\text{HI}}}{dt} = k_2 \cdot K_p \cdot c_{\text{I}_2} \cdot c_{\text{H}_2},$$

$$k_2 \cdot K_p = k; \quad k_2 = k/K_p.$$

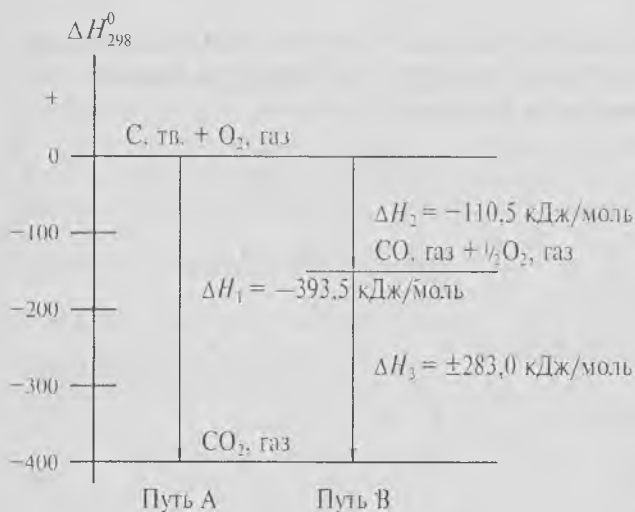
**ЭНТАЛЬПИЯ РАСТВОРЕНИЯ.
ЭНТАЛЬПИЯ РЕШЕТКИ.
ЭНТАЛЬПИЯ ГИДРАТАЦИИ**

1861.



Энтальпийные диаграммы — графическое изображение изменений энтальпии в определенных химических процессах. Верхний уровень на диаграмме для экзотермических реакций называется исходным уровнем, он соответствует значению $\Delta H_{298}^{\circ} = 0$ и условно изображает простые вещества в их стандартных состояниях. Для эндотермических реакций исходный уровень расположен в нижней части диаграммы.

1862.

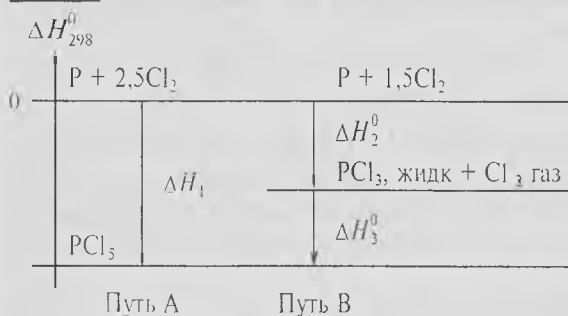


1863. На основе закона Гесса

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3, \text{ откуда}$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta H_3 \text{ и } \Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2.$$

1864.



$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 = -454,8 \text{ кДж/моль.}$$

1865.

Na_2CO_3	
дегидратация $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	растворение Na_2CO_3
Na_2CO_3 в растворе	$\Delta H_{298}^\circ = -25 \text{ кДж/моль}$
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	растворение $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	$\Delta H_{298}^\circ = +67 \text{ кДж/моль}$

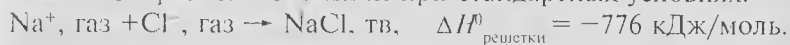
$$\Delta H_{298}^\circ \text{ дегидратации} = +25 + 67 = +92 \text{ кДж/моль.}$$

1866.

CuSO_4	
дегидратация CuSO_4	растворение CuSO_4
CuSO_4 в растворе	$\Delta H_{298}^\circ = -66,1 \text{ кДж/моль}$
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	растворение $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	$\Delta H_{298}^\circ = +11,5 \text{ кДж/моль}$

$$\Delta H_{298}^\circ \text{ гидратации} = -66,1 - 11,5 = -77,6 \text{ кДж/моль.}$$

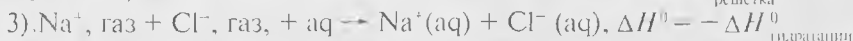
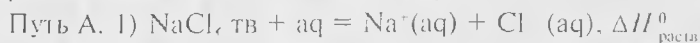
1867. Стандартной энтальпией кристаллической решетки называют изменение энтальпии, которым сопровождается образование 1 моль твердого ионного соединения из входящих в него ионов в их газообразном состоянии при стандартных условиях.



Энтальпия решетки соответствует образованию связей, при этом энергия выделяется (экзотермический процесс) и, следовательно, энтальпия имеет отрицательное значение.



1868. В уравнениях реакций растворитель, участвующий в гидратации обозначают символом аq.



$\Delta H_{\text{раств}}^0$: энтальпия растворения (теплота растворения) — это изменение энтальпии, происходящее при растворении 1 моль вещества в определенном растворителе с образованием бесконечно разбавленного раствора

$\Delta H_{\text{решетка}}^0$ — энтальпия решетки (задача 1867).

$\Delta H_{\text{гидратации}}^0$: энтальпия гидратации — это изменение энтальпии, которым сопровождается гидратация 1 моль обоих типов газообразных ионов Na^+ и Cl^- .

		$\text{Na}^+, \text{газ} + \text{Cl}^-, \text{газ} + \text{aq}$	
		$\Delta H_{\text{решетка}}^0$	$\Delta H_{\text{гидратации}}^0$
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$			
$\text{NaCl, тв.} + \text{aq}$	$\Delta H_{\text{раств}}^0$		

Путь А

Путь В

1869. На основе закона Гесса

$$\Delta H_{\text{раств}}^0 = -\Delta H_{\text{решетка}}^0 + \Delta H_{\text{гидратации}}^0$$

$$\text{откуда } \Delta H_{\text{гидратации}}^0 = \Delta H_{\text{решетка}}^0 + \Delta H_{\text{раств}}^0 = -776 + 4 = -772 \text{ кДж/моль.}$$

1870. $\Delta_f H_{298}^0 (\text{Na}_2\text{O}) = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 - \Delta H_3 = -422 \text{ кДж/моль};$

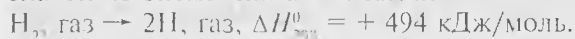
$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{NaOH}) = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -473 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{Na}_2\text{CO}_3) = \Delta H_1 - \Delta H_1 + 2\Delta H_2 + \Delta H_4 + \Delta H_5 = -1142 \text{ кДж/моль.}$$

ЭНТАЛЬПИЯ ДИССОЦИАЦИИ СВЯЗИ

1871. Стандартной энтальпией атомизации простого вещества называется изменение энтальпии при образовании 1 моль газообразных атомов из простого вещества, находящегося в стандартном

состоянии. Стандартной энтальпией диссоциации связи называется изменение энтальпии при разрыве 1 моль связей при условии, что исходные молекулы и образующиеся фрагменты находятся в стандартных состояниях. Для простых веществ, образованных двухатомными молекулами, энтальпия диссоциации связи равна удвоенному значению энтальпии атомизации.



$$\text{1872.} \quad \Delta H_{298}^0(\text{HO}) = \frac{494 + 430}{2} = 462 \text{ кДж/моль.}$$

Для разрыва химической связи необходимо затратить энергию, это эндотермический процесс, следовательно, энтальпии диссоциации связей имеют положительные значения.

1873. $\Delta \approx 661$ кДж/моль. Эта величина соответствует диссоциации и образованию связей при сгорании 1 моль групп CH_2 . При сгорании одной группы CH_2 происходят: 1) диссоциация двух связей C-H ; 2) диссоциация одной связи C-C ; 3) образование двух двойных связей C-O (в молекуле CO_2); 4) образование двух связей H-O (в молекуле H_2O).

1874. Среднее значение стандартной энтальпии диссоциации связей C-H называют средней энтальпией связи (энергия связи). Для метана энтальпия атомизации в 4 раза больше энтальпии связи C-H .

На основе закона Гесса стандартная энтальпия атомизации метана равна



$$\Delta H_{298}^0 = +715 + 4 \cdot 218 - (-75) = +1662 \text{ кДж/моль,}$$

а стандартная энтальпия диссоциации C-H связи равна

$$\Delta H_{298}^0 = 1662/4 = +415,5 \text{ кДж/моль.}$$

1875.

ΔH_{298}^0		C, газ + 4H, газ		} энтальпия атомизации метана
+	0		энтальпия атомизации водорода	
		C, газ + 2H ₂ , газ		
			энтальпия атомизации графита	
		C, графит + 2H ₂ , газ		
			энтальпия образования метана	
		CH ₄ , газ		

1876. Если в реакции участвуют ковалентные молекулы, то $\Delta H^0_{\text{реакции}} = \sum \Delta H^0_{\text{дисс. разорвавшихся связей}} - \sum \Delta H^0_{\text{дисс. образовавшихся связей}}$. При гидрировании этилена разрываются связи $\text{C}=\text{C}$ и $\text{H}-\text{H}$, а образуются связи $\text{C}-\text{C}$ и две $\text{C}-\text{H}$.

$$\Delta H^0_{\text{реакции}} = 619 + 436 - 347 - 2 \cdot 413 = -119 \text{ кДж/моль.}$$

1877. $\Delta H^0_{\text{сгорания}} = 3(-121) - 208 = -155 \text{ кДж/моль.}$

1878. Стандартной энтальпией сгорания называют изменение энтальпии при полном сгорании 1 моль вещества в атмосфере кислорода с образованием оксидов элементов в высших степенях окисления (и N_2) при условии, что исходное вещество и продукты реакции находятся в своих стандартных состояниях.

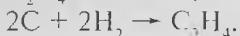
$$\Delta H^0_{\text{реакции}} = \sum \Delta H^0_{\text{сгорания реагентов}} - \sum \Delta H^0_{\text{сгорания продуктов}}$$

Энергия в кДж/моль:

$$\text{C: } -32 \text{ кДж/г} \cdot 12 \text{ г/моль} = -384 \text{ кДж/моль.}$$

$$\text{H}_2: -143 \text{ кДж/г} \cdot 2 \text{ г/моль} = -286 \text{ кДж/моль.}$$

$$\text{C}_2\text{H}_4: -50 \text{ кДж/г} \cdot 28 \text{ г/моль} = -1400 \text{ кДж/моль.}$$



$$\Delta H^0_{\text{реакции}} = -2 \cdot 384 - 2 \cdot 286 + 1400 = -60 \text{ кДж/моль.}$$

1879. $\Delta H^0_{\text{реакции}} = -1299,5 - 282,5 + 1370 = -212,1 \text{ кДж/моль.}$

1880. $-119 = \Delta H^0_{298}(\text{C}=\text{C}) + 436 - 347 - 2(413)$, откуда $\Delta H^0_{298} = +619 \text{ кДж/моль.}$

$$-290 = \Delta H^0_{298}(\text{C}\equiv\text{C}) + 2 \cdot 436 - 347 - 4(413), \text{ откуда } \Delta H^0_{298} = +837 \text{ кДж/моль.}$$

ЭНТРОПИЯ

1881. а), б), в). — Увеличивается.

1882. а) $\Delta V > 0$, $\Delta S > 0$;

б) $\Delta V < 0$, $\Delta S < 0$;

в) $\Delta V = 0$, $\Delta S = 0$;

г) $\Delta V = 0$, $\Delta S = 0$;

1883. а) O_3 ; б) C_2H_6 ; в) C_2H_4 ; г) графит.

1884. $\Delta S^0_{\text{реакции}} = \sum S^0_{\text{продуктов}} - \sum S^0_{\text{реагентов}}$

$$\text{а) } \Delta S^0_{\text{реакции}} = 188,72 - 130,52 - \frac{1}{2} 205,04 = -44,32 \text{ Дж} \cdot \text{K}^{-1};$$

$$\text{б) } \Delta S^0_{\text{реакции}} = 70,08 - 130,52 - \frac{1}{2} 205,04 = -162,5 \text{ Дж} \cdot \text{K}^{-1}.$$

1885. Изменение энтропии при самопроизвольном протекании химической реакции в изолированной системе всегда положительно ($\Delta S > 0$), в противном случае ($\Delta S < 0$) такое протекание реакции невозможно.

$$\Delta S_{\text{реакции}}^0 = 2 \cdot 256,4 - 2 \cdot 248,1 - 205,04 = -188,44 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Поскольку $\Delta S^0 > 0$ данная реакция в изолированной системе при стандартных условиях протекать не будет.

1886. $-273,24 = 2 \cdot \Delta S_{298}^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 4 \cdot 60,75 - 205,04$, откуда

$$\Delta S_{298}^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) = +87,4 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

1887. $4\text{Fe, тв} + 3\text{O}_2, \text{ газ} = 2\text{FeO, тв}$, $\Delta S^0 = 2\Delta S_1^0 + \Delta S_2^0 = -548,92 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$.

1888. Возможность самопроизвольного протекания химического процесса определяется двумя факторами:

1) $\Delta H < 0$; и 2) $\Delta S > 0$.

если самопроизвольная реакция протекает при $T=\text{const}$ и $P=\text{const}$ свободная энергия Гиббса системы $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ должна уменьшаться: $\Delta G < 0$.

а) $\Delta H < 0$; б) $\Delta H > 0$; в) $\Delta H < 0$; г) $\Delta H > 0$.

1889. В любых процессах не может уменьшаться энтропия замкнутой (нет обмена веществом с окружающей средой) и адиабатически изолированной (нет обмена теплотой) системы. Рассматривая взаимодействие водорода с кислородом или кристаллизацию переохлажденной воды, нужно учитывать, что мы имеем дело не с изолированными системами. В этих условиях применять принцип «В самопроизвольных процессах энтропия не может уменьшаться» некорректно. Критерием того, будет ли самопроизвольно происходить тот или иной процесс ($P, T = \text{const}$) является уменьшение Гиббса системы.

1890. Общепринятого объяснения парадокса Гиббса не существует. Для подробного изучения проблемы прочитайте книгу Хайтуна «История парадокса Гиббса».

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КОНСТАНТАМИ РАВНОВЕСИЯ

$$K_c, K_p \text{ и } K_x.$$

1891. Константу равновесия, выраженную через равновесные концентрации веществ, участвующих в реакции, обозначают K_c :

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 [\text{N}_2]}.$$

Константу равновесия, выраженную через парциальные давления газообразных веществ, участвующих в реакции, обозначают K_p :

$$K_p = \left(\frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{H}_2}^3 \cdot P_{\text{N}_2}} \right)_{\text{равн}}$$

Концентрацию газа можно выразить через его давление при помощи уравнения состояния идеального газа: $PV = nRT$. Из этого уравнения следует:

$$[\text{газ}] = \frac{n}{V} = \frac{P}{RT}, \text{ то есть } [\text{NH}_3] = \frac{P_{\text{NH}_3}}{RT}, [\text{H}_2] = \frac{P_{\text{H}_2}}{RT}, [\text{N}_2] = \frac{P_{\text{N}_2}}{RT}.$$

$$K_c = \frac{P_{\text{NH}_3}^2 / R^2 T^2}{P_{\text{H}_2}^3 / R^3 T^3 \cdot P_{\text{N}_2} / RT} = K_p (RT)^2 \text{ или } K_p = K_c (RT)^{-2}.$$

1892. Константу равновесия, выраженную через мольную (молярную) долю вещества в реакционной смеси, обозначают K_x :

$$K_x = \left(\frac{\chi_{\text{NH}_3}^2}{\chi_{\text{H}_2}^3 \cdot \chi_{\text{N}_2}} \right)_{\text{равн}}$$

$$\text{где } \chi_{\text{NH}_3} = \frac{n(\text{NH}_3)}{n(\text{NH}_3) + n(\text{N}_2) + n(\text{H}_2)}, \chi_{\text{H}_2} = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{NH}_3) + n(\text{N}_2) + n(\text{H}_2)},$$

$$\chi_{\text{N}_2} = \frac{n(\text{N}_2)}{n(\text{NH}_3) + n(\text{N}_2) + n(\text{H}_2)}.$$

Парциальное давление можно выразить через мольную долю вещества и общее давление смеси P :

$$P_{\text{NH}_3} = \chi_{\text{NH}_3} P, P_{\text{H}_2} = \chi_{\text{H}_2} P, P_{\text{N}_2} = \chi_{\text{N}_2} P, \text{ причем } P = P_{\text{NH}_3} + P_{\text{H}_2} + P_{\text{N}_2}.$$

$$K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{H}_2}^3 \cdot P_{\text{N}_2}} = \frac{\chi_{\text{NH}_3}^2 P^2}{\chi_{\text{H}_2}^3 P^3 \cdot \chi_{\text{N}_2} P} = K_x P^{-2} \text{ или } K_x = K_p P^2.$$

1893. $K_p = K_c (RT)^{-\Delta n}$ и $K_p = K_x P^{-\Delta n}$, где

$$\Delta n = (a + b) - (c + d)$$

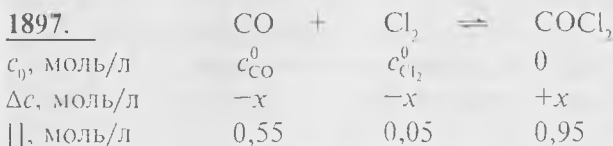
а) $\Delta n = 0$; б) $\Delta n = 1$; в) $\Delta n = -1$.

1894. В выражение для константы равновесия не входят величины, относящиеся к чистым твердым и жидким веществам, а также растворителям.

$$\text{а) } K_p = \left(\frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{O}_2}} \right)_{\text{равн}}; \text{ б) } K_p = \left(\frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}_2}} \right)_{\text{равн}}; \text{ в) } K_p = (P_{\text{H}_2\text{O}}^2)_{\text{равн}}$$

1895. K_c и K_p — безразмерные; б) $[K_c] = \text{моль/л}$, $[K_p] = \text{Па}$ (или атм); в) $[K_c] = \text{л/моль}$, $[K_p] = \text{Па}^{-1}$ (или атм $^{-1}$).

$$1896. \quad K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(1,65 \cdot 10^{-2})^2}{1,71 \cdot 10^{-3} \cdot 2,91 \cdot 10^{-3}} = 5,5.$$

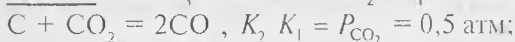
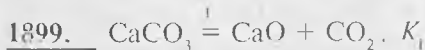


$$K_c = \frac{0,95 \text{ моль/л}}{0,05 \text{ моль/л} \cdot 0,55 \text{ моль/л}} = 34,55 \text{ л/моль}$$

$$x = 0,95 \quad c_{CO}^0 - 0,95 = 0,55, \text{ откуда } c_{CO}^0 = 1,5 \text{ моль/л}$$

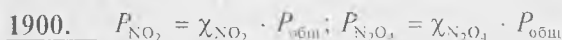
$$c_{Cl_2}^0 - 0,95 = 0,05, \text{ откуда } c_{Cl_2}^0 = 1,0 \text{ моль/л.}$$

$$1898. \quad K_p = \frac{K_c}{RT} = \frac{12,12 \text{ л/моль} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{л}}{8,31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)} \cdot 873 \text{ К}} = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}.$$



$$P_{CO_2} + P_{CO} = 0,8, \text{ откуда } P_{CO} = 0,8 - 0,5 = 0,3 \text{ (атм);}$$

$$K_2 = \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}} = \frac{(0,3)^2}{0,5} = 0,18 \text{ (атм)}.$$



$$K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{\chi_{NO_2}^2 P_{\text{общ}}^2}{\chi_{N_2O_4} P_{\text{общ}}} = \frac{\chi_{NO_2}^2 P_{\text{общ}}}{\chi_{N_2O_4}}$$

$$\chi_{NO_2} + \chi_{N_2O_4} = 1, \text{ обозначим } \chi_{NO_2} = x, \chi_{N_2O_4} = 1 - x,$$

$$1 = \frac{x^2 P_{\text{общ}}}{1 - x}.$$

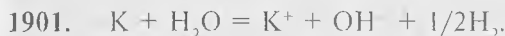
а) $P = 0,5 \text{ атм} \quad x^2 + 2x - 2 = 0, \text{ откуда } x = 0,73.$

$$\chi_{NO_2} = 0,73; \chi_{N_2O_4} = 0,27;$$

б) $P = 10 \text{ атм} \quad 10x^2 + x - 1 = 0, \text{ откуда } x = 0,27.$

$$\chi_{NO_2} = 0,27; \chi_{N_2O_4} = 0,73.$$

ТЕРМОХИМИЯ. РАСЧЕТ РАВНОВЕСИЙ В ГАЗАХ



$$\Delta_r H_{298}^0 = -252,5 - 228,6 + 285,9 = -195,2 \text{ кДж/моль.}$$

$K + H^+ = K^+ + 1/2 H_2$, $\Delta_r H_{298}^0 = -252,5$ кДж/моль.

Количество вещества прореагировавших ионов H^+ :

$$n(H^+) = 80 \cdot 0,548 \cdot 0,01/36,5 = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

При реакции калия с H^+ выделяется $1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 252,5 = 3,03$ кДж теплоты, образуется $1,2 \cdot 10^{-2}$ моль KCl (0,894 г). В реакции калия с водой выделилось 3,123 кДж теплоты; прореагировало $3,123/195,2 = 1,60 \cdot 10^{-2}$ моль K, образовалось $1,60 \cdot 10^{-2}$ моль KOH (0,896 г). Всего прореагировало $2,80 \cdot 10^{-2}$ моль K (1,092 г), выделилось $1,40 \cdot 10^{-2}$ моль H_2 (0,028 г).

Масса раствора составляет: $80,000 + 1,092 - 0,028 = 81,064$ (г).

Массовые доли веществ:

KCl: 1,10%;

KOH: 1,10%;

H_2O : 97,80 %.

1902. 1) $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O$,

по закону Гесса тепловой эффект реакции сгорания глюкозы $\Delta Q = 6 \{Q(CO_2) + Q(H_2O)\} - Q(C_6H_{12}O_6) = 2818,4$ кДж/моль.

Рассчитаем объем газовой смеси до и после вдох в пересчете на начальную температуру

Газ	V_0 , мл	ΔV , мл	$V_{конечный}$, мл
O_2	105,00	$-x$	$105,00 - x$
N_2	394,85	0	394,85
CO_2	0,15	$+x$	$0,15 + x$
H_2O	0	$+x$	x
Всего	500,00		$500,00 + x$

Составляем уравнение:

$$(0,15+x)/(500+x) = 0,045,$$

решая которое находим:

$$x = 23,40 \text{ (мл).}$$

$$\chi(O_2) = (105,00 - 23,40)/(500 + 23,40) = 0,1559 \text{ (15,59\%),}$$

$$\chi(H_2O) = 23,40 / 523,40 = 0,0447 \text{ (4,47 \%).}$$

2) Считая газовую смесь идеальной, рассчитаем количество вещества окисленной глюкозы. За 1 вдох окисляется $n(H_2O)$ моль воды. Это количество вещества определяем по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$P \cdot V = n(H_2O) \cdot R \cdot T,$$

$$\text{откуда } n = (1 \text{ атм} \cdot 23,4 \cdot 10^{-3} \text{ л}) / (0,082 \text{ л} \cdot \text{атм} \cdot \text{моль}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}) = 9,58 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда количество вещества окисленной глюкозы } n(C_6H_{12}O_6) = (1/6) n(H_2O) = 9,58 \cdot 10^{-4} / 6 = 1,60 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

а за 1 час окисляется $1,60 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot 10 \cdot 60 = 0,096$ моль, суммарное выделение теплоты составляет $0,096 \text{ моль} \cdot 2818,4 \text{ кДж/моль} = 270,6$ кДж (или $270,6/4,19 = 64,6$ ккал).

Поскольку удельная теплоемкость воды равна $1 \text{ кал} / \text{г} \cdot \text{К}$, использование $64,6 \text{ ккал}$ позволит нагреть на 100 К жидкую воду массой $64,6 \cdot 10^3 / 100 = 646 \text{ г}$.

1903. а) Молярные массы: $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$, количества вещества:

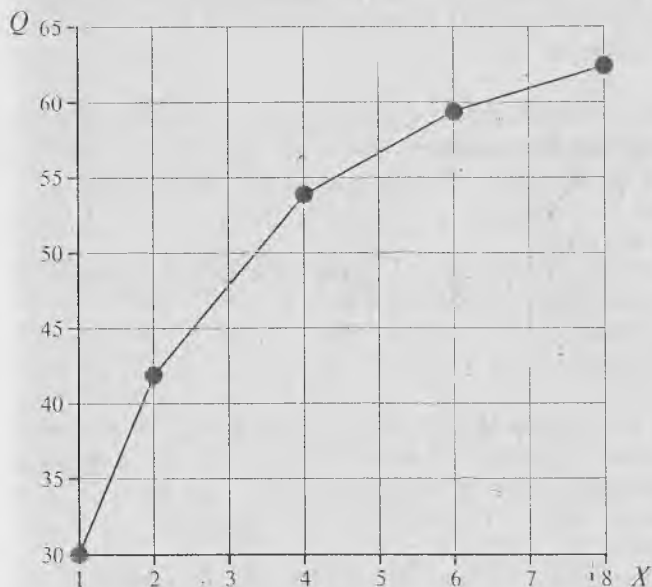
$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) : M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 50 \text{ г} : 98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,51 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) : M(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г} : 18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 2,778 \text{ моль},$$

молярное соотношение

$$X_a = 2,778 \text{ моль} : 0,51 \text{ моль} = 5,447.$$

Построим график зависимости Q (кДж/моль) от X :



По графику находим, что значению $X_a = 5,447$ отвечает тепловой эффект $\sim 58 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$. Учитывая, что количество вещества кислоты $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,51 \text{ моль}$, выделится теплота в количестве $Q_a = 58 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot 0,51 \text{ моль} = 30 \text{ кДж}$.

б) Аналогично находим, что в этом случае

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) : M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 80 \text{ г} : 98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,816 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) : M(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ г} : 18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 1,111 \text{ моль},$$

молярное соотношение

$$X_b = 1,111 \text{ моль} : 0,816 \text{ моль} = 1,362.$$

По графику находим, что X_b соответствует тепловой эффект $\sim 35 \text{ кДж/моль}$, при смешивании кислоты с водой выделяется теплота $Q_b = 35 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot 0,816 \text{ моль} = 29 \text{ кДж}$.

в) В растворе находятся следующие количества вещества кислоты и воды:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4)_a = n(\text{H}_2\text{SO}_4)_b : n(\text{H}_2\text{SO}_4)_c = 1,326 \text{ (моль)},$$

$$n(\text{H}_2\text{O})_a = n(\text{H}_2\text{O})_b : n(\text{H}_2\text{O})_c = 3,889 \text{ (моль)},$$

молярное соотношение

$$X_b = 3,889 \text{ моль} : 1,326 \text{ моль} = 2,93.$$

Этому значению соответствует тепловой эффект $\sim 48 \text{ кДж-моль}^{-1}$,

а при смешивании кислоты с водой выделяется

$$Q_a = 1,326 \text{ моль} \cdot 48 \text{ кДж-моль}^{-1} = 64 \text{ кДж}.$$

Теплота смешивания растворов *a* и *b* будет равняться разности:

$$\Delta Q = Q_b - (Q_a + Q_c) = 64 \text{ кДж} - (30 \text{ кДж} + 29 \text{ кДж}) = 5 \text{ кДж}.$$

1904. 1) Определение состава исходной смеси.

Обозначим молярную долю водорода χ , кислорода — $(1-\chi)$. Среднюю молярную массу смеси $M_{\text{ср}}$, г/моль, находим по уравнению Менделеева-Клапейрона

$$PV = (m/M_{\text{ср}})RT,$$

где P — давление, V — объем, m — масса, г, T — температура, К.

Подставив данные задачи, получаем:

$$M_{\text{ср}} = mRT/PV = (0,60 \cdot 0,082 \cdot 273,15)/(1 \cdot 1) = 13,44 \text{ г/моль}.$$

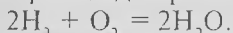
Решая уравнение

$$2 \cdot \chi + 32 \cdot (1-\chi) = 13,44,$$

находим: $\chi = 0,62$; $(1-\chi) = 0,38$, количества вещества: водорода $2,768 \cdot 10^{-2}$ моль; кислорода $1,696 \cdot 10^{-2}$ моль.

2) Расчет количества теплоты.

Происходит реакция



Реагируют $2,768 \cdot 10^{-2}$ моль H_2 и $1,384 \cdot 10^{-2}$ моль O_2 , после реакции в сосуде остаются $2,768 \cdot 10^{-2}$ моль H_2O и $0,312 \cdot 10^{-2}$ моль O_2 .

При взрыве выделится количество теплоты

$$Q = 2,768 \cdot 10^{-2} \text{ моль} \cdot 285,8 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль} = 7911 \text{ Дж}.$$

3) Расчет давления в сосуде после взрыва при 700°C .

Снова воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$P \cdot 1 = (2,768 + 0,312) \cdot 10^{-2} \cdot 0,082 \cdot (700 + 273,15), P = 2,46 \text{ атм}.$$

4) Расчет давления в сосуде при 5°C .

При этих условиях общее давление равно сумме давления кислорода и давления водяного пара (p_1) над жидкой фазой. Для того чтобы определить давление водяного пара при 5°C , по справочным данными и зависимости p от температуры строим график и находим: $p_1 = 6,8 \text{ мм рт. ст.} = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ атм}$. Пренебрегая объемом жидкой воды, по уравнению Менделеева-Клапейрона вычисляем парциальное давление кислорода p_2 :

$$p_2 \cdot 1 = 3,12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 \cdot 278,15, p_2 = 7,12 \cdot 10^{-2} \text{ атм}.$$

Общее давление составляет $8,9 \cdot 10^{-3} \text{ атм} + 7,12 \cdot 10^{-2} \text{ атм} = 0,08 \text{ атм}$.

1905. $\Delta_r H_{298}^0 = \Delta_r U_{298}^0 = 139,97 \text{ кДж};$

$$\Delta_r G_{298}^0 = \Delta_r F_{298}^0 = -116,97 \text{ кДж};$$

$$\Delta_r S_{298}^0 = -50,32 \text{ Дж/К}.$$

1906. 1) Обозначим степень превращения N_2O_4 (координату реакции) α и воспользуемся для расчетов схемой:

Количество вещества, моль	N_2O_4	NO_2	Всего
до реакции	1	0	1
в состоянии равновесия	$1 - \alpha$	2α	$1 + \alpha$

Молярные доли реагентов: $\chi(N_2O_4) = (1 - \alpha)/(1 + \alpha)$; $\chi(NO_2) = 2\alpha/(1 + \alpha)$, парциальные давления $P(N_2O_4) = P_{\text{общ}} \cdot \chi(N_2O_4)$, $P(NO_2) = P_{\text{общ}} \cdot \chi(NO_2)$,

$$\text{константа равновесия } K_p = \frac{P(NO_2)^2}{P(N_2O_4)} = P_{\text{общ}} \cdot \frac{4\alpha^2}{(1 - \alpha) \cdot (1 + \alpha)}.$$

Отсюда следует:

$$\alpha = \left(\frac{K_p}{K_p + 4 \cdot P_{\text{общ}}} \right)^{1/2} = \left(\frac{1,27 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,27 \cdot 10^5 \text{ Па} + 4 \cdot 2,02 \cdot 10^5 \text{ Па}} \right)^{1/2} = 0,369,$$

а молярные доли реагентов равны:

$$\chi(N_2O_4) = (1 - 0,369) : (1 + 0,369) = 0,461;$$

$$\chi(NO_2) = 1 - \varphi(N_2O_4) = 0,539.$$

2) Для рассматриваемой реакции $\Delta V = 2 - 1 = 1$,

стандартная константа равновесия

$$K_a = K_p \cdot (P_0)^{-\Delta V} = 1,27 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot (1,01 \cdot 10^5 \text{ Па})^{-1} = 1,26,$$

константа

$$K_c = 1,26 \cdot (2,02 \cdot 10^5 \text{ Па} / 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па})^{-1} = 0,63,$$

константа

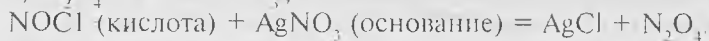
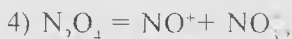
$$K_c = 1,27 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot (8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 336,2 \text{ К})^{-1} = 45,44 \text{ моль} \cdot \text{м}^{-3},$$

$$\Delta_r G^0 = -2,303 RT \lg$$

$$K_a = -2,303 \cdot 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 336,2 \text{ К} \cdot 0,104 = -669,5 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

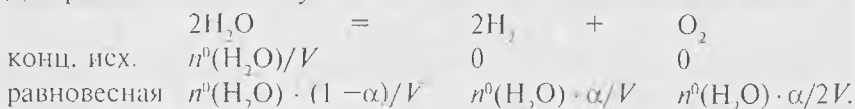
3) NO_2^+ — ион, изоэлектронный молекуле CO_2 , линейный, диамагнитный, неполярный, атом азота в состоянии sp -гибридизации, порядок связи 2.

В NO_2 и NO_2^- атомы азота находятся в состоянии sp^2 -гибридизации, частицы имеют плоское строение, но угол между связями N—O отличается от 120°C : согласно правилам Гиллесли, неспаренный электрон атома азота в молекуле NO_2 слабее отталкивает электронные пары связей N—O, чем свободная электронная пара на атоме азота в ионе NO_2^- . По этой причине угол между связями N—O в молекуле NO_2 несколько меньше 120°C , а в ионе NO_2^- — несколько больше (на самом деле 115° и 135° соответственно). Конечно, и NO_2 , и NO_2^- полярны, молекула NO_2 парамагнитная. Порядки связей N—O в частицах NO_2 и NO_2^- одинаковы — 1,5 (при образовании иона NO_2^- из молекулы NO_2 электрон размещается на несвязывающей орбитали, локализованной на атоме азота).



1907. Обозначим n^0 начальные количества вещества реагентов, V объем системы, α степень диссоциации.

Для расчетов воспользуемся схемой:



По условию задачи $n^0(\text{H}_2\text{O}) = 775,7 \text{ г}/18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 43,1 \text{ моль}$.

$$K_p = [\text{H}_2]^2 \cdot [\text{O}_2] : [\text{H}_2\text{O}]^2 = \alpha^3 \cdot n^0(\text{H}_2\text{O}) : \{2 \cdot (1-\alpha)^2 \cdot V\} = \\ = (0,041)^3 \cdot \frac{43,1 \text{ моль}}{1 \text{ м}^3} : 2 \cdot (1-0,041)^2 = 1,614 \cdot 10^{-3} \text{ моль}/\text{м}^3$$

$$K_p = K_v \cdot R \cdot T = 1,614 \cdot 10^{-3} \text{ моль}/\text{м}^3 \cdot 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 2773 \text{ К} = \\ = 37,21 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2} \cdot 37,21 \text{ Па} = 3,72 \cdot 10^{-4} \text{ Бар}.$$

Для расчета K_v найдем молярные доли реагентов. Суммарное количество вещества

$$\begin{aligned} n_{\Sigma} &= n(\text{H}_2) + n(\text{O}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot \alpha + n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot \alpha/2 + n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot (1-\alpha) = \\ &= n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot (\alpha + 0,5\alpha + 1 - \alpha) = n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot (1+0,5\alpha) = \\ &= 43,1 \text{ моль} \cdot (1 + 0,5 \times 0,041) = 43,98 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

$$n(\text{H}_2) = n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot \alpha = 1,767 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{O}_2) = n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot \alpha/2 = 0,884 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n^0(\text{H}_2\text{O}) \cdot (1-\alpha) = 41,333 \text{ моль}.$$

Следовательно, молярные доли равны:

$$\chi(\text{H}_2) = 1,767/43,98 = 0,040;$$

$$\chi(\text{O}_2) = 0,020;$$

$$\chi(\text{H}_2\text{O}) = 41,33/43,98 = 0,940,$$

а константа

$$K_p = \chi(\text{H}_2)^2 \cdot \chi(\text{O}_2) : \chi(\text{H}_2\text{O})^2 = 3,62 \cdot 10^{-5}.$$

$$\text{Стандартная константа равновесия } K_a = \prod_i \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{\nu_i} = K_p \cdot (P_0)^{-\Delta \nu},$$

$$K_a = 3,72 \cdot 10^{-4} \text{ Бар} \cdot (1,01325 \text{ Бар})^{-1} = 3,67 \cdot 10^{-4}.$$



Суммарное давление $P_{\Sigma} = p(\text{H}_2\text{O}) + p(\text{H}_2)$.

Считая газовую смесь идеальной, для расчета P_{Σ} воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$PV = (m/M)RT, \text{ } M - \text{молярная масса воды, } 18 \text{ г/моль}.$$

	$T, \text{ К}$		
$P_{\Sigma}, \text{ атм}$	0,40	0,49	0,58

$$2) K = a_{\text{FeO}} \cdot p(\text{H}_2) / \{a_{\text{FeO}} \cdot p(\text{H}_2\text{O})\},$$

где a - активности. Активности конденсированных индивидуальных фаз равны единице по определению. Следовательно, внесение в систему железа и оксида железа(II) на состояние равновесия не влияет, $p(\text{H}_2\text{O}) = 0,163$ атм.

Добавление 0,100 г воды также не повлияет на состояние равновесия, одинаково вырастут P_2 и $p(\text{H}_2\text{O})$; $p(\text{H}_2\text{O}) = 1,1 \cdot 0,163 = 0,179$ атм.

3) Рассчитаем константу равновесия K при 1273 К. Примем, что в узком температурном интервале ΔH^0 и ΔS^0 не меняются. Тогда $\lg K^{(T)} = -\Delta H^0/2,3RT + \Delta S^0/2,3R$.

	T, K	
	873	1073
K	3,00	2,00
$\lg K$	0,477	0,301

Имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,477 = -\frac{\Delta H^0}{2,3 \cdot 8,314 \cdot 873} + \frac{\Delta S^0}{2,3 \cdot 8,314} \\ 0,301 = -\frac{\Delta H^0}{2,3 \cdot 8,314 \cdot 1073} + \frac{\Delta S^0}{2,3 \cdot 8,314} \end{cases}$$

Решив ее, находим: $\Delta H^0 = -1,578 \cdot 10^3$ Дж/моль,

$\Delta S^0 = -8,95$ Дж · моль⁻¹ · К⁻¹.

Тогда при 1273 К.

$$\lg K = -\frac{-15780}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 1273} + \frac{-8,95}{2,303 \cdot 8,314} = 0,180,$$

$$K = 10^{0,18} = 1,51.$$

Для расчета $p(\text{H}_2\text{O})$ решаем систему уравнений:

$$p(\text{H}_2) : p(\text{H}_2) = 1,51,$$

$$p(\text{H}_2) + p(\text{H}_2) = 0,58.$$

Отсюда $p(\text{H}_2) = 0,35$ атм, $p(\text{H}_2\text{O}) = 0,23$ атм.

1909. 1) Для того чтобы ответить на вопрос о возможности самопроизвольного протекания реакции в закрытой системе слева направо или справа налево, необходимо знать состав реакционной смеси в момент ее приготовления и стандартную константу равновесия при данной температуре.

Считая смесь газов идеальной, ее начальный состав легко определить по уравнению Менделеева-Клапейрона. Парциальные давления реагентов в смеси составляют:

$$p(\text{PCl}_5) = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Па},$$

$$p(\text{PCl}_3) = 4,16 \cdot 10^4 \text{ Па},$$

$$p(\text{Cl}_2) = 2,08 \cdot 10^4 \text{ Па}, \text{ а относительные парциальные давления}$$

$$\bar{p}_i = \bar{p}_i / P_0, \text{ равняются:}$$

$$\bar{p}_i(\text{PCl}_3) = 0,10,$$

$$\bar{p}_i(\text{PCl}_5) = 0,41;$$

$$\bar{p}_i(\text{Cl}_2) = 0,205.$$

Согласно уравнению изотермы реакции Вант-Гоффа,

$$\Delta_r G = \Delta_r G^0 + RT \sum_i \ln \bar{p}_i^{v_i} = -RT \ln K_a + RT \sum_i \ln \bar{p}_i^{v_i}.$$

Если $\Delta_r G < 0$, происходит разложение PCl_5 , если $\Delta_r G > 0$, PCl_5 образуется из PCl_3 и Cl_2 .

Теперь осталось найти K_a при температуре 500 К. По справочным данным легко определить

$$\begin{aligned} \Delta_r G_{298}^0 &= \Delta_r G_{298}^0(\text{PCl}_3, \text{газ}) - \Delta_r G_{298}^0(\text{PCl}_5) - \Delta_r G_{298}^0(\text{Cl}_2) = \\ &= -268 \text{ кДж/моль} + 305 \text{ кДж/моль} - 0 \text{ кДж/моль} = +38 \text{ кДж/моль}, \end{aligned}$$

а затем для расчета $\Delta_r G_{500}^0$ воспользоваться любым из уравнений:

$$\frac{d(\Delta_r G^0 / T)}{dT} = -\frac{\Delta_r H^0}{T^2} dT, \quad \frac{d \ln K_a}{dT} = \frac{\Delta_r H^0}{T^2} dT,$$

$$\ln K_a^T - \ln K_a^{298} = -\Delta_r H^0 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right),$$

$$\frac{\Delta_r G_T^0}{T} - \frac{\Delta_r G_{298}^0}{298} = \Delta_r H^0 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right).$$

В нашем случае, учитывая независимость $\Delta_r H^0$ от температуры, эти уравнения эквивалентны.

Подставляя числовые значения, находим:

$$\frac{\Delta_r G_{500}^0}{500 \text{ К}} - \frac{38000 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1}}{298 \text{ К}} = 87000 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \left(\frac{1}{500 \text{ К}} - \frac{1}{298 \text{ К}} \right),$$

$$\Delta_r G_{500}^0 = 4785 \text{ Дж/моль}.$$

$$\begin{aligned} \text{Отсюда следует: } \Delta_r G_{500} &= \Delta_r G_{500}^0 + RT \sum_i \ln \bar{p}_i^{v_i} = 4785 \text{ Дж/моль} + \\ &+ 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К} \cdot (\ln 0,10 + \ln 0,205 - \ln 0,41) = \\ &= -7668 \text{ Дж/моль} < 0. \end{aligned}$$

Следовательно, будет происходить разложение PCl_5 .

2) По уравнению

$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K_a$$

вычисляем стандартную константу равновесия.

При 500 К

$$\ln K_a = -4785 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} / (8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К}) = -1,151;$$

$$K_a = 0,316,$$

$$K_p = K_a (P_0)^{\sum v_i} = 0,316 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Па}, K_p = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Па} / P_{\text{общ}}.$$

$$K_c = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Па} / (8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К}) = 7,70 \text{ моль} \cdot \text{м}^{-3}.$$

3) Чтобы реакция изменила направление, нужно уменьшить объем сосуда в n раз. Тогда выражение для $\Delta_r G$ примет вид:

$$\Delta_r G_{500} = \Delta_r G_{500}^0 + RT \sum_i \ln (\bar{p}_i \cdot n)^{v_i} = 4785 \text{ Дж/моль} +$$

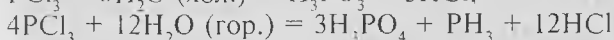
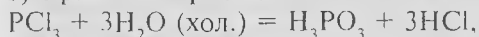
$$+ 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К} \cdot (\ln 0,10 + \ln 0,205 - \ln 0,41) +$$

$$+ 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 500 \text{ К} \cdot \ln n = -7668 + 4157 \ln n > 0.$$

Отсюда следует: $\ln n > 1,84$; $n > 6,3$. Объем сосуда нужно уменьшить минимум в 6,3 раза.

4) Молекула PCl_3 имеет форму треугольной пирамиды. Можно считать, что атом фосфора находится в состоянии sp^3 -гибридизации, но углы между связями $\text{P}-\text{Cl}$ несколько меньше 109° . Молекула PCl_5 имеет форму пятиугольной бипирамиды с длиной аксиальных связей несколько большей, чем длина экваториальных связей. Атом фосфора находится в состоянии sp^3d -гибридизации. Молекула PCl_3 полярная.

5) Уравнения реакций:



Поскольку у атома фосфора есть вакантные $3d$ -орбитали, он может выступать акцептором электронодонорных частиц, например, молекул воды, чем и объясняется высокая реакционная способность PCl_5 .

1910. 1), 2) Определив тепловой эффект реакции можно несколькими способами. Например, интегрируя уравнения изобары химической реакции Вант-Гоффа

$$\left(\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} \right)_p = \frac{\Delta_r H^0}{RT^2} \quad (1)$$

и приняв $\Delta H^0 = \text{const}$, получаем выражение для константы равновесия при температуре T :

$$\ln K_{pT} = - \frac{\Delta_r H^0}{RT} + A, \quad (2)$$

где A — некоторая константа. Находя коэффициенты линейной зависимости

$$\lg K_p = 2,3 \cdot A + b/T, \quad (3)$$

где $b = -\Delta H^0/2,3R$, рассчитываем:

$$\Delta_r H^0 = -2,3 \cdot b \cdot R. \quad (4)$$

Подставляя температуру T' в уравнение (3), вычисляем $\lg K_p$ для этой температуры.

Построив зависимость $\lg K_p = f(1/T)$, находим:

$$2,3 \cdot A = -9,818; b = 10346,3, \Delta_r H^0 = 198 \text{ кДж}.$$

При температуре $T' = 873 \text{ К}$ (600°C) $\lg K_p = 2,03$.

3) Поскольку реакция является эндотермической, равновесие с повышением температуры смещается в сторону образования SO_2

и O_2 . Из этого факта следует требование осуществлять окисление при минимально возможной температуре. Вместе с тем, выбирая катализатор, нужны учитывать и дополнительную информацию. Во-первых, платина очень дорога, и ее потери в технологическом процессе существенно повышают окончательную цену серной кислоты. Во-вторых, катализаторы подвержены отравлению (в данном процессе — сульфидами, соединениями мышьяка и т.д.), а очистка SO_2 и O_2 от примесей тоже весьма дорога. Таким образом, при выборе катализатора нужно искать компромисс: катализатор должен быть достаточно устойчивым к отравлению, не слишком дорогим и иметь достаточно низкую температуру зажигания. Этим условиям отвечают соединения ванадия.

ТЕОРИИ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

1911. Кислоты: HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 .

Основания: $NaOH$, $Ca(OH)_2$, $La(OH)_3$.

1912. К кислотам относятся вещества, способные отдавать протон, а к основаниям — вещества, которые способны присоединять протон.

Кислоты:

а) H_2O , NH_4^+ ; б) H_3O^+ , HPO_4^{2-} ; в) H_2O , HCO_3^- ; г) H_3O^+ , $H_2PO_4^-$.

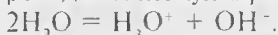
1913. Согласно Брэнстеду, кислота сохраняет свои свойства и в присутствии растворителя и при его отсутствии. Так, HCl — кислота, вследствие того, что она может отдавать ион водорода, а не потому, что она отдает его в водном растворе.

1914. H_3O^+ , OH^- ; H_2O , NH_3 ; NH_4^+ , Cl^- ; NH_4^+ , Br^- .

1915. Кислота Льюиса — это вещество, которое может быть акцептором электронов; основание Льюиса — это вещество, которое может быть донором электронов. В молекуле кислоты есть свободная орбиталь, на которой можно разместить пару электронов. В молекуле основания есть неподеленная пара электронов.

Кислоты Льюиса: HCl , PCl_5 , H^+ , Ag^+ , $AlCl_3$, BF_3 .

1916. Автоионизация — самопроизвольный процесс, при котором две молекулы растворителя образуют катион и анион.

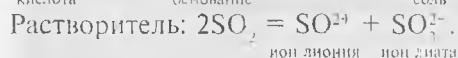
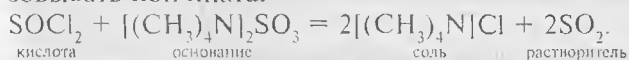


1917. Растворители: CH_3COOH , I_2 .

Ионы лиония: NH_4^+ , $SbCl_4^+$, $C_2H_5OH_2^+$.

Ионы лиата: HSO_4^- , $C_2H_5O^-$, $SbCl_6^-$.

1918. Кислота — это растворимое вещество, способное или при диссоциации или при взаимодействии с растворителем образовать ион лиония. Основание — растворимое вещество, способное или при диссоциации или при взаимодействии с растворителем образовывать ион лиата.



1919. Ион лиония: H_3O^+ .

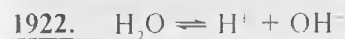
Ионы лиата: OH^- , SO_3^{2-} .



1920. Кислоты Льюиса: CO , NH_3 , NH_2OH , PH_3 (очень слабая); основание Льюиса: B_2H_6 .

ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ

1921. При увеличении температуры ионное произведение воды K_w увеличивается, следовательно, равновесие $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ смещается вправо. Это означает, что диссоциация — эндотермический процесс.



$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = x$$

$$K_w = x^2, \text{ откуда } x = \sqrt{K_w}$$

t °C	$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$
0	$0,339 \cdot 10^{-7}$
25	$1,000 \cdot 10^{-7}$
40	$1,717 \cdot 10^{-7}$
60	$3,082 \cdot 10^{-7}$

1923.

pH	Среда раствора
<7	кислая
=7	нейтральная
>7	щелочная

а) лимонный сок; б) известковая вода; в) слабокислые — шампунь, кофе, слабощелочной — раствор пищевой соды, нейтральный — молоко; г) $[\text{H}^+] = 1,0 \cdot 10^{-6}$ моль/л; д) $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

1924. Понятие о водородном показателе растворов рН ввел в науку датский биохимик С.П. Соренсен (1868—1939 гг) при разработке им методов контроля за качеством пива,

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+],$$

где $[\text{H}^+]$ — равновесная молярная концентрация ионов H^+ , моль/л.

а) $\text{pH} = 3$;

б) $\text{pH} = 7$, раствор можно считать нейтральным, т.к.

$$1,0 \cdot 10^{-10} < 1,0 \cdot 10^{-7};$$

в) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$, $[\text{H}^+] = 2\text{CH}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,1$ моль/л, $\text{pH} = 1$;

г) $\text{pH} = 7$, NaCl не гидролизует.

1925. Аналогично понятию о водородном показателе, химики ввели понятие о показателе гидроксид-ионов рОН.

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-],$$

где $[\text{OH}^-]$ — равновесная молярная концентрация ионов OH^- , моль/л.

$$K_w = 1,008 \cdot 10^{-14},$$

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,008 \cdot 10^{-14},$$

$$\lg[\text{H}^+] + \lg[\text{OH}^-] = -14,$$

$$-\lg[\text{H}^+] - \lg[\text{OH}^-] = 14,$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14.$$

1926. а) Уменьшается в 10 раз;

б) увеличивается в 10 раз;

в) уменьшается в 100 раз.

При добавлении равного объема воды концентрация уменьшится в 2 раз, рН увеличится на $\lg 2 = 0,3$.

1927. Аналогично рН и рОН химики используют показатели констант равновесия, а также концентраций:

$$\text{p}K_a = -\lg K_a \text{ и } \text{p}c = -\lg c$$

а) $[\text{H}^+] = 0,0126$ моль/л;

б) $\text{pH} = 14 - 3,1 = 10,9$;

в) $\text{p}K_a = 3,0$;

г) $\text{p}c = 0,3$;

д) $K_a = 0,126$;

е) $\text{p}K_a = 14,7$;

ж) $\text{pH} = 12,8$; $[\text{H}^+] = 1,58 \cdot 10^{-13}$; з) $\text{pOH} = 4,2$; $[\text{OH}^-] = 6,3 \cdot 10^{-5}$.

1928. $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$.

Концентрация ионов H^+ после смешивания c' равна

$$c' = \frac{c^\circ V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{2} c^\circ.$$

Концентрация ионов H^+ в образовавшемся растворе равна

$$c_{\text{H}^+} = c_{\text{HNO}_3} + 2c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,01 + 2 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ (моль/л)}.$$

$$\text{pH} = -\lg 0,03 = 1,52.$$

1929. $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$.

Для сильных кислот $[\text{H}^+] = c_{\text{кисл}}$

$$c = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})V}, \quad m(\text{HCl}) = \omega \rho V$$

$$c = \frac{m}{M} = \frac{0,002 \cdot 1,0 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл/л}}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,055 \text{ моль/л.}$$

$$\text{pH} = -\lg 0,055 = 1,26.$$

1930. В исходном растворе

$$n(\text{NaOH}) = \frac{0,4\% \cdot 20 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл}}{100\% \cdot 40 \text{ г/моль}} = 0,002 \text{ моль.}$$

В полученном растворе $c(\text{NaOH}) = 0,00832 \text{ моль/л}$ и $n(\text{NaOH}) = 0,00832 \text{ моль/л} \cdot 0,120 \text{ л} = 0,001 \text{ моль}$. Следовательно, в реакцию вступил 0,001 моль кислоты.

$$\text{Молярная масса кислоты: } \frac{1,28 \text{ г/л} \cdot 0,1 \text{ л}}{0,001 \text{ моль}} = 128 \text{ г/моль.}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{0,001 \text{ моль}}{0,1 \text{ л}} = 0,01 \text{ моль/л, } \text{pH} = 2.$$

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ. ВЫЧИСЛЕНИЯ pH.

1931. $[\text{H}^+] = \alpha c_{\text{кисл}}$

$$\text{а) } [\text{H}^+] = 0,03 \cdot 0,1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \quad \text{pH}=2,52;$$

$$\text{б) } [\text{H}^+] = 0,03 \cdot 0,2 = 6,0 \cdot 10^{-3} \quad \text{pH}=2,22;$$

$$\text{в) } [\text{H}^+] = 0,03 \cdot 0,4 = 1,2 \cdot 10^{-2} \quad \text{pH}=1,92.$$

При увеличении концентрации слабой кислоты в 2 раза значение pH уменьшается на 0,3.

1932. CH_3COOH обозначим HAc , Ac^- — ацетат-ион

	$\text{HAc} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Ac}^-$	
c° , г/моль	0,1	0
Δc , моль/л	$-x$	$+x$
$[]$, моль/л	$0,1-x$	x

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}; \quad 1,74 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,1-x}$$

Пусть $x \ll 0,1$, тогда $x^2 = 0,1 \cdot 1,74 \cdot 10^{-5}$, откуда $x = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$. Действительно, полученное значение x меньше 0,1; в противном случае следует решать квадратное уравнение $\text{pH} = -\lg 1,32 \cdot 10^{-3} = 2,9$.

1933. Поскольку $K_{a1}/K_{a2} = 1000$, диссоциацией кислоты по второй ступени можно пренебречь

	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$	
c° , г/моль	0,02	0
Δc , моль/л	$-x$	$+x$
$[]$, моль/л	$0,02-x$	x

$$K_a = \frac{[H^+][HC_2O_4^-]}{[H_2C_2O_4]}; 5,6 \cdot 10^{-2} = \frac{x^2}{0,02 - x}$$

Пусть $x \ll 0,02$, тогда $x^2 = 0,02 \cdot 5,6 \cdot 10^{-2}$, откуда $x = 0,033 > 0,02$. Следовательно, предположение неверно, следует решать квадратное уравнение

$$x^2 + 5,6 \cdot 10^{-2}x - 1,12 \cdot 10^{-3} = 0$$

откуда $x = 0,0145$ моль/л, $pH = -\lg 0,0145 = 1,8$.

1934. $pOH = 14 - pH = 3$, $[OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

	$NH_3 \cdot H_2O$	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
c° , г/моль	c		0		0
Δc , моль/л	$-1,0 \cdot 10^{-3}$		$+1,0 \cdot 10^{-3}$		$+1,0 \cdot 10^{-3}$
$[]$, моль/л	$(c - 1,0 \cdot 10^{-3})$		$1,0 \cdot 10^{-3}$		$1,0 \cdot 10^{-3}$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3 \cdot H_2O]}; 1,76 \cdot 10^{-5} = \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{c - 1,0 \cdot 10^{-3}}$$

откуда $c = 0,0567$ моль/л.

	HNO_2	$\rightleftharpoons$	H^+	+	NO_2^-
c° , г/моль	0,1		0		0
Δc , моль/л	-0,005		$+x$		$+0,005$
$[]$, моль/л	$(0,1 - 0,005)$		x		0,005

$$K_a = \frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}; 6,9 \cdot 10^{-4} = \frac{x \cdot 0,005}{0,1 - 0,005}$$

откуда $x = 0,0131$ моль/л, $pH = 1,9$.

1936. Концентрации после смешивания:

$$c_{HCNS}^I = \frac{0,03 \text{ моль/л} \cdot 20 \text{ мл}}{30 \text{ мл}} = 0,02 \text{ моль/л.}$$

$$c_{KCNs}^I = \frac{0,06 \text{ моль/л} \cdot 10 \text{ мл}}{30 \text{ мл}} = 0,02 \text{ моль/л.}$$

	$HCNS$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	CNS^-
c° , г/моль	0,02		0		0,02
Δc , моль/л	$-x$		$+x$		$+x$
$[]$, моль/л	$0,02 - x$		x		$x + 0,02$

$$K_a = \frac{[H^+][CNS^-]}{[HCNS]}; 1,0 \cdot 10^{-4} = \frac{x(0,02 + x)}{(0,02 - x)}$$

Пусть $x \ll 0,02$, тогда $x = 1,0 \cdot 10^{-4}$, $pH = 4$.

1937. Буферными называют растворы, одновременно содержащие слабую кислоту и ее соль (или слабое основание и его соль)

и обладающее свойством сохранять практически неизменной концентрацию ионов $[H^+]$ при разбавлении и добавлении небольшого количества кислот (или щелочей).

$$HAc \rightleftharpoons H^+ + Ac^-, K_a = \frac{[H^+][Ac^-]}{[HAc]}, \text{ откуда } [H^+] = \frac{K_a [HAc]}{[Ac^-]}.$$

Для солей как сильных электролитов $[Ac^-] = C_{NaAc}$. Для слабых кислот можно принять $[HAc] \approx C_{HAc}$.

$$[H^+] = \frac{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1}{0,01} = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л, } pH = 3,76.$$

1938.	HA	$\rightleftharpoons$	H ⁺	+	A ⁻
c^o , г/моль	c		0		0
Δc , моль/л	$-x$		$+x$		$+x$
[], моль/л	$C-x$		x		x

$$K_a = \frac{x^2}{c-x}$$

Для слабой кислоты $x \ll c$, тогда $x = \sqrt{K_a \cdot c}$

$$\lg x = \frac{1}{2} (\lg K_a + \lg c).$$

$$-\lg x = \frac{1}{2} (-\lg K_a - \lg c), \quad x = [H^+], \quad pH = \frac{1}{2} (pK_a + pc).$$

1939. Уравнение гидролиза NaA:

	NaA	$\rightleftharpoons$	Na ⁺	+	A ⁻
	A ⁻	+	H ₂ O	$\rightleftharpoons$	HA + OH ⁻
c^o , г/моль	c		—		0
Δc , моль/л	$-x$		—		$+x$
[], моль/л	$c-x$				x

$$\text{Константа гидролиза: } K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{x^2}{c-x}$$

Для слабых кислот $x \ll c$, тогда $x = \sqrt{\frac{K_w c}{K_a}}$

$$\lg x = \frac{1}{2} (\lg K_w + \lg c - \lg K_a),$$

$$-\lg x = \frac{1}{2} (-\lg K_w - \lg c + \lg K_a), \quad x = [OH], \quad K_w = 1,0 \cdot 10^{-14},$$

$$pOH = 7 + \frac{1}{2} (pc - pK_a),$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 7 - \frac{1}{2} (pc - pK_a) = 7 + \frac{1}{2} (pK_a - pc).$$

1940. $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-, \text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_a + \text{p}c_{\text{HA}}).$

$$\text{A}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HA} + \text{OH}^-, \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} (\text{p}K_a + \text{p}c_{\text{NaA}}).$$

Поскольку на титрование затрачены одинаковые объемы кислоты и щелочи, концентрация NaA после титрования равна

$$c_{\text{NaA}} = \frac{c_{\text{HA}}}{2},$$

$$\text{тогда } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \left(\text{p}K_a - \text{p} \frac{c_{\text{HA}}}{2} \right) = 6,85 + \frac{1}{2} (\text{p}K_a - \text{p}c_{\text{HA}}).$$

Следовательно, можно составить систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} 5,82 = \frac{1}{2} (\text{p}K_a + \text{p}c_{\text{HA}}) \\ 11,68 = 6,85 + \frac{1}{2} (\text{p}K_a + \text{p}c_{\text{HA}}); \end{cases}$$

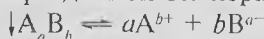
откуда $\text{p}K_a = 10,65$, $K_a = 2,2 \cdot 10^{-11}$, $c = 0,1$ моль/л.

$$\text{Молярная масса кислоты равна: } M = \frac{0,72 \text{ г}}{0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л}} = 144 \text{ г/моль}.$$

Формула кислоты — HIO.

ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ. МОЛЯРНАЯ РАСТВОРИМОСТЬ

1941. Гетерогенное равновесие осадок $\rightleftharpoons$ насыщенный раствор при данной температуре



характеризуется постоянной величиной, называемой произведением растворимости K_s . Эта постоянная величина равна произведению концентраций ионов малорастворимого электролита в насыщенном растворе, возведенных в степень, которая равна соответствующему стехиометрическому коэффициенту.

$$K_s = [\text{A}^{b+}]^a \cdot [\text{B}^{a-}]^b$$

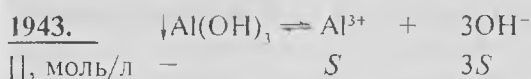
Молярную растворимость малорастворимого электролита обозначают S и выражают в моль/л. Если молярная растворимость A_aB_b равна S , то равновесные концентрации ионов A^{b+} и B^{a-} равны соответственно aS и bS , тогда

$$K_s = (aS)^a (bS)^b = a^a b^b S^{a+b},$$

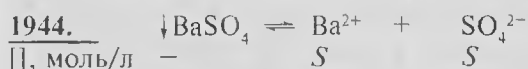
$$\text{откуда } S = \sqrt[a+b]{\frac{K_s}{a^a b^b}}.$$

1942. $S = [\text{Ag}^+] = \sqrt{K_s}$

$$S \text{ при } 100^\circ\text{C} = \sqrt{1,4 \cdot 10^{-4}} \\ S \text{ при } 25^\circ\text{C} = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-10}} = 887 \text{ раз.}$$

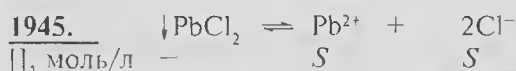


$$K_s = S(3S)^3 = 27S^4, \text{ откуда } S = \sqrt[4]{\frac{4,6 \cdot 10^{-33}}{27}} = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$



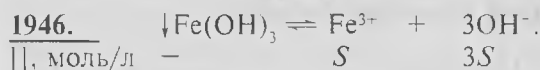
$$K_s = S^2, \text{ откуда } S = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \cdot 233 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л} = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ г.}$$



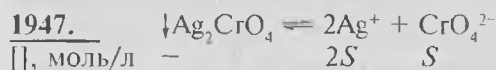
$$K_s = S(2S)^2 = 4S^3, \text{ откуда } S = \sqrt[3]{\frac{1,3 \cdot 10^{-5}}{4}} = 0,015 \text{ моль/л.}$$

В 1 л раствора содержится $m(\text{PbCl}_2) = 0,015 \text{ моль} \cdot 278 \text{ г/моль} = 4,17 \text{ г}$. Предположим, что плотность раствора хлорида свинца $\sim 1 \text{ г/мл}$, тогда 4,17 г хлорида растворяются в 995,83 мл воды, а 0,1 г растворится в $\frac{0,1 \text{ г} \cdot 995,83 \text{ мл}}{4,17 \text{ г}} = 23,3 \text{ мл}$.



$$S = \frac{4,8 \cdot 10^{-9} \text{ г}}{107 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л}} = 4,5 \cdot 10^{-10} \text{ моль/л.}$$

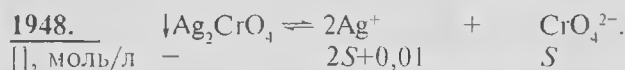
$$K_s = S(3S)^3 = 27S^4 = 1,1 \cdot 10^{-36}.$$



$$K_s = (2S)^2 S = 4S^3, \text{ откуда } S = \sqrt[3]{\frac{1,2 \cdot 10^{-12}}{4}} = 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

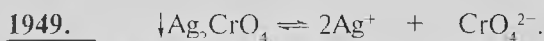
Добавление солей с одноименными ионами приводит к уменьшению растворимости:

а) уменьшается; б) уменьшается.



$$K_s = (2S + 0,01)^2 \cdot S.$$

Пусть $S \ll 0,01$, тогда $1,2 \cdot 10^{-12} = 0,01^2 \cdot S$ и $S = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л.}$



$[\text{I}], \text{ моль/л} \quad - \quad 2S \quad S+0,01$

$K_s = (2S)^2 \cdot (S+0,01)$

Пусть $S \ll 0,01$, тогда $1,2 \cdot 10^{-12} = 4S^2 \cdot 0,01$ и $S = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$.

1950. Масса осадка составила $64,80 \text{ мг} \cdot 0,75 = 48,6 \text{ мг}$, количество вещества — $48,6 \cdot 10^{-3} \text{ г} / 415,3 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$. Изначально в раствор было внесено 2 г или $2 \text{ г} / 119 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 1,68 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$ бромида калия. После осаждения количество вещества бромид-ионов составило

$n(\text{Br}^-) = 1,68 \cdot 10^{-2} \text{ моль} - 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ моль} = 1,668 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$,

а молярная концентрация $c(\text{Br}^-) = 1,668 \cdot 10^{-2} \text{ моль} / 0,200 \text{ л} = 8,34 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$.

Рассчитаем количество вещества стрихнина, оставшегося в растворе: 90% стрихнина составляют $1,17 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$,

10% стрихнина — $x \text{ моль}$,

откуда $x = 1,30 \cdot 10^{-5} \cdot c(\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{O}_2\text{N}_2^+) = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ моль} / 0,200 \text{ л} =$

$= 6,50 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$, $\text{ПР} = c(\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{O}_2\text{N}_2^+) \cdot c(\text{Br}^-) =$

$= 6,50 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \cdot 8,34 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л} = 5,4 \cdot 10^{-6} (\text{моль/л})^2$.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОСАДКА

1951. $K_s(\text{BaSO}_4) < K_s(\text{SrSO}_4) < K_s(\text{CaSO}_4)$, поэтому первым выпадает BaSO_4 , затем — SrSO_4 и последним — CaSO_4 .

1952. AgI , AgBr , AgCl

1953. Образование осадка малорастворимого электролита A_aB_b произойдет только тогда, когда после смешивания растворов, содержащих ионы A^{b+} и B^{a-} , произведение их концентраций $c_{\text{A}^{b+}} \cdot c_{\text{B}^{a-}}$ в образовавшемся растворе будет больше произведения растворимости малорастворимого электролита A_aB_b ,

$c_{\text{A}^{b+}} \cdot c_{\text{B}^{a-}} > K_s(\text{A}_a\text{B}_b)$.

$K_s(\text{CaSO}_4) > K_s(\text{SrSO}_4)$.

а) Да; б) нет.

1954. $[\text{Ag}^+] = \sqrt{8,3 \cdot 10^{-17}} = 9,1 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$.

$[\text{Br}^-] = \frac{5,3 \cdot 10^{-13}}{9,1 \cdot 10^{-9}} = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$.

Следовательно, наименьшая концентрация NaBr составляет $5,8 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$.

1955. Концентрации после смешивания:

$$c_{\text{Mn}(\text{NO}_3)_2} = \frac{1}{2} c = 0,001 \text{ моль/л}, c_{\text{Na}_2\text{S}} = 0,00015 \text{ моль/л}$$

$$[\text{Mn}^{2+}] [\text{S}^{2-}] = 0,001 \cdot 0,00015 = 1,5 \cdot 10^{-7} > 3,2 \cdot 10^{-11}$$

Осадок образуется.

$$\text{1956. } c_{\text{Ca}(\text{NO}_3)_2} = \frac{0,1 \text{ г}}{164 \text{ г/моль} \cdot 0,04 \text{ л}} = 0,015 \text{ моль/л.}$$

$$c_{\text{SrCl}_2} = \frac{0,01 \text{ г}}{159 \text{ г/моль} \cdot 0,04 \text{ л}} = 0,0016 \text{ моль/л.}$$

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1,8 \text{ мл} \cdot 0,02 \text{ мл}}{98 \text{ г/моль} \cdot 0,04 \text{ л}} = 0,0092 \text{ моль/л.}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] = 0,015 \cdot 0,0092 = 1,38 \cdot 10^{-4} > 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{Sr}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}] = 0,0016 \cdot 0,0092 = 1,47 \cdot 10^{-5} > 2,7 \cdot 10^{-7}$$

Выпадут оба осадка.

$$\text{1957. } [\text{Sr}^{2+}] = \frac{K_s(\text{SrSO}_4)}{[\text{SO}_4^{2-}]}; [\text{Ba}^{2+}] = \frac{K_s(\text{BaSO}_4)}{[\text{SO}_4^{2-}]}$$

$$\frac{[\text{Sr}^{2+}]}{[\text{Ba}^{2+}]} = \frac{2,1 \cdot 10^{-7}}{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1909 \text{ раз.}$$

Если раствор содержит два иона, оба осадка будут образовываться одновременно при условии, что концентрации ионов относятся между собой как произведения растворимости образующихся осадков. В противном случае будет образовываться только один осадок.

1958.	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$		
c^0 , моль/л	0,1	0	0
Δc , моль/л	$-x$	$+x$	$+2x$
$ $, моль/л	$0,1-x$	x	$2x$

$$\beta = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}; 1,74 \cdot 10^7 = \frac{0,1-x}{x(2x)^2}$$

$$\text{Пусть } x \ll 0,1, \text{ тогда } x = \sqrt[3]{\frac{0,1}{1,74 \cdot 10^7 \cdot 4}} = 1,13 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 > 1,13 \cdot 10^{-4} > K_s(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$$

Следовательно, выпадет осадок AgCl.

1959.	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$		
c^0 , моль/л	0,1	0	c
Δc , моль/л	$-x$	$+x$	$+2x$
$[\text{I}]$, моль/л	$0,1-x$	x	$c+2x$

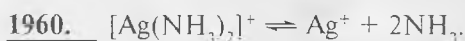
$$1,74 \cdot 10^7 = \frac{0,1-x}{x(c+2x)^2}$$

Пусть $x < 0,1$ и $x < c$, тогда $x = \frac{0,1}{1,74 \cdot 10^7 \cdot c^2} = \frac{5,75 \cdot 10^{-9}}{c^2}$

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = \frac{5,75 \cdot 10^{-9}}{c^2} \cdot 0,1 = \frac{5,75 \cdot 10^{-10}}{c^2}$$

Для того чтобы выпал осадок, необходимо выполнение неравенства $\frac{5,75 \cdot 10^{-10}}{c^2} > 1,78 \cdot 10^{-10}$, $c < 1,8$ моль/л.

Следовательно, осадок выпадет, если концентрация аммиака меньше 1,8 моль/л; при концентрациях аммиака больше 1,8 моль/л осадок не выпадет.



$$1,74 \cdot 10^7 = \frac{0,1-x}{x(2+2x)^2}$$

Пусть $x < 0,1$, тогда $x = \frac{0,1}{1,74 \cdot 10^7 \cdot 4} = 1,4 \cdot 10^{-9}$

$$[\text{Ag}^+][\text{I}^-] = 1,4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,1 = 1,4 \cdot 10^{-10} > K_{\text{sp}}(\text{AgI}) = 8,3 \cdot 10^{-17}$$

Следовательно, выпадет осадок AgBr.

РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ

1961.

Титруемый раствор	Титрант	Индикатор	pH в точке эквивалентности
0,200 моль/л раствор уксусной кислоты	0,200 моль/л раствор NaOH	фенолфталеин	8,82
0,200 моль/л раствор NaOH	0,200 моль/л раствор уксусной кислоты	метилловый оранжевый	8,82

1962. 1) 0 мл титранта. pH определяется реакцией $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{HCN}$, $K_2 = K_{\text{b}}/K_{\text{a}} = 1 \cdot 10^{-14} : 2,1 \cdot 10^{-9} = 4,76 \cdot 10^{-6}$, $\text{pH} = 10,69$;

2) 10 мл титранта. pH буферного раствора определяется реакцией $\text{CN}^- + \text{H}^+ = \text{HCN}$, $K_H = 1 : 2,1 \cdot 10^{-9}$,
 $c(\text{CN}^-) = 1,5 : 60$ моль/л, $c(\text{HCN}) = 1,0 : 60$ моль/л,
 $\text{pH} = 8,85$;

3) 25 мл титранта. pH раствора в точке эквивалентности (р-р HCN):
 $[\text{H}^+] \approx \{c(\text{HCN}) \cdot K_H\}^{1/2} = \{0,0333 \cdot 2,1 \cdot 10^{-9}\}^{1/2} = 8,37 \cdot 10^{-6}$ моль/л,
 $\text{pH} = 5,08$;

4) 26 мл титранта. pH раствора определяется избыточной концентрацией сильной кислоты:
 $c(\text{HCl}) = \{26,0 \cdot 0,1 - 50,0 \cdot 0,05\} : 76 = 1,32 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $\text{pH} = 2,88$.

1963. а) Растворимость

$$S = K_{S0}^{1/2} = 7,21 \cdot 10^{-7} \text{ (моль/л)}.$$

вклад комплексов AgBr_{aq} и AgBr_2^- пренебрежимо мал;

б) при избытке бромид-ионов растворимость определяется выражением:

$$S = [\text{Ag}^+] + [\text{AgBr}_{\text{aq}}] + [\text{AgBr}_2^-] =$$

$$K_{S0} = [\text{Br}^-]^{-1} + K_{S0} \cdot \beta_1 + K_{S0} \cdot \beta_2 \cdot [\text{Br}^-] =$$

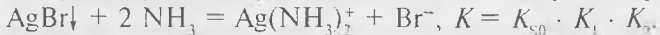
$$= 5,2 \cdot 10^{-13} / 0,1 + 5,2 \cdot 10^{-13} \cdot 100 + 5,2 \cdot 10^{-13} \cdot 300 \cdot 0,1 =$$

$$= 7,28 \cdot 10^{-11} \text{ (моль/л)};$$

в) при избытке аммиака растворимость определяется выражением:

$$S = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = [\text{Br}^-],$$

т.к. растворение обусловлено, главным образом, реакцией



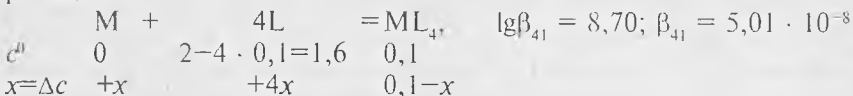
$$S^2 : [\text{NH}_3]^2 = K,$$

$$S^2 = 0,01 \cdot 5,2 \cdot 10^{-13} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,9 \cdot 10^{-3} = 7,176 \cdot 10^{-8},$$

$$S = 2,68 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}.$$

Приближения: равновесная концентрация NH_3 практически совпадает с начальной, т.е. степень образования NH_4^+ и AgNH_3^+ близки, выход комплексов AgBr_{aq} и AgBr_2^- пренебрежимо мал.

1964. 1) С учетом разбавления начальные концентрации $c^0(\text{Zn}^{2+}) = 0,10$ моль/л, $c^0(\text{NH}_3) = 2,00$ моль/л. Судя по константам устойчивости и огромному избытку аммиака, можно полагать, что в растворе доминируют комплекс $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (ML_4) и несвязанный аммиак (L), и, следовательно, $[\text{M}]$ определяется, главным образом, реакцией



Принимая, что $x \ll 0,1$, решаем уравнение:

$$\frac{0,1}{x \cdot (1,6)^4} = 5,01 \cdot 10^8, \text{ откуда } x = 3,045 \cdot 10^{-11} \text{ (моль/л)}.$$

Предположение $x \ll 0,1$ справедливо, $[\text{Zn}^{2+}] = 3,045 \cdot 10^{-11}$ моль/л,
 $[\text{NH}_3] = 0,16$ моль/л.

Проверяем гипотезу о возможности пренебречь комплексами ML , ML_2 , ML_3 .

$$[ML] = 10^{2,18} \cdot 3,045 \cdot 10^{-11} \cdot 1,6 = 7,37 \cdot 10^{-9} \text{ (моль/л)},$$

$$[ML_2] = 10^{4,43} \cdot 3,045 \cdot 10^{-11} \cdot (1,6)^2 = 2,10 \cdot 10^{-6} \text{ (моль/л)},$$

$$[ML_3] = 10^{6,74} \cdot 3,045 \cdot 10^{-11} \cdot (1,6)^3 = 6,85 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}.$$

Предположение было верным.

Рассчитываем pH.

$$\begin{array}{rclcl} H^+ + L & = & HL^+ & , & \lg K_H = 9,24 \\ (H_2O) + L & = & HL^+ + OH^- & , & \lg K_F = 9,24 - 14 = -4,76 \\ c^0 & 1,6 & 0 & & 0 \\ y = \Delta c & 1,6 - y & + y & & + y \end{array}$$

Принимая, что $y \ll 1,6$ решаем уравнение:

$$y^2 = 10^{-4,76} = 1,74 \cdot 10^{-5}, \text{ откуда } [OH^-] = y = 5,28 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)},$$

$$pOH = 2,28, \text{ pH} = 14 - 2,28 = 11,72.$$

2) При pH = 9,0 можно по-прежнему считать, что доминирующей цинксодержащей формой является комплекс ZnL_4 , но равновесная концентрация NH_3 изменится; суммарная концентрация

$$[NH_3] + [NH_4^+] = t(NH_3) = 1,6 \text{ моль/л},$$

$$[L] + K_H \cdot [H^+] \cdot [L] = c^0(NH_3),$$

$$[L] = c^0(NH_3) : \{1 + K_H \cdot [H^+]\} = 1,6 : \{1 + 10^{9,24} \cdot 10^{-9}\} = 0,584 \text{ (моль/л)}.$$

$$\begin{array}{rclcl} M + 4L & = & ML_4 & , & \lg \beta_{4i} = 8,70; \beta_{4i} = 5,01 \cdot 10^{-8} \\ c^0 & 0 & 0,584 & & 0,1 \end{array}$$

$$z = \Delta c \quad + z \quad 0,584 + 4z \quad 0,1 - z$$

Принимая, что $z \ll 0,1$, решаем уравнение:

$$z \cdot (0,584)^4 = 5,01 \cdot 10^{-8}, \text{ откуда } z = 1,72 \cdot 10^{-9} \text{ (моль/л)}.$$

Предположение $z \ll 0,1$ справедливо, $[Zn^{2+}] = 1,72 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}.$

ТОЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ, ВЫЧИСЛЕННЫЕ НА ЭВМ

Реагент	Равновесная концентрация, моль/л	
	а)	б) (pH 9)
Zn^{2+}	$3,06 \cdot 10^{-11}$	$1,67 \cdot 10^{-9}$
$NH_3 (L)$	1,595	0,585
H^+	$1,90 \cdot 10^{-12}$	$1,00 \cdot 10^{-9}$
OH^-	0,0053	$1,00 \cdot 10^{-3}$
NH_4^+	0,0053	1,017
ZnL^{2+}	$7,39 \cdot 10^{-9}$	$1,48 \cdot 10^{-7}$
ZnL_2^{2+}	$2,10 \cdot 10^{-6}$	$1,54 \cdot 10^{-3}$
ZnL_3^{2+}	$6,82 \cdot 10^{-4}$	0,0018
ZnL_4^{2+}	0,099	0,098

1965. Растворимость сульфида кадмия

$$S_{\text{CdS}} = \sum_{i=0}^4 [\text{CdCl}_i]^{(2-i)+} = \sum_{i=0}^4 \beta_i \cdot m \cdot a^i = m \sum_{i=0}^4 \beta_i \cdot a^i,$$

где β_i – общая константа устойчивости комплекса $[\text{CdCl}_i]^{(2-i)+}$, $m = [\text{Cd}^{2+}]$, $a = [\text{Cl}^-]$. Рассчитать m можно, зная $[\text{S}^{2-}]$. Последнюю находим из условия:

$$\begin{aligned} 0,10 &= c(\text{H}_2\text{S}) = [\text{S}^{2-}] + [\text{HS}^-] + [\text{H}_2\text{S}] = \\ &= [\text{S}^{2-}] \cdot \{1 + \beta_{\text{H}_1} \cdot [\text{H}^+] + \beta_{\text{H}_2} \cdot [\text{H}^+]^2\}, \\ [\text{S}^{2-}] &= c(\text{H}_2\text{S}) / \{1 + \beta_{\text{H}_1} \cdot [\text{H}^+] + \beta_{\text{H}_2} \cdot [\text{H}^+]^2\}. \end{aligned}$$

Тогда справедлива формула

$$\begin{aligned} S_{\text{CdS}} &= K_{\text{so}} \cdot c(\text{H}_2\text{S})^{-1} \cdot \{1 + \beta_{\text{H}_1} \cdot [\text{H}^+] + \beta_{\text{H}_2} \cdot [\text{H}^+]^2\} \cdot \sum_{i=0}^4 \beta_i \cdot a^i = \\ &= 10^{-25,92} \cdot 0,1^{-1} \cdot (1 + 10^{12,9} \cdot 0,01 + 10^{19,95} \cdot 0,01^2) \cdot (1 + 10^{1,95} \cdot 4 + \\ &+ 10^{2,49} \cdot 42 + 10^{2,34} \cdot 43 + 10^{1,64} \cdot 4^4) = \\ &= 1,07153 \cdot 10^{-9} \cdot 30478,45277 = 3,27 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \\ &[\text{Cd}^{2+}]. \end{aligned}$$

Присутствие хлорид-ионов повышает растворимость в 30500 раз.

1966. а) $\text{H}_2\text{M} = \text{H}^+ + \text{HM}^-$,

диссоциацией по второй ступени пренебрегаем. Обозначив $[\text{H}^+] = h$, имеем уравнение: $h^2/(0,1 - h) = 0,012$. Решая его, получаем: $h = 2,92 \cdot 10^{-2}$, $\text{pH} = 1,54$.

б) Расчет pH буферного раствора: $c(\text{H}_2\text{M}) = 0,0667$ моль/л, $c(\text{HM}^-) = 0,0167$ моль/л. Применение формулы $\text{pH} = \text{p}K_{a1} - \lg \{c(\text{H}_2\text{M})/c(\text{HM}^-)\}$ дает значение $\text{pH} = 1,32$ ($[\text{H}^+] = 0,048$ моль/л), что сопоставимо с концентрациями компонентов буфера, и следует применить более точный способ расчета. Запишем реакции в каноническом виде, выбрав в качестве независимых компонентов H_2M и H^+ :

Стехиометрические коэффициенты при компонентах		Продукт	$\lg \beta_i$
H_2M	H^+		
1	0	H_2M	0
0	1	H^+	0
1	-1	HM^-	$\lg K_{a1} = -1,92$

Присутствием OH^- , M^{2-} пренебрегаем.

Общие концентрации независимых компонентов при реакциях не меняются. Они равны:

$$\tau(\text{H}_2\text{M}) = [\text{H}_2\text{M}] + [\text{HM}^-] = 0,1 \cdot 25 : 30 = 8,333 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л},$$

$$\tau(\text{H}^+) = [\text{H}^+] - [\text{HM}^-] = -0,1 \cdot 5 : 30 = -1,667 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Из закона действия масс следует: $[\text{HM}^-] = [\text{H}_2\text{M}] \cdot h^{-1} \cdot K_{a1}$.

$$t(\text{H}_2\text{M}) = [\text{H}_2\text{M}] \cdot (1 + h^{-1} \cdot K_{a1}), \quad t(\text{H}^+) = h - [\text{H}_2\text{M}] \cdot h^{-1} \cdot K_{a1}.$$

Подставляя выражение для $[\text{H}_2\text{M}]$ в уравнение для $t(\text{H}^+)$, получа-

$$\text{ем: } t(\text{H}^+) = h - \frac{t(\text{H}_2\text{M})}{1 + h^{-1} \cdot K_{a1}} \cdot h^{-1} \cdot K_{a1}.$$

Подставив числовые значения и выполнив преобразования, приходим к квадратному уравнению:

$$h^2 + 2,867 \cdot 10^{-2} h - 8 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$h = 1,74 \cdot 10^{-2}, \quad \text{pH} = 1,76.$$

в) Первая точка эквивалентности. $c(\text{HM}^-) = 0,05$ моль/л. $\text{pH} \approx (\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}) : 2 = 4,07$. Более точно pH оценим, используя материальный баланс по HM^- и H^+ :

Стехиометрические коэффициенты при компонентах		Продукт	$\lg \beta_i$
HM^-	H^+		
1	0	HM^-	0
0	1	H^+	0
1	-1	H_2M	$-\lg K_{a1} = 1,92$
1	-1	M^{2-}	$\lg K_{a2} = -6,22$

Присутствием OH^- пренебрегаем.

По условиям материального баланса компонентов

$$t(\text{HM}^-) = [\text{H}_2\text{M}] + [\text{HM}^-] + [\text{M}^{2-}] = 0,1 \cdot 25 : 50 = 0,05 \text{ моль/л},$$

$$t(\text{H}^+) = [\text{H}^+] + [\text{H}_2\text{M}] - [\text{HM}^-] = 0.$$

$$\text{Из ЗДМ следует: } [\text{M}^{2-}] = [\text{HM}^-] \cdot h^{-1} \cdot K_{a2}, \quad [\text{H}_2\text{M}] =$$

$$= [\text{HM}^-] \cdot h^{-1} \cdot K_{a1} \quad (K_{\text{H}} = 1 : K_{a1})$$

$$t(\text{HM}^-) = [\text{HM}^-] \cdot (1 + h \cdot K_{a1} + h^{-1} \cdot K_{a2}),$$

$$t(\text{H}^+) = h + [\text{HM}^-] \cdot h \cdot K_{a1} - [\text{HM}^-] \cdot h^{-1} \cdot K_{a2}.$$

Подставляя выражение для $[\text{HM}^-]$ из формулы для $t(\text{HM}^-)$ в уравнение для $t(\text{H}^+)$, имеем:

$$h + h \cdot K_{a1} - \frac{t(\text{HM}^-)}{1 + h \cdot K_{a1} + h^{-1} \cdot K_{a2}} - K_{a2} \cdot h^{-1} \cdot \frac{t(\text{HM}^-)}{1 + h \cdot K_{a1} + h^{-1} \cdot K_{a2}} = 0.$$

После приведения к общему знаменателю и подстановки численных значений приходим к уравнению:

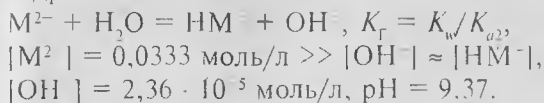
$$83,3 h^3 + 5,167 h^2 + 5,96 \cdot 10^{-7} \cdot h - 2,98 \cdot 10^{-8} = 0.$$

Зная, что $h \sim 10^{-5}$, отбрасываем малые слагаемые $83,3 h^3$ и $5,96 \cdot 10^{-7} \cdot h$. Окончательно имеем: $5,67 h^2 = 2,98 \cdot 10^{-8}$, $h = 7,59 \cdot 10^{-5}$, $\text{pH} = 4,12$.

г) Прибавление еще 0,5 мл щелочи приводит к образованию нового буфера — $\text{HM}^- / \text{M}^{2-}$.

$$\text{pH} = \text{p}K_{a2} + \lg \left\{ \frac{[\text{M}^{2-}]}{[\text{HM}^-]} \right\} = 6,22 + \lg \left(\frac{0,05 : 50,5}{2,45 : 50,50} \right) = 4,54.$$

д) После прибавления 50 мл раствора щелочи достигается вторая точка эквивалентности, где pH определяется равновесием реакции гидролиза:



Целесообразно для определения кислоты использовать индикацию второго скачка на кривой титрования (можно просто построить на основе выполненных расчетов кривую и убедиться, что второй скачок больше). Т.к. точка эквивалентности находится в слабощелочной области, сгодится и фенолфталеин.

1967. 1) $R = c(\text{кислота})_{\text{орг}} : c(\text{кислота})_{\text{вод}} = \frac{[\text{HA}]_{\text{орг}} + 2[\text{H}_2\text{A}_2]_{\text{орг}}}{[\text{HA}]_{\text{в}} + [\text{A}^-]_{\text{в}}}, (1)$

где индексом «орг» отмечены равновесные концентрации веществ в органической фазе, индексом «в» — концентрации веществ в водной фазе.

$$K_{\text{д}} = [\text{HA}]_{\text{орг}} \cdot [\text{HA}]_{\text{в}}.$$

2) Выразим концентрации всех реагентов через концентрацию $[\text{HA}]_{\text{в}}$:

$$[\text{HA}]_{\text{орг}} = K_{\text{д}} : [\text{HA}]_{\text{в}}$$

$$[\text{H}_2\text{A}_2]_{\text{орг}} = K_{\text{дим}} \cdot ([\text{HA}]_{\text{орг}})^2 = K_{\text{дим}} \cdot (K_{\text{д}} \cdot [\text{HA}]_{\text{в}})^2,$$

где $K_{\text{дим}}$ — константа димеризации масляной кислоты в органической фазе.

$$[\text{A}^-] = K_{\text{а}} \cdot [\text{HA}]_{\text{в}} : [\text{H}^+].$$

$$\text{Тогда } R = \frac{[\text{HA}]_{\text{орг}} + 2[\text{H}_2\text{A}_2]_{\text{орг}}}{[\text{HA}]_{\text{в}} + [\text{A}^-]_{\text{в}}} = \frac{K_{\text{д}} \cdot [\text{HA}]_{\text{в}} + 2K_{\text{дим}} \cdot K_{\text{д}}^2 [\text{HA}]_{\text{в}}^2}{[\text{HA}]_{\text{в}} + K_{\text{а}} \cdot [\text{HA}]_{\text{в}} : [\text{H}^+]}$$

Учитывая, что масляная кислота слабая, можно пренебречь концентрацией $[\text{A}^-]$ в сравнении с концентрацией $[\text{HA}]_{\text{в}}$. Тогда выражение для R принимает вид:

$$R = \frac{K_{\text{д}} \cdot [\text{HA}]_{\text{в}} + 2K_{\text{дим}} \cdot K_{\text{д}}^2 [\text{HA}]_{\text{в}}^2}{[\text{HA}]_{\text{в}}} = K_{\text{д}} + 2K_{\text{дим}} \cdot K_{\text{д}}^2 [\text{HA}]_{\text{в}}.$$

Таким образом, получаем уравнение:

$$R = a_0 + a_1 \cdot [\text{HA}]_{\text{в}},$$

$$\text{где } a_0 = K_{\text{д}}; a_1 = 2 \cdot K_{\text{дим}} \cdot K_{\text{д}}.$$

Легко видеть, что $K_{\text{дим}} = a_1 / (2 \cdot a_0^2)$.

Для нахождения коэффициентов a_0 и a_1 можно построить график линейной зависимости $R = f([\text{HA}]_{\text{в}})$, а можно решать системы линейных уравнений для разных пар $[\text{HA}]_{\text{в}}$. Для того чтобы оценить погрешность определения $a_0 = K_{\text{д}}$, проще прибегнуть ко второму способу.

Так, для первого и второго измерений имеем систему уравнений:

$$0,56 = a_0 + a_1 \cdot 0,020.$$

$$0,83 = a_0 + a_1 \cdot 0,047.$$

Решая ее, получаем: $a_0 = K_d = 0,360$; $a_1 = 10,00$; $K_{\text{дм}} = 38,58$.

Для разных пар измерений находим:

Параметры	Пары измерений					
	1—2	1—3	1—4	2—3	2—4	3—4
a_0	0,360	0,373	0,378	0,438	0,387	0,330
a_1	10,00	9,33	9,52	8,33	9,43	10,00
$K_{\text{дм}}$	38,58	33,53	33,31	21,71	31,48	45,91

Таким образом, среднее значение $a_0 = K_d = 0,38$, а погрешность определения K_d составляет $\pm 0,05$. Среднее значение $K_{\text{дм}} = 34$.

3) Для расчета R нужно найти равновесную концентрацию $[\text{HA}]_n$.

Рассмотрим уравнение материального баланса:

$$c(\text{HA}) = [\text{HA}]_n + [\text{A}^-] + [\text{HA}]_{\text{орг}} + 2 \cdot [\text{H}_2\text{A}_2]_{\text{орг}} = 0,05.$$

Подставляя значения констант равновесия, $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-5}$ моль/л и обозначив $x = [\text{HA}]_n$, получаем:

$$0,05 = x + x \cdot 1,54 \cdot 10^{-5} / 10^{-5} + 0,38 \cdot x + 2 \cdot 34 \cdot (0,38)^2 \cdot x^2.$$

Решая квадратное уравнение, находим:

$$x = [\text{HA}]_n = 1,624 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)},$$

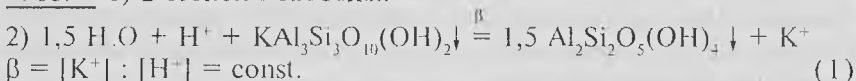
$$\text{откуда } [\text{A}^-] = 1,54 \cdot [\text{HA}]_n = 2,50 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)};$$

$$[\text{HA}]_{\text{орг}} = 0,38 \cdot [\text{HA}]_n = 6,17 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)};$$

$$[\text{H}_2\text{A}_2]_{\text{орг}} = 34 \cdot ([\text{HA}]_{\text{орг}})^2 = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}.$$

$$\text{Таким образом, } R = (2 \cdot 1,29 \cdot 10^{-3} + 6,17 \cdot 10^{-3}) : (1,62 \cdot 10^{-2} + 2,50 \cdot 10^{-2}) = 0,21.$$

1968. 1) 2 степени свободы.

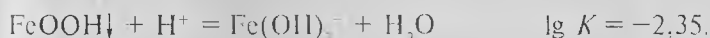


С учетом условия электронейтральности водной фазы

$$[\text{K}^+] + [\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{K}^+] + [\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] + K_w / [\text{H}^+], \quad (2)$$

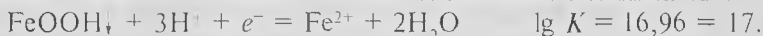
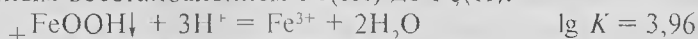
где K_w — ионное произведение воды. Из системы уравнений (1), (2) следует, что при заданной концентрации хлорид-ионов и постоянной температуре (β , K_w постоянны) равновесные концентрации $[\text{K}^+]$ и $[\text{H}^+]$ определены однозначно. Следовательно, пока добавки КОН не приведут к полному растворению одной из фаз, pH сохранится постоянным. Силлен говорил, что океан — это pH-стат, а не pH-буфер («ocean is a pH stat rather than a buffer»). Добавки HCl на уровне концентрации K^+ мало скажутся на величине pH, т.к. в данном случае система ведет себя как гетерогенный буфер.

3) Легко видеть, что для растворения FeOОН без изменения степени окисления железа наиболее важна реакция



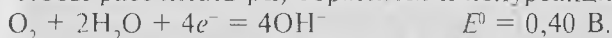
Тогда при pH 8,1 равновесная концентрация $[\text{Fe}(\text{OH})_2^-] = 10^{-10,45}$ (моль/л).

Концентрации FeOH^{2+} и $\text{Fe}_2(\text{OH})_2^{4+}$ — порядка 10^{-15} и 10^{-27} моль/л. Можно допустить, что происходит растворение FeOOH с одновременным восстановлением Fe(III) до Fe(II) :



Отсюда $\lg [\text{Fe}^{2+}] = 17 - 3\text{pH} - \text{pE} = -7,3 - \text{pE}$.

Чтобы рассчитать pE , обратимся к полуреакции



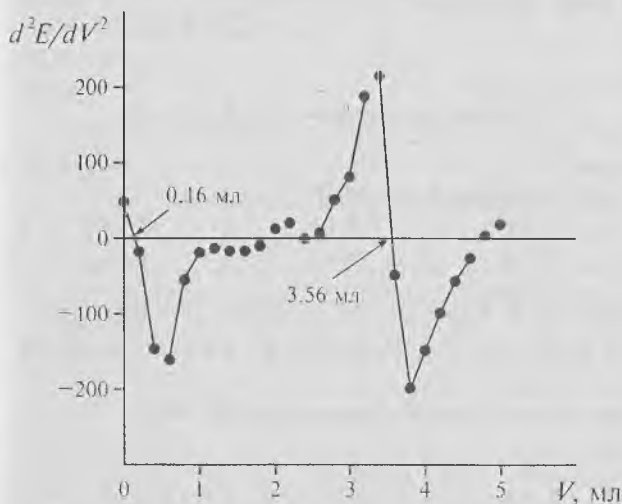
$$E = 0,40 + (0,059 : 4) \lg \{p(\text{O}_2) : [\text{OH}^-]^4\} =$$

$$= 0,40 + 0,01475 \cdot \lg \{0,21 : (10^{(8,1 - 14)} : 4)\} = 0,40 + 0,34 = 0,74 \text{ В,}$$

$$\text{pE} = 0,74 : 0,059 = 12,51 \approx 12,5,$$

Тогда $\lg [\text{Fe}^{2+}] = -7,3 - 12,5 = -19,8$, а суммарная концентрация растворимых форм железа менее 10^{-10} моль/л, т.е. в 1000 раз меньше экспериментально определяемой. Или океан не равновесен, или есть дополнительные факторы переноса железа в раствор (комплексобразование с фосфат-ионами, органическими лигандами и т.п.), или при определении концентрации растворимого железа неправильно «засчитали» содержание коллоидных частиц $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

1969. Для определения точек эквивалентности можно построить зависимость dE / dV , но лучше — d^2E / dV^2 , находя необходимые производные численно (см. рис).



Первый скачок на кривой наблюдается при объеме титранта 0,16 мл, второй — 3,56 мл.

а) По уравнению

$$E = E^0 - 59 \text{ pH}$$

находим: $\text{pH}^1 = (350,3 - 83,7) / 59 = 7,35$, $\text{pH}^2 = (350,3 - 103,8) / 59 = 4,18$.

б) Первый скачок отвечает оттитровке $\text{B}(\text{OH})_4^-$ до борной кислоты, второй — гидрокарбонат-иона до $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$.

в) По результатам титрования вычисляем концентрации

$$c(\text{B}(\text{OH})_4^-) = 100 \text{ ммоль/л} \cdot 0,16 \text{ мл} : 150 \text{ мл} = 0,11 \text{ ммоль/л},$$

$$c(\text{HCO}_3^-) = 100 \text{ ммоль/л} \cdot (3,56 - 0,16) \text{ мл} : 150 \text{ мл} = 2,27 \text{ ммоль/л}.$$

Условия материального баланса элементов можно записать в виде:

$$t(\text{B}) = [\text{B}(\text{OH})_4^-] + [\text{H}_3\text{BO}_3] = [\text{B}(\text{OH})_4^-] \cdot (1 + K_{a1} \cdot [\text{H}^+]),$$

где $t(\text{B})$ — общая концентрация бора в растворе,

$$t(\text{B}) = 0,11 \cdot (1 + 10^{-8,8+8,0}) = 0,80 \text{ ммоль/л} (8,8 \text{ мг/л}),$$

$$t(\text{C}) = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_2] = [\text{HCO}_3^-] \cdot (1 + K_{a2} \cdot [\text{H}^+]^{-1} + K_{a1} \cdot [\text{H}^+]),$$

где $t(\text{C})$ — общая концентрация углерода в растворе,

$$t(\text{C}) = 2,27 \cdot (1 + 10^{-9,4+8,0} + 10^{6,0-8,0}) = 2,27 \cdot (1 + 0,04 + 0,01) = 2,38 \text{ ммоль/л} (28,6 \text{ мг/л}).$$

1970. 1) Для расчета K нужно знать $[\text{HA}]$ в растворе. Для ее определения воспользуемся условиями материального баланса:

$$c = [\text{HA}] + [\text{HA}] \cdot m/V = [\text{HA}] + 10 \cdot [\text{HA}], (m = 1 \text{ г}, V = 0,100 \text{ л})$$

$$\text{где } [\text{HA}] = t \cdot \theta, [\text{HA}] = c - 10 \cdot t \cdot \theta, \text{ моль/л.}$$

Преобразуем уравнение Ленгмюра к виду $K = \frac{\theta}{[\text{HA}] \cdot (1 - \theta)}$ и заполним таблицу:

	Исходная концентрация HA (c), моль/л		
	10^{-4}	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
θ	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$4,15 \cdot 10^{-2}$	$8,20 \cdot 10^{-2}$
$[\text{HA}]$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$
K	993	1007	992

Отсюда среднее значение $K = (993 + 1007 + 992) : 3 = 997 \approx 10^3$.

2) Зная K и пользуясь уравнением материального баланса, можно рассчитать θ .

Из преобразованного уравнения Ленгмюра следует, что

$$\frac{\theta}{1 - \theta} = K \cdot (c - 10 \cdot t \cdot \theta) = K \cdot c - 10 \cdot K \cdot t \cdot \theta,$$

$$\theta = (1 - \theta) \cdot (K \cdot c - 10 \cdot K \cdot t \cdot \theta) = K \cdot c - 10 \cdot K \cdot t \cdot \theta - K \cdot c \cdot \theta + 10 \cdot K \cdot t \cdot \theta^2,$$

Отсюда получаем квадратное уравнение относительно θ :

$$5 \cdot \theta^2 - (6 + 1000 \cdot c) \cdot \theta + 1000 \cdot c = 0,$$

$$\theta = \frac{(6 + 1000 \cdot c) \pm \sqrt{(6 + 1000 \cdot c)^2 - 20 \cdot 10^3 \cdot c}}{10}.$$

Решая уравнение, заполняем таблицу:

	Исходная концентрация НА (с), моль/л						
	10^{-3}	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$
$\theta_{\text{эксперимент}}$	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$4,15 \cdot 10^{-3}$	$8,20 \cdot 10^{-3}$	0,16	0,60	0,78	0,925
$\theta_{\text{расчет}}$				0,16	0,77	0,85	0,98

3) Отличие экспериментальных и рассчитанных величин θ с повышением c вызвано ассоциацией молекул НА в растворе (можно предположить образование циклических димеров за счет водородных связей). Это предположение проверяют, рассчитывая константы димеризации НА:



Если $K_{\text{дим}}$ остается постоянной при варьировании c , предположение о димеризации следует признать правильным.

Для расчета $K_{\text{дим}}$ следует знать $[\text{НА}]$ и $[(\text{НА})_2]$. $[\text{НА}]$ легко определить, исходя из преобразованного уравнения Ленгмюра

$$\theta = \frac{K \cdot [\text{НА}]}{1 + K \cdot [\text{НА}]} : [\text{НА}] = \frac{\theta}{(1 - \theta) \cdot K}.$$

Используя уравнения материального баланса

$$c = [\text{НА}] + 2 \cdot [(\text{НА})_2] + 10 \cdot \theta,$$

можно определить $[(\text{НА})_2]$:

$$[(\text{НА})_2] = \{c - [\text{НА}] - 10 \cdot \theta\} / 2.$$

Тогда

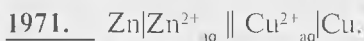
$$K_{\text{дим}} = [(\text{НА})_2] / [\text{НА}]^2.$$

	Исходная концентрация НА (с), моль/л		
	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$
$[\text{НА}]$, моль/л	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$3,545 \cdot 10^{-3}$	0,0123
$[(\text{НА})_2]$, моль/л	$2,50 \cdot 10^{-4}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	0,0165
$K_{\text{дим}}$	111	102	109

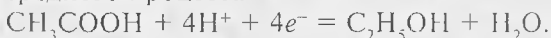
Отсюда среднее значение $K_{\text{дим}} = (111 + 102 + 109) : 3 = 107 = 10^2$.

4) Чтобы доказать образование димеров НА в растворе, можно воспользоваться методами криоскопии, эбулиоскопии, измерить давление пара НА или растворителя над раствором в зависимости от концентрации НА и т.п.

НАПРАВЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ. ЭЛЕКТРОХИМИЯ



1972. 1) Сначала нужно найти стандартный потенциал для электродного процесса



Стандартный электродный потенциал полуэлемента — это, собственно, э.д.с. цепи, состоящей из этого полуэлемента справа и стандартного водородного электрода слева. Поскольку потенциал последнего условились принять за нуль; мы рассматриваем реакции, происходящие в гальванических элементах, замкнутых слева стандартным водородным электродом. Учитывая, что $\Delta_r G^0$ суммы реакций является аддитивной величиной, для расчета воспользуемся следующей схемой:

Полуреакция	$\Delta_r G^0 = -nFE^0$
в) $\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$	$-2F \cdot (-0,12)$
г) $\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$-2F \cdot 0,19$
суммарная: $\text{CH}_3\text{COOH} + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	$\Delta G_{\text{сум}}^0 = -4FE_{\text{сум}}^0 =$ $= -2F \cdot (-0,12) -$ $- 2F \cdot 0,19$

Отсюда получаем: $E_{\text{сум}}^0 = (-0,12 + 0,19) : 2 = 0,035 \text{ В}.$

Выражения для потенциалов полуреакций:

$$\begin{aligned} \text{а) } E &= E_{(а)}^0 + (RT : nF) \ln \frac{[\text{HCrO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^7}{[\text{Cr}^{3+}]} = \\ &= 1,13 + (0,059 : 3) \cdot \lg\{[\text{H}^+]^7\} = 1,13 - 0,138 \text{ pH}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{б) } E &= E_{(б)}^0 + (RT : nF) \ln \frac{[\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2] \cdot [\text{H}^+]^2}{[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2]} = \\ &= 0,699 + (0,059 : 2) \cdot \lg\{[\text{H}^+]^2\} = 0,699 - 0,059 \text{ pH}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{суммарной: } E &= E_{\text{сум}}^0 + (RT : nF) \ln \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{H}^+]^4}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} = \\ &= 0,035 + (0,059 : 4) \cdot \lg\{[\text{H}^+]^4\} = 0,035 - 0,059 \text{ pH}. \end{aligned}$$

Окисление хроматом этанола происходит при условии, что $E_{\Sigma} > E_{(а)}$, т. е.
 $1,13 - 0,138 \text{ pH} > 0,035 - 0,059 \text{ pH},$
 $\text{pH} < 13,86.$

Окисление хроматом гидрохинона не происходит, если $E_2 > E_{(6)}$, т.е. $1,13 - 0,138 \text{ рН} < 0,699 - 0,059 \text{ рН}$, $\text{рН} > 5,46$.

Таким образом, искомый интервал $\text{рН} - 5,5 < \text{рН} < 13,8$

2) Поскольку $\Delta_r G^0 = -nF\Delta E^0$, где ΔE — э.д.с. соответствующего гальванического элемента, нужно найти ΔE^0 :

2 ×	$\text{HCrO}_4^- + 7\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	$\Delta E_{(1)}^0 = 1,13 \text{ В}$
3 ×	$\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$E_{(2)}^0 = 0,19 \text{ В}$
	$2\text{HCrO}_4^- + 8\text{H}^+ + 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} =$ $= 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{CH}_3\text{CHO} + 8\text{H}_2\text{O}$	$\Delta E^0 = 1,13 - 0,19 =$ $= 0,94 \text{ В}$

Учитывая, что $n = 6$, находим:

$$\Delta_r G^0 = -0,94 \cdot 6 \cdot 9,65 \cdot 10^4 = 546 \cdot 10^3 \text{ (Дж)} = 546 \text{ (кДж)}.$$

1973. 1) $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_2 (\text{Q}) + 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ = \text{C}_{10}\text{H}_6(\text{OH})_2 (\text{H}_2\text{Q}) + 2\text{Fe}^{3+}$

2) $2\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$; $E = E^0(RT : 2F) \cdot \ln a(\text{Cl}^-)$

3) $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{C}_{10}\text{H}_6(\text{OH})_2$

$$E_{\text{red/ox}} = E^0 + (RT : 2F) \ln \frac{a(\text{Q}) \cdot a(\text{H}^+)^2}{a(\text{H}_2\text{Q})}$$

Поскольку коэффициенты активности равны концентрациям,
 $a(\text{Q}) = (17,1 \cdot 0,05 - 0,25 \cdot 0,033) : 17,35 = 4,88 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)}$,
 $a(\text{H}_2\text{Q}) = 0,25 \cdot 0,033 : 17,35 = 4,755 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}$,

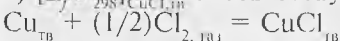
$$E_{\text{red/ox}} = E^0 + (0,059 : 2) \lg \frac{4,88 \cdot 10^{-2} \cdot (0,81)^2}{4,755 \cdot 10^{-4}} = E^0 + 0,0539 \text{ (В)},$$

$$\Delta E = E_{\text{red/ox}} - E_{\text{катодный}} = E^0 + 0,0539 \text{ В} - 0,2531 \text{ В} = 0,264 \text{ (В)},$$

$$E^0 = 0,264 + 0,253 - 0,054 = 0,463 \text{ (В)}.$$

1974.

1) $[\Delta_r G_{298}^0]_{\text{CuCl}_{1, \text{тв}}}$ соответствует реакции



Найдем $E^0(\text{Cu}^+ + \text{e}^- = \text{Cu}_{\text{тв}}) = 2 \cdot 0,337 - 0,152 = 0,522 \text{ (В)}$.

Реакция	$E^0, \text{ В}$	$\Delta_r G_{298}^0 = n \cdot F \Delta E^0$ 10^3 Дж/моль	
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- = \text{Cu}_{\text{тв}}$	0,522	-50,37	×(-1)
$(1/2)\text{Cl}_{2, \text{газ}} + \text{e}^- = \text{Cl}^-$	1,358	-131,05	×1
$\text{CuCl}_{\text{тв}} = \text{Cu}^+ + \text{Cl}^-$	X	X · F	×(-1)
$\text{Cu}_{\text{тв}} + (1/2)\text{Cl}_{2, \text{газ}} = \text{CuCl}_{\text{тв}}$		-118,41	

Следовательно, $[\Delta_i G_{298}^0]_{\text{CuCl}_{1\text{тв}}} = -118,41 = 50,37 - 131,05 - X \cdot F$,
 $X \cdot F = 37,73$ (кДж/моль), $\lg K_{30} = -37730 : (2,303 \cdot 8,314 \cdot 298)X =$
 $= -6,61$;

$X = 37730 : 96500 = -0,391$ (В).

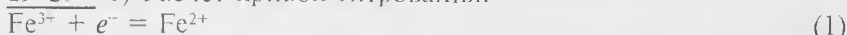
2) Например, (прав.) $\text{CuCl}_{1\text{тв}} + e^- = \text{Cu}_{1\text{тв}} + \text{Cl}^-$, E_1^0
 — (лев.) $\text{Cu}^+ + e^- = \text{Cu}_{1\text{тв}}$, $E_2^0 = 0,522$ В

$$\text{CuCl}_{1\text{тв}} = \text{Cl}^- + \text{Cu}^+, E_1^0 - E_2^0 = -0,391 = E_1^0 - 0,522.$$

Отсюда $E_1^0 = 0,131$ В.

2) $\text{Cl}^- | \text{CuCl}_{1\text{тв}} | \text{Cu}_{1\text{тв}}$.

1975. 1) Расчет кривой титрования:



В точке эквивалентности количество вещества эквивалентов добавленного MnO_4^- равно количеству вещества эквивалентов Fe^{2+} :

$\nu\left(\frac{1}{5} \text{MnO}_4^-\right) = \nu(\text{Fe}^{2+})$, $\nu(\text{MnO}_4^-) = (1 : 5) \cdot \nu(\text{Fe}^{2+})$, точке эквивалентности соответствует объем $15,0 : 5 = 3,00$ мл титранта.

До точки эквивалентности потенциал определяется соотношением

$$E = E_1^0 + \frac{RT}{1F} \ln \left[\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} \right]. \quad (3)$$

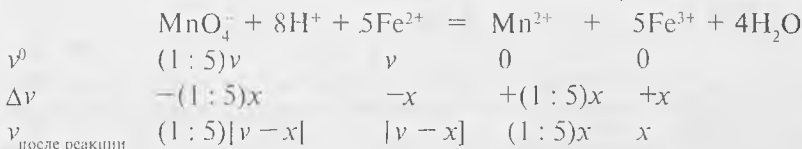
Введем переменную ξ — координату реакции окисления Fe(II) до Fe(III) . Тогда уравнение (3) принимает вид

$$E = 0,771 + 0,059 \lg \frac{\xi}{1 - \xi}. \quad (4)$$

Объемы титранта для разных ξ легко рассчитать, учтя что 0 мл соответствует $\xi = 0$, а 30 мл — $\xi = 1$.

ξ	E , В	ξ	E , В
0,1	0,7147	0,9	0,8273
0,25	0,74285	0,99	0,888742
0,5	0,771	0,999	0,947974
0,75	0,79915		

В точке эквивалентности к ν моль Fe^{2+} добавлено $(1 : 5)\nu$ моль MnO_4^- .



Таким образом, $(\text{Fe}^{2+}) : (\text{MnO}_4^-) = (\text{Fe}^{3+}) : (\text{Mn}^{2+}) = 5$,

$(\text{Fe}^{3+}) : (\text{Fe}^{2+}) = (\text{Mn}^{2+}) : (\text{MnO}_4^-)$.

В точке эквивалентности (т.э.) электродный потенциал определяется обеими Red/Ox парами. Найдем его.

$$6E_{\text{т.э.}} = E_1 + 5E_2 = (E_1^0 + 5E_2^0) + (RT/F) \cdot \left\{ \ln \frac{(\text{Fe}^{3+})}{(\text{Fe}^{2+})} + \frac{(\text{MnO}_4^-)}{(\text{Mn}^{2+})} \right\} + (8RT/F) \ln (H^+).$$

Слагаемое в фигурных скобках в т.э. обращается в 0, и при $\xi = 1$ (в т.э.)

$$E_{\text{т.э.}} = (E_1^0 + 5E_2^0) : 6 + (8 \cdot 0,059 : 6) \lg [H^+] = 1,387 \text{ В.}$$

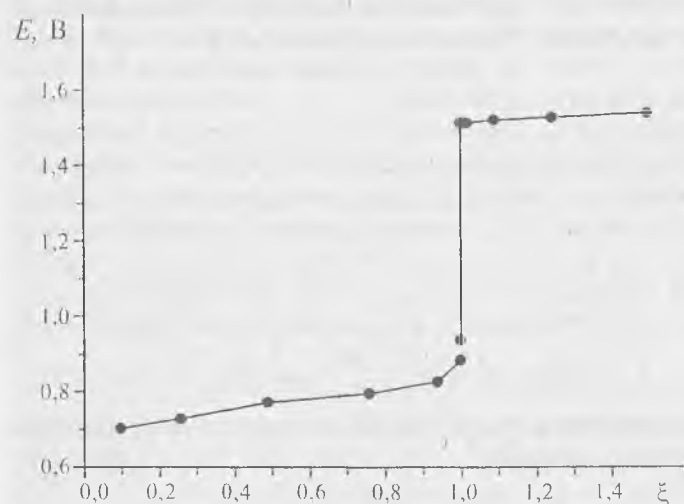
Наконец, в области **после точки эквивалентности**, потенциал определяется соотношением

$$E = E_1^0 + \frac{RT}{5F} \ln \frac{(\text{MnO}_4^-) : (H^+)^8}{(\text{Mn}^{2+})} \quad (5)$$

После т.э. $\xi > 1$, уравнение (5) принимает вид

$$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{\xi - 1}{1} = 1,51 + 0,0118 \cdot \lg \xi. \quad (6)$$

ξ	E , В	ξ	E , В
1,001	1,510051	1,25	1,521435
1,01	1,51051	1,5	1,530779
1,1	1,514884		



2) При изменении ξ от 0,999 до 1,001 E меняется от 0,95 В до 1,51 В. Интервал потенциала, в котором отмечается изменение

цвета индикатора соответствует области, в которой отношение между $(\ln_{\text{ок}})/(\ln_{\text{ред}})$ меняется от 1:10 до 10:1, т.е. $\Delta E = E^0 \pm 0,059/n$ (n — число электронов, присоединяемых индикатором при восстановлении). Принимая $n = 1$, определяем ΔE для индикаторов:

Индикатор	ΔE , В
Моносulфонииндиго	0,20—0,32
Метиленовый синий	0,30—0,42
Нафтолсульфоновая кислота	0,61—0,73
Дифениламин	0,70—0,82
Дифениламинсульфоновая кислота	0,79—0,91
Эриоглуцин А	0,94—1,06
Ферроин	0,99—1,11
<i>n</i> -Нитродифениламин	1,00—1,12
N-Фенилантраниловая кислота	1,02—1,14
<i>n</i> -Нитроферроин	1,19—1,31
o,o'-Дифениламиндикарбоновая кислота	1,20—1,32

Таким образом, в качестве индикатора подошли бы ферроин, *n*-нитродифениламин, N-фенилантраниловая кислота, *n*-нитроферроин, o,o'-дифениламиндикарбоновая кислота.

1976. 1) $\text{Ag} | \text{AgCl}, \text{KCl}(\text{насыщ. р-р}) || \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{NaNO}_3 | \text{Ca}^{2+} - \text{СЭ} | \text{Ag}$
 2) $\text{AgCl} \downarrow + e^- = \text{Ag} \downarrow + \text{Cl}^-$,

$$\varphi = \varphi^0 - (RT/F) \cdot \ln a(\text{Cl}^-),$$

где $a(\text{Cl}^-)$ — активность хлорид-ионов в растворе над осадком.

3) В растворе присутствует большой избыток фонового (инертного) электролита NaNO_3 , и, значит, коэффициенты активности ионов кальция в исходном растворе и в растворе после добавления CaCl_2 можно считать одинаковыми, а в условиях измерений э.д.с. зависит от концентрации ионов кальция. Обозначим неизвестную концентрацию ионов кальция в исходном растворе c_x . После добавления раствора CaCl_2 молярная концентрация ионов кальция составит:

$$(c_x \cdot 50 + 0,016 \cdot 1) : (50+1) = 0,98 \cdot c_x + 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Следовательно, двум измерениям э.д.с. (в мВ) соответствуют урав-

$$\text{нения: } E_1 = E^0 + \frac{59,2}{2} \lg c_x; E_2 = E^0 + \frac{59,2}{2} \lg(0,98c_x + 3,14 \cdot 10^{-4}).$$

Исключаем неизвестный градуировочный параметр E^0 , вычитая из первого уравнения второе:

$$E_1 - E_2 = 29,6 \{ \lg c_x - \lg (0,98 c_x + 3,14 \cdot 10^{-4}) \},$$

$$-9,8 = 29,6 \{ \lg c_x - \lg (0,98 c_x + 3,14 \cdot 10^{-4}) \}.$$

$$\text{Отсюда } c_x : (0,98 c_x + 3,14 \cdot 10^{-4}) = 0,467, c_x = 2,71 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Таким образом, количество вещества

$$\nu(\text{Ca}^{2+}) = \nu(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 0,05 \cdot 2,71 \cdot 10^{-4} = 1,355 \cdot 10^{-5} \text{ моль};$$

$$\text{масса } m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = \nu(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) =$$

$$= 1,355 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot 164 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ г},$$

$$\text{массовая доля } \omega(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = (2,22 \cdot 10^{-3} / 0,2125) \cdot 100 \% = 1,05 \%.$$

4) На титрование 50 мл раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией $2,71 \cdot 10^{-4}$ моль/л требуется $0,05 \text{ л} \cdot 2,71 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} / 0,10 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} =$

$$= 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ л} = 0,14 \text{ мл раствора трилона Б. Это слишком малое значение, чтобы его можно было точно измерить. При полном}$$

осаждении ионов кальция в виде CaC_2O_4 масса осадка составит

$$m(\text{CaC}_2\text{O}_4) = \nu(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{CaC}_2\text{O}_4) =$$

$$= 1,355 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot 128 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ г}.$$

Погрешность взвешивания на аналитических весах II класса точности $\sim 0,2$ мг. Значит, при гравиметрическом определении кальция относительная погрешность определения будет равна $(0,2 : 1,73) \cdot 100 = 12\%$. Наконец, в атомно-абсорбционном методе анализируемый образец нагреванием в высокотемпературном пламени или в графитовой кювете переводят в атомарное состояние и измеряют поглощение света на резонансной частоте, соответствующей возбуждению атомов анализируемого элемента. Молярные коэффициенты атомарного поглощения достигают значений $\sim 10^6$, т.е. для определения содержания кальция в пробе раствор еще придется разбавить. Относительная погрешность определения в атомно-абсорбционном анализе не превышает нескольких процентов. Таким образом, из трех предложенных методов наиболее пригодным является атомно-абсорбционный.

5) Добавление к исходному раствору 0,201 г оксалата натрия приводит к образованию осадка CaC_2O_4 .

По уравнению

$$-6,8 = E^0 + 29,6 \lg c_x$$

находим $E^0 = 98,8$ мВ и рассчитываем равновесную концентрацию $[\text{Ca}^{2+}]$ в растворе над осадком CaC_2O_4 :

$$E_3 = -110,4 = 98,8 + 29,6 \cdot \lg [\text{Ca}^{2+}],$$

$$\lg [\text{Ca}^{2+}] = -(110,4 + 98,8) : 29,6 = -7,07;$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 10^{-7,07} = 8,5 \cdot 10^{-8} \text{ (моль/л)}.$$

Начальная концентрация оксалат-ионов

$$c_{\text{оксалат}} = \{m(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) : M(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)\} / V_{\text{раствор}} =$$
$$= \{0,201 \text{ г} : 128 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}\} : 0,05 \text{ л} = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ (моль/л)}$$

(изменением объема раствора при растворении оксалата натрия пренебрегаем). На образование осадка CaC_2O_4 расходуется $2,71 \cdot 10^{-4}$ моль/л оксалат-ионов.

Таким образом, равновесная концентрация

$$[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = (3,14 \cdot 10^{-2} - 2,71 \cdot 10^{-4}) \text{ моль/л} = 3,11 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Произведение растворимости:

$$K_{sp}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{C}_2\text{C}_4^{2-}] = 8,5 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л} \cdot 3,11 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л} = 2,6 \cdot 10^{-9} \text{ моль}^2 \cdot \text{л}^{-2}.$$

1977. 1) В растворе после электролиза молярная концентрация NaOH равна:

$$c(\text{NaOH}) = 13,40 \text{ мл} \cdot 0,100 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1} : 10,00 \text{ мл} = 0,134 \text{ моль/л},$$

количество вещества $n(\text{NaOH}) = 0,134 \text{ моль}$.

Количество электричества, пропущенного через электролитическую ячейку:

$$Q = 2 \text{ А} \cdot 2 \text{ час} = 4 \text{ А} \cdot \text{час}.$$

Количество вещества эквивалентов, которое теоретически может образоваться в результате электролиза:

$$n_{\text{испр}} = Q / F,$$

где F — число Фарадея, $26,8 \text{ А} \cdot \text{час/моль}$ или 96500 Кл/моль . Отсюда следует:

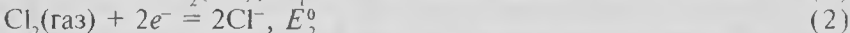
$$n_{\text{теор}}(\text{NaOH}) = 4 \text{ А} \cdot \text{час} : 26,8 \text{ А} \cdot \text{час} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,149 \text{ моль}.$$

Таким образом, выход по току:

$$\eta = \frac{n_{\text{теор}}(\text{NaOH})}{n(\text{NaOH})} \cdot 100 \% = 90 \%.$$

2) При электролизе происходит реакция, которая самопроизвольно не идет (электродвижущая сила которой $\Delta E < 0$). Чтобы начать электролиз, между электродами нужно установить разность потенциалов (приложить напряжение), превышающее по абсолютной величине ΔE .

При электролизе водного раствора NaCl на катоде выделяется водород, а на аноде — хлор. Рассмотрим такие полуреакции:



Потенциалы этих полуреакций (В) равны соответственно:

$$E_1 = E_1^0 + \frac{RT}{nF} \lg \frac{(H^+)^2}{p(H_2)}, \quad (3)$$

где E^0 — стандартный электродный потенциал, В; n — число электронов в уравнении полуреакции; (H^+) — молярная концентрация ионов H^+ в растворе; p — парциальное давление, атм; T — температура, К; R — универсальная газовая постоянная,

$$E_2 = E_2^0 + \frac{RT}{nF} \lg \frac{p(\text{Cl}_2)}{(\text{Cl}^-)^2}, \quad (4)$$

где (Cl^-) — молярная концентрация хлорид-ионов в растворе.

Для суммарной реакции



электродвижущая сила (э.д.с.)

$$\Delta E = (E_1^0 - E_2^0) + \frac{RT}{nF} \lg \frac{(H^+)^2 \cdot (\text{Cl}^-)^2}{p(H_2) \cdot p(\text{Cl}_2)} \quad (6)$$

При стандартных условиях э.д.с.

$$\Delta E^0 = E_1^0 - E_2^0. \quad (7)$$

Чтобы найти ΔE^0 , воспользуемся соотношением

$$-nF\Delta E^0 = \Delta G^0. \quad (8)$$

Для реакции (5) при 298 К

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta G_{298}^0(\text{H}_2, \text{газ}) + \Delta G_{298}^0(\text{Cl}_2, \text{газ}) - 2 \cdot \Delta G_{298}^0(\text{H}^+) - 2 \cdot \Delta G_{298}^0(\text{Cl}^-). \quad (9)$$

Для простых веществ

$$\Delta G_{298}^0(\text{H}_2, \text{газ}) = \Delta G_{298}^0(\text{Cl}_2, \text{газ}) = 0. \quad (10)$$

Учитывая справочные данные, получаем:

$$\Delta G_{298}^0 = -2 \cdot \Delta G_{298}^0(\text{Cl}^-) = +262,34 \text{ кДж/моль}. \quad (11)$$

Для $n = 2$,

$$\Delta E^0 = \frac{-262,34 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1}}{2 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}} = -1,36 \text{ В}. \quad (12)$$

Поскольку $p(\text{H}_2) = p(\text{Cl}_2) = 1 \text{ атм}$; $(\text{H}^+) = 10^{-7} \text{ моль/л}$;

$(\text{Cl}^-) = 311,2 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; $M(\text{NaCl}) = 311,2 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$; $58,5 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 5,32 \text{ моль/л}$,

$$\Delta E = -1,36 + \frac{0,059}{2} \lg [(10^{-7})^2 \cdot (5,32)^2] = -1,73 \text{ В}. \quad (13)$$

Таким образом, для начала электролиза к ячейке следует приложить напряжение не меньше 1,73 В.

3) При электролизе на получение 1 моль Cl_2 и 2 моль NaOH затрачивается энергия в количестве

$$A = -2 \cdot n \cdot F \cdot \Delta E = -2 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot (-1,73) = 333,9 \text{ кДж}, \quad (14)$$

для получения 0,134 моль щелочи необходимо

$$A_{\text{теор}} = 333,9 / 2 \cdot 0,134 = 22,4 \text{ кДж}. \quad (15)$$

Практически израсходовано количество энергии

$$A_{\text{пр}} = 2 \cdot 3600 \text{ с} \cdot 2 \text{ А} \cdot 4 \text{ В} = 57,6 \text{ кДж}. \quad (16)$$

Таким образом, коэффициент использования электроэнергии

$$\eta_{\text{эл}} = A_{\text{теор}} / A_{\text{пр}} \cdot 100 \% = 22,4 / 57,6 \cdot 100 \% = 39\%. \quad (17)$$

4) На получение 0,134 моль NaOH затрачивается $57,6 \cdot 10 \text{ Дж}$.

Количество вещества в 1 т NaOH равняется

$$n(\text{NaOH}) = 10^6 \text{ г} : M(\text{NaOH}) = 10^6 \text{ г} : 40 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ моль}.$$

Следовательно, на производство 1 т NaOH нужна энергия в количестве

$$A(\text{NaOH}) = 2,5 \cdot 10^4 \text{ моль} \cdot 57,6 \cdot 10^3 \text{ Дж} / 0,134 \text{ моль} = 10^{10} \text{ Дж}.$$

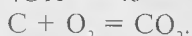
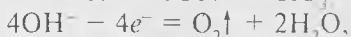
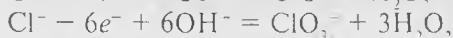
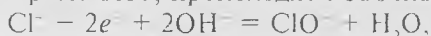
Поскольку $1 \text{ кВт} \cdot \text{час} = 1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$, то $10^{10} \text{ Дж} = 10^{10} / 3,6 \cdot 10^6 = 2800 \text{ кВт} \cdot \text{час}$.

На производство 1 т NaOH расходуется $2800 \text{ кВт} \cdot \text{час}$ электроэнергии.

5) Уравнения реакций:

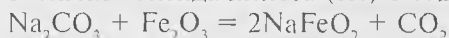


Кроме того, происходят побочные реакции:

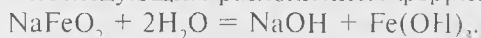


б) Способы производства NaOH: а) электролиз раствора NaCl с ртутным катодом; б) каустификация соды известью ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaO}$); в) ферритный способ:

спекание оксида железа (III) с содой:



с последующим разложением феррита натрия горячей водой:



1978. 1) Количество электричества $Q = 4,8$ Кл, количество вещества эквивалентов продуктов электролиза:

$$n = Q / F = 4,974 \cdot 10^{-4} \text{ моль } (F — \text{число Фарадея}).$$

Молярные массы эквивалентов веществ: $M(\text{A}) = 177,5$ г/моль;

$M(\text{B}) = 34$ г/моль; $M(\text{B}) = 108$ г/моль; $M(\text{Г}) = 35,5$ г/моль.

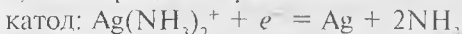
Отсюда следует, что В — это Ag, а Г — Cl_2 .

Поскольку ионы серебра и хлорид-ионы реагируют с образованием осадка, то какой-то из этих ионов замаскирован веществом Б, выделяющимся во время электролиза:



При $x = 2$ вещество Б — NH_3 . Тогда А — это $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$.

2) Электродные процессы:



3) Молярные концентрации веществ в исходном растворе составляют $c(\text{A}) = 0,001$ моль/л; $c(\text{Б}) = 0,05$ моль/л.

1979. При растворении сульфидов металлов в кислотах могут происходить процессы трех типов:

— связывание ионов S^{2-} в HS^- и H_2S ;

— образование комплексов металл — анион;

— окисление ионов S^{2-} до свободной серы (или более глубокое).

Растворение CuS в хлороводородной кислоте (HCl — не окислитель, не образует комплексов металл — анион):

Чтобы растворить CuS до концентрации $[\text{Cu}^{2+}] = 0,1$ моль/л, концентрация $[\text{S}^{2-}]$ должна быть меньше $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) / 0,1$:

$$[\text{S}^{2-}] = 0,1 / (1 + [\text{H}^+] / K_{a_2} + [\text{H}^+]^2 / K_{a_1} K_{a_2}) < 10^{-34},$$

$$1 + [\text{H}^+] / K_{a_2} + [\text{H}^+]^2 / K_{a_1} K_{a_2} > 10^{33}.$$

Следовательно, для растворения CuS нужно обеспечить $[\text{H}^+] > 3,2 \cdot 10^6$ моль/л. Такая концентрация недостижима.

При растворении CuS в азотной кислоте дополнительно происходит окислительно-восстановительная реакция, окисление S^{2-} , по крайней мере, до S



Стандартная э.д.с. этой реакции

$$\Delta E^0 = E_1^0 - E_2^0 = 0,96 + 0,48 = 1,44 \text{ (В)}.$$

Константа равновесия этого процесса $K = \frac{[\text{S}]^3 \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^4}{[\text{S}^{2-}]^3 \cdot [\text{H}^+]^8 \cdot [\text{NO}_3^-]^2}.$

Растворимость CuS

$$S_{(\text{CuS})} = [\text{S}^{2-}] + [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}].$$

Из уравнения закона действия масс следует, что

$$[\text{S}^{2-}]^3 = K[\text{NO}_3^-]^2[\text{H}^+]^8 : [\text{NO}]^2.$$

Из этого уравнения можно рассчитать $[\text{S}^{2-}]$, для чего предварительно следует оценить константу равновесия K .

$$\lg K = -\frac{\Delta_r G^0}{RT} = \frac{nF}{RT} \cdot \Delta E^0 = \frac{n_1 n_2 (E_2^0 - E_1^0)}{0,0591} \cong 146,$$

где n_1, n_2 — число электронов в уравнении каждой из полуреакций.

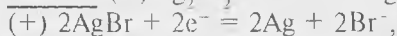
Тогда
$$[\text{S}^{2-}] = \frac{S(\text{CuS})}{1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_{a1}} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_{a1}K_{a2}} + \sqrt[3]{\frac{K[\text{NO}_3^-]^2[\text{H}^+]^8}{[\text{NO}]^2}}} =$$

$$= \frac{0,1}{5,40 \cdot 10^{49}} = 1,86 \cdot 10^{-51} \text{ (моль/л)}.$$

Поскольку справедливо неравенство

$$[\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 1,86 \cdot 10^{-52} \text{ (моль}^2/\text{л}^2) \ll K_{sp}(\text{CuS})$$

можно сделать вывод о растворении CuS в растворе HNO_3 с концентрацией 1 моль/л.



$\Delta E^0 = 0,214 \text{ В}.$

СОСТАВ И НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1981. а) Тетрагидроксоамминат натрия, тетрагидроксоцинкат натрия, гексагидроксохромат натрия;

б) гексацианоферрат (III) калия, гексоцианоферрат (II) калия;

в) хлорид тетраамминдихлоронатины (IV), хлорид триамминтрихлороплатины (IV);

г) хлорид диамминсеребра, дигиосульфатоаргентат натрия.

1982. I — хлорид гексааквакобальта (II); II — тетрааквадихлорокобальтат (II); III — акватрихлорокобальтат (II) кобальта (II); IV — тетрахлорокобальтат (II) кобальта.

1983. а) $\downarrow \text{Zn(OH)}_2 + 2\text{KOH} \rightleftharpoons \text{K}_2[\text{Zn(OH)}_4]$;

б) $\text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Cu(H}_2\text{O)}_4]\text{SO}_4$;

в) $[\text{Cu(H}_2\text{O)}_4]\text{SO}_4 + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu(NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$;

г) $\downarrow \text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag(NH}_3)_2]\text{Cl}$.

1984. +3, -3, -3, +3, +2, +1, 0.

1985. $[\text{Cu(NH}_3)_4]\text{SO}_4 \rightleftharpoons [\text{Cu(NH}_3)_4]^{+2} + \text{SO}_4^{2-}$;

$[\text{Ag(NH}_3)_2]\text{Cl} \rightleftharpoons [\text{Ag(NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$;

$\text{K}[\text{Ag(CN)}_2] \rightleftharpoons \text{K}^+ + [\text{Ag(CN)}_2]^-$;

$\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6] \rightleftharpoons 4\text{K}^+ + [\text{Fe(CN)}_6]^{4-}$;

$\text{Fe}[\text{Fe(SCN)}_6] \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + [\text{Fe(SCN)}_6]^{4-}$;

1986. а) $[\text{Co(H}_2\text{O)}_4(\text{NH}_3)_2]\text{Br} \rightleftharpoons [\text{Co(H}_2\text{O)}_4(\text{NH}_3)_4]^{3+} + 3\text{Br}^-$;

$[\text{Co(NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \rightleftharpoons [\text{Co(NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+ + \text{Cl}^-$;

б) $[\text{Pt(NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2 \rightleftharpoons [\text{Pt(NH}_3)_4\text{Cl}_2]^{2+} + 2\text{Cl}^-$;

$[\text{Pt(NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl} \rightleftharpoons [\text{Pt(NH}_3)_3\text{Cl}_3]^+ + \text{Cl}^-$;

в) $[\text{Pt(NH}_3)_2\text{Cl}_3] \neq$;

г) $[\text{Pt(NH}_3)_4]\text{SO}_4 \rightleftharpoons [\text{Pt(NH}_3)_4]^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$.

1987. $\text{Au} + 4\text{Cl}^- - 3e = [\text{AuCl}_4]^-$

$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{Au} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 4\text{Cl}^- = [\text{AuCl}_4]^- + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$.

1988. $[\text{Co(NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, $[\text{Co(NH}_3)_5(\text{H}_2\text{O})]\text{Cl}_2$, $[\text{Co(NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, $[\text{Co(NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$.

1989. $[\text{Co(NH}_3)_5\text{SO}_4]\text{Br}$, $[\text{Co(NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$.

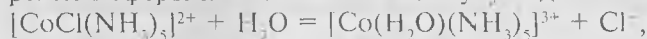
1990. При действии AgNO_3 на раствор соединения $\text{CoCl}_3\text{H}_{15}\text{N}_5$ образуется AgCl , количество вещества которого равно:

$$n(\text{AgCl}) = \frac{2,87 \text{ г}}{143,5 \text{ г/моль}} = 0,02 \text{ моль.}$$

Следовательно, в 1 моль соединения $\text{CoCl}_3\text{H}_{15}\text{N}_5$ содержится 2 моль ионов Cl^- , причем эти ионы не входят во внутреннюю координационную сферу комплекса. Поскольку координационное число Co (III) равно 6, координационная формула соединения $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$. Количество вещества AgCl , которое образуется в реакции с горя-

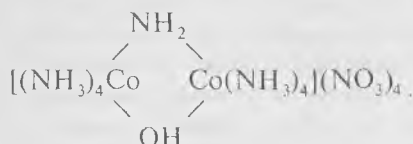
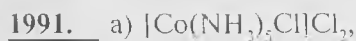
$$\text{чим раствором равно: } n(\text{AgCl}) = \frac{4,305 \text{ г}}{143,5 \text{ г/моль}} = 0,03 \text{ моль.}$$

При нагревании раствора происходит обмен хлорид-иона из внутренней сферы комплекса на молекулу воды:



поэтому при действии нитрата серебра охлаждаются все три хлорид-иона.

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



1992.

№	Комплекс	Состояние гибридизации центрального иона	Геометрия	Число неспаренных электронов
1	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	sp	линейная	0
2	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_4]^+$	sp^3	тетраэдр	0
3	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	sp^3	тетраэдр	0
4	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$	sp^3	искаженный тетраэдр	0

1993.

№	Комплекс	Состояние гибридизации центрального иона	Геометрия	Число неспаренных электронов
1	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	d^2sp^3	октаэдр	0
2	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	sp^3d^2	октаэдр	3
3	$[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$	d^2sp^3	октаэдр	3
4	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	dsp^2	квадрат	0
5	$[\text{NiCl}_4]^{2-}$	sp^3	тетраэдр	2

1994.

№	Комплекс	Число неспаренных электронов	Гибрилизация орбиталей центрального иона
1	FeEn_3^{2+}	4	sp^3d^2
2	FeF_6^{3-}	5	sp^3d^2
3	NiCl_4^{2-}	2	sp^3
4	$\text{Co}_2(\text{CO})_8$	по 1 на Co	sp^3
5	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	0	$d\ sp^3$
6	SbF_6^-	3	sp^3d^2

1995.

№	Комплекс	μ , м.Б.	Число неспаренных электронов	Внешне или внутриорбитальный (+/-)	μ (вычислено), м.Б.	Гибрилизация орбиталей центрального иона
1	$\text{Cr}(\text{dipy})_3^{2+}$	3,3	2	—	2,8	d^2sp^3
2	$\text{Mn}(\text{CN})_6^{4-}$	1,8	1	—	1,7	d^2sp^3
3	$\text{Mn}(\text{CN})_6^{3-}$	3,2	2	—	2,8	d^2sp^3
4	$\text{Mn}(\text{Acac})_3^0$	5,0	4	+	4,9	sp^3d^2
5	FeEn_3^{2+}	5,5	4	+	4,9	sp^3d^2
6	FeDipy_3^{2+}	0	0	—	0	d^2sp^3
7	FeF_6^{3-}	6,0	5	+	5,9	sp^3d^2
8	$\text{Ni}(\text{CO})_4$	0	0		0	sp^3
9	FePhen_3^{3+}	2,5	1	—	1,7	d^2sp^3

1996. 1) $\text{Ni}(\text{CO})_4$.

2) $[\text{Co}(\text{CO})_4]^-$, $[\text{Fe}(\text{CO})_4]^{2-}$.

3) Тетраэдрическое, т.к. имеет место sp^3 -гибридизация.

4) $(\sigma_s^{\text{CH}})^2 (\sigma_s^*)^2 (\pi_{y,z}^{\text{CB}})^4 (\sigma_s^{\text{CN}})^2$. Пара электронов на σ_s^{CN} -орбитали соответствует σ -связи C—O. Т.к. кислород более электроотрицателен, пара электронов на σ_s^{CN} -орбитали локализована, преимущественно, на атоме O, а пара на σ_s^* -орбитали — на атоме углерода. Координация молекулы CO происходит благодаря образованию донорно-акцепторной связи за счет пары электронов, локализованной на атоме углерода. Для выбора между способами а), б) и в) лучше всего по данным рентгеноструктурного анализа определить длину связи M—C.

5) В комплексах, помимо σ -связей, по дативному механизму образуются π -связи ($d \rightarrow \pi^*$). При этом прочность связи M—C рас-

тет, а связи С—О — снижается. Наличие отрицательного заряда на комплексообразователе увеличивает способность последнего выступать донором электронов. Следовательно, с ростом отрицательного заряда прочность связи М—С увеличивается, а прочность связи С—О а с ней и ν_{CO} , напротив, уменьшаются.

Последовательность уменьшения ν_{CO} :
 $\text{CO} > \text{Ni}(\text{CO})_4 > [\text{Co}(\text{CO})_4]^- > [\text{Fe}(\text{CO})_4]^{2-}$.

6) Замещение CO на Cl^- приведет к росту ν_{CO} .

1997. 1) Главная причина — появление у Ta 4f-электронной оболочки и, как результат, эффект лантаноидной контракции (лантаноидного сжатия): заполнение внутренних электронных уровней приводит к уменьшению атомного радиуса.

2) Атомы элементов 15 (VA) группы, образуя соединения EH_3 , приобретают электронную конфигурацию соответствующих благородных газов. Поскольку за элементами 5 (VB) группы в Периодической системе благородные газы не стоят, то и образование соединений не способно привести к образованию особо устойчивой электронной конфигурации. Рассчитаем состав соединений металлов с водородом:

	V	Nb	Ta
Масса металла, г	1	1	1
Количество вещества металла, $\nu(\text{M})$, моль	$1,96 \cdot 10^{-2}$	$1,08 \cdot 10^{-2}$	$5,53 \cdot 10^{-3}$
Объем H_2 , мл	157	104	55,6

	V	Nb	Ta
Количество вещества H_2 , $\nu(\text{H}_2)$, моль*	$6,42 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$	$2,27 \cdot 10^{-3}$
$\nu(\text{H}) : \nu(\text{M})$	0,66	0,79	0,82
Состав гидроида	$\text{VH}_{0,66}$	$\text{NbH}_{0,79}$	$\text{TaH}_{0,82}$

* расчет по уравнению Менделеева-Клапейрона.

Ванадий, ниобий, тантал образуют с водородом соединения переменного состава — бертоллиды с преимущественно металлическим типом связей.

3) V: V(+2): VO ; V(+3): V_2O_3 ; V(+4): VOCl_2 ; V(+5): NH_4VO_3 . Nb(+5): Nb_2O_5 ; Ta(+5): TaF_5 .

4) Ион $[\text{VF}_6]^-$: октаэдр, гибридизация sp^3d^2 ;

ионы $[\text{EF}_7]^{2-}$: пентагональная бипирамида, гибридизация sp^3d^3 .

Координационное число 7 характерно для сравнительно больших ионов Nb^{5+} и Ta^{5+} в комплексах с наименьшим по размерам лигандом — фторид-ионом. Поскольку ионный радиус V(+5) намного

меньше, чем у Nb(+5) и Ta(+5), образование комплекса $[VF_7]^-$ невозможно по геометрическим причинам.

5) Определим коэффициенты распределения Nb и Ta между органической и водной фазами:

$$R_{Nb} = \frac{c_{\text{равновесие}}^{\text{орг}}(Nb)}{c_{\text{равновесие}}^{\text{вод}}(Nb)} = \frac{0,01 - 0,009}{0,009} = 0,11;$$

$$R_{Ta} = \frac{c_{\text{равновесие}}^{\text{орг}}(Ta)}{c_{\text{равновесие}}^{\text{вод}}(Ta)} = \frac{0,01 - 0,0005}{0,0005} = 19.$$

Из определения коэффициента распределения следует, что при равных объемах фаз доля вещества, оставшегося неэкстрагирован-

ным $f = \frac{Q^{\text{вод}}}{Q^{\text{вод}} + Q^{\text{орг}}} = \frac{1}{1 + R}$.

При проведении последовательных n экстракций новыми порциями растворителя доля вещества, остающегося в водном растворе,

составляет: $f_n = \left(\frac{1}{1 + R} \right)^n$. Для Nb:

$$f_3 = \left(\frac{1}{1 + 0,11} \right)^3 = 0,73; \text{ для Ta: } f_3 = \left(\frac{1}{1 + 19} \right)^3 = 1,25 \cdot 10^{-3};$$

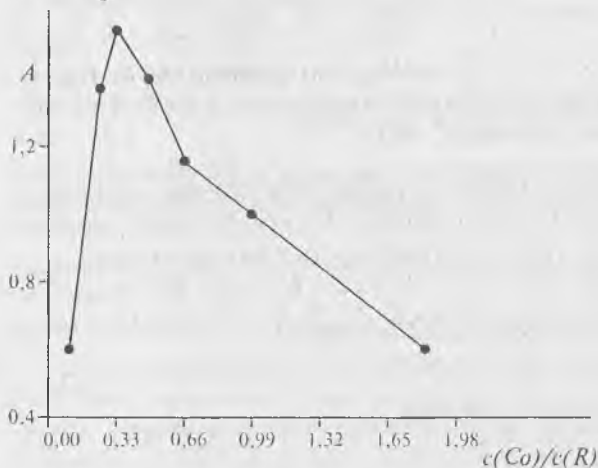
$$\text{фактор разделения } S_{Nb/Ta} = \frac{0,01/0,01}{0,73/0,000125} = \frac{1}{6517} = 1,5 \cdot 10^{-4}.$$

1998. 1) $S = [Ag^+] + [AgCl] + [AgCl_2]^- + [AgCl_3]^{2-} + [AgCl_4]^{3-}$;

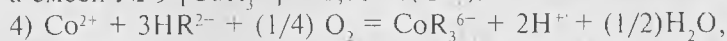
2) $S = K_{s0} \cdot [Cl^-]^{-1} + K_{s0} \cdot \beta_1 + K_{s0} \cdot \beta_2 \cdot [Cl^-] + K_{s0} \cdot \beta_3 \cdot [Cl^-]^2 + K_{s0} \cdot \beta_4 \cdot [Cl^-]^3$.

1999. 1) Метод неприменим в случае образования нескольких комплексов, при переменном pH (если катион металла или/и лиганд участвуют в протолитических реакциях).

2) CoR_6^{6-} , что следует из рисунка:



3) В смеси № 9 создан 29-кратный избыток лиганда, поэтому можно принять, что $[\text{CoR}_3^{6-}] = c(\text{Co}) = 1 \cdot 10^{-3}/50 = 2 \cdot 10^{-5}$ (моль/л). Тогда $\varepsilon_{570} = 0,23 / (2,1 \cdot 2 \cdot 10^{-5}) = 5476$ (на самом деле $\varepsilon_{570} = 5570$, а смеси № 9 $[\text{CoR}_3^{6-}] = 0,98 \cdot c(\text{Co})$).



$$K = \frac{[\text{CoR}_3^{6-}] \cdot [\text{H}^+]^2}{[\text{Co}^{2+}] \cdot [\text{HR}^{2-}]^3 \cdot [\text{O}_2]^{1/4}}$$

Согласно закону Генри $p(\text{O}_2) = \lambda[\text{O}_2]$. Считая, что $p(\text{O}_2) = 0,21$ атм, получаем:

$$[\text{O}_2] = 0,21 / 861 = 2,32 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}.$$

$$\text{Тогда } K = \frac{[\text{CoR}_3^{6-}] \cdot [7,6 \cdot 10^{-5}]^2}{[\text{Co}^{2+}] \cdot [\text{HR}^{2-}]^3 \cdot [2,32 \cdot 10^{-4}]^{1/4}} =$$

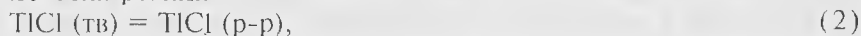
$$4,68 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{x}{(c_{\text{Co}} - x) \cdot (c_{\text{HR}} - 3x)^3},$$

где x — равновесная концентрация комплекса, c_{Co} и c_{HR} — начальные концентрации металла и лиганда соответственно. Чтобы найти x , достаточно знать ε_{570} и l . Результаты обработки данных опытов 10—14 приведены в таблице.

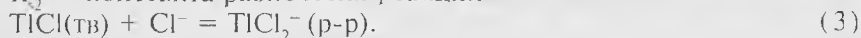
Начальные концентрации, моль/л		x	K	$\lg K$
Co^{2+}	HR^{2-}			
0,00005	0,00015	$1,57 \cdot 10^{-5}$	19500	4,29
$6,67 \cdot 10^{-5}$	0,0002	$2,87 \cdot 10^{-5}$	23900	4,38
0,0001	0,0003	$5,48 \cdot 10^{-5}$	22700	4,36
0,000133	0,0004	$8,35 \cdot 10^{-5}$	23590	4,37
0,000167	0,0005	0,00011	19040	4,29

Среднее значение $\lg K = 4,335$, для оценки погрешности можно рассчитать дисперсию и стандартное отклонение, а грубой мерой может служить разброс значений: $\sim 0,10$.

2000. 1), 2) Существует много методов определения состава и устойчивости комплексов в растворах. В данной задаче можно применить описанный ниже. Растворимость хлорида таллия $S = [\text{Tl}^+] + [\text{TlCl}] + [\text{TlCl}_2^-] + \dots = K_{s0} \cdot [\text{Cl}^-]^{-1} + K_{s1} + K_{s2} \cdot [\text{Cl}^-] + \dots$, (1) где K_{s0} — произведение растворимости TlCl , K_{s1} — константа равновесия реакции



K_{s2} — константа равновесия реакции

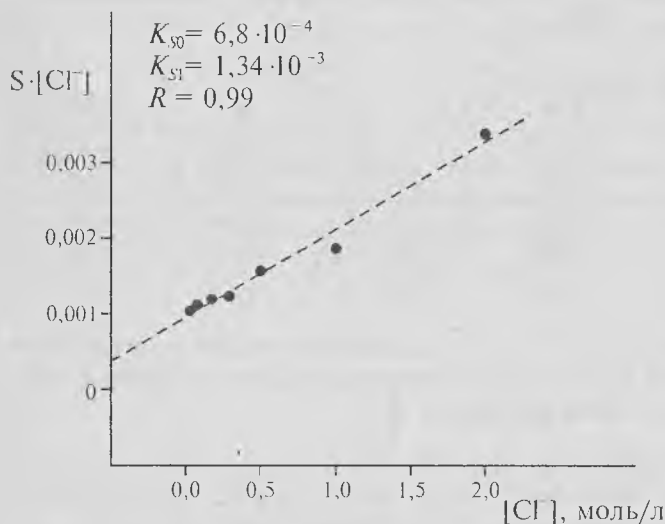


Судя по тому, что растворимость при концентрациях Cl^- , равных 1 и 2 моль/л практически не меняется, выход комплекса TiCl_2 и комплексов с большим содержанием хлорид-ионов столь мал, что им можно пренебречь. Эту гипотезу стоит проверить. Для этого преобразуем уравнение (1) к виду

$$S \cdot [\text{Cl}^-] = K_{s0} + K_{s1} \cdot [\text{Cl}^-] + K_{s2} \cdot [\text{Cl}^-]^2 + \dots \quad (4)$$

Если зависимость $S \cdot [\text{Cl}^-]$ от $[\text{Cl}^-]$ является линейной, гипотеза правильная. Если же с повышением $[\text{Cl}^-]$ линейная зависимость переходит в параболическую, пренебречь образованием комплекса TiCl_2 и комплексов с большим содержанием хлорид-ионов нельзя. Построенная по данным таблицы зависимость приведена на графике.

$[\text{Cl}^-]$, моль/л	Растворимость TiCl (S), моль/л	$S \cdot [\text{Cl}^-]$
0,04	0,0194	0,00078
0,065	0,0127	0,00083
0,13	0,00676	0,00088
0,255	0,00378	0,00096
0,5	0,00277	0,00139
1	0,00178	0,00178
2	0,00173	0,00346



Легко убедиться, что зависимость является линейной. Свободный член уравнения (4) дает оценку произведения растворимости, а тангенс угла наклона — константы K_{s1} ; $K_{s0} = 6,80 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $K_{s1} = 1,34 \cdot 10^{-3}$.

3) Добавками в раствор KF поддерживают постоянную ионную силу раствора для стабилизации коэффициентов активности.

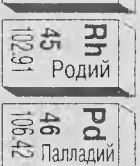
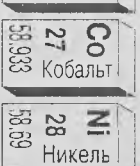
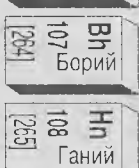
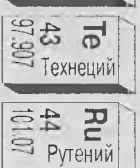
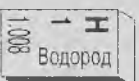
ПРИЛОЖЕНИЯ

НАЗВАНИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ЗНАКИ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Русское название	Латинское название	Знак	Произношение
Азот	Nitrogenium	N	Эн
Алюминий	Aluminium	Al	Алюминий
Барий	Barium	Ba	Барий
Бром	Bromum	Br	Бром
Водород	Hydrogenium	H	Аш
Железо	Ferrum	Fe	Феррум
Калий	Kalium	K	Калий
Иод	Iodum	I	Йод
Кальций	Calcium	Ca	Кальций
Кислород	Oxygenium	O	О
Кремний	Silicium	Si	Силициум
Магний	Magnesium	Mg	Магний
Медь	Cuprum	Cu	Купрум
Натрий	Natrium	Na	Натрий
Никель	Niccolum	Ni	Никель
Олово	Stannum	Sn	Станнум
Ртуть	Hydrargyrum	Hg	Гидраргирум
Свинец	Plumbum	Pb	Плюмбум
Сера	Sulfum	S	Эс
Серебро	Argentum	Ag	Аргентум
Углерод	Carboneum	C	Це
Фосфор	Phosphorus	P	Пэ
Фтор	Fluorum	F	Фгор
Хлор	Chlorum	Cl	Хлор
Цинк	Zincum	Zn	Цинк

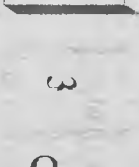
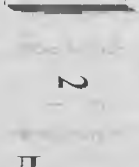
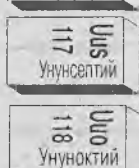
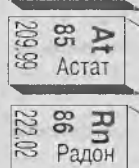
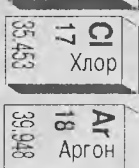
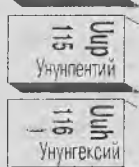
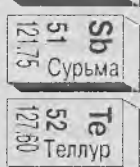
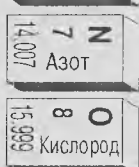
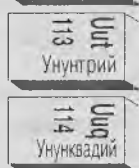
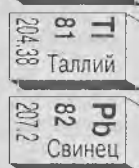
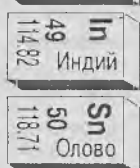
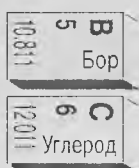
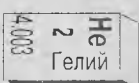
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



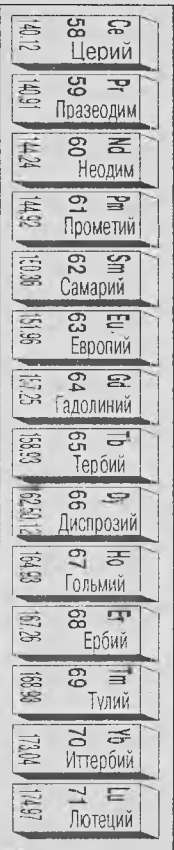
ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

11 12 13 14 15 16 17 18



* Лантаноиды

** Актиноиды



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Постоянная	Числовое значение
Скорость света в вакууме	$c = 2,99792458 \cdot 10^8$ м/с
Постоянная Планка	$h = 6,626176 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	$m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27}$ кг
Заряд электрона	$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Атомная единица массы	1 а. е. м. = $1,6605655 \cdot 10^{-27}$ кг
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Постоянная Фарадея	$F = 96484,56$ Кл/моль
Молярная газовая постоянная	$R = 8,31441$ Дж/(моль · К)
Объем 1 моль идеального газа при нормальных условиях (0 °С, 101,325 кПа)	$V_0 = 22,41383 \cdot 10^{-3}$ м ³ /моль

ПЕРЕВОДНЫЕ МНОЖИТЕЛИ

1 эВ = $1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж = 96486 Дж/моль; 1 кал = 4,184 Дж;

1 атм = 760 мм рт. ст. = 101325 Па = $1,01 \cdot 10^5$ Па;

1 D = $3,33 \cdot 10^{-30}$ Кл · м; $\ln N = 2,30259 \lg N$.

ДЕСЯТИЧНЫЕ ПРИСТАВКИ К НАЗВАНИЯМ ЕДИНИЦ

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
10^{-1}	деци	д	10	дека	да
10^{-2}	санتي	с	10^2	гекто	г
10^{-3}	милли	м	10^3	кило	к
10^{-6}	микро	мк	10^6	мега	М
10^{-9}	нано	н	10^9	гига	Г
10^{-12}	пико	п	10^{12}	тера	Т

Таблица 3

РАСТВОРИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ

Формула вещества	Растворимость вещества в 100 г воды (г) при						
	0 °С	10 °С	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С	100 °С
CuSO_4	14,3	17,4	20,7	28,5	40,0	55,0	75,4
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	5,0	7,0	12,0	26,9	46,9	70,1	97,0
KNO_3	13,3	20,9	31,6	63,9	110,0	169	246
KNO_2	278,8	—	298,4	334,8	350	376	412,9
NaNO_3	78	80	88	104	124	148	180
NaCl	35,7	35,8	36,0	36,6	37,3	38,4	39,8
NH_4Cl	29,4	33,3	37,2	45,8	55,2	65,6	77,3
K_2SO_4	7,35	9,22	11,11	14,76	18,17	21,4	24,1
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	31,2	33,5	36,4	45,7	59,2	73,1	89,0

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	H 2,1								He —
2	Li 0,97	Be 1,47	B 2,01	C 2,50	N 3,00	O 3,50	F 4,10		Ne —
3	Na 1,01	Mg 1,23	Al 1,47	Si 1,74	P 2,1	S 2,6	Cl 3,00		Ar —
4	K 0,91	Ca 1,04	Sc 1,20	Ti 1,32	V 1,45	Cr 1,56	Mn 1,60	Fe 1,64	Ni 1,75
	Cu 1,75	Zn 1,66	Ga 1,82	Ge 2,02	As 2,20	Se 2,48	Br 2,74		Kr —
5	Rb 0,89	Sr 0,99	Y 1,11	Zr 1,22	Nb 1,23	Mo 1,30	Tc 1,36	Ru 1,42	Pd 1,35
	Ag 1,75	Cd 1,66	In 1,82	Sn 2,02	Sb 2,20	Te 2,48	I 2,74		Xe —
6	Cs 0,86	Ba 0,97	La* 1,08	Nf 1,23	Ta 1,33	W 1,40	Re 1,46	Os 1,52	Pt 1,44
	Au 1,42	Hg 1,44	Tl 1,44	Pb 1,55	Bi 1,67	Po 1,76	At 1,90	Ir 1,55	Rn —
7	Fr 0,86	Ra 0,97	Ac** 1,00	* — лантаноиды 1,08—1,14 ** — актиноиды 1,11—1,2					

Таблица 5

РЯД СТАНДАРТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ
В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 25° С

Электрод	Форма	Li	K	Ca	Na	Mg	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	2H ⁺	Cu ²⁺	Hg ₂ ²⁺	Ag ⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺
	Восста- новлен- ная форма	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	2Hg	Ag	Pt	Au
Усиление восстановительных свойств																				
		-3,04	-2,92	-2,87	-2,71	-2,37	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,44	-0,25	-0,14	-0,13	0,00	0,34	0,79	0,80	1,20	1,50

Таблица 6

ХАРАКТЕРИСТИКИ СУБАТОМНЫХ ЧАСТИЦ

Частица	Обозначение	Масса, кг	Заряд, Кл	Масса, а.е.м.	Заряд, а.е.м.
Электрон	${}_{-1}^0e$	$9,109 \cdot 10^{-31}$	$-1,602 \cdot 10^{-19}$	0,0005486	-1
Протон	${}_{+1}^1p$	$1,673 \cdot 10^{-27}$	$+1,602 \cdot 10^{-19}$	1,007277	+1
Нейтрон	${}_0^1n$	$1,675 \cdot 10^{-27}$	0	1,008665	0

Таблица 7

ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ
МАЛОРАСТВОРИМЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Формула соединения	K_s	$pK_s = -\lg K_s$
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	12,28
AgCN	$1,4 \cdot 10^{-16}$	15,84
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	9,75
Ag ₂ CrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-12}$	11,95
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	16,08
Ag ₃ PO ₄	$1,3 \cdot 10^{-20}$	19,89
Ag ₂ S	$2,0 \cdot 10^{-50}$	49,7
Al(OH) ₃	$4,6 \cdot 10^{-33}$	32,33
BaCO ₃	$4,0 \cdot 10^{-10}$	9,40
BaCrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,93
Ba ₃ (PO ₄) ₂	$6,0 \cdot 10^{-39}$	38,22
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,97
CaCO ₃	$4,8 \cdot 10^{-9}$	8,32
CaCrO ₄	$7,1 \cdot 10^{-4}$	3,15
Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,0 \cdot 10^{-29}$	28,70
CaSO ₄	$2,5 \cdot 10^{-5}$	4,6
CdS	$1,6 \cdot 10^{-28}$	27,8
(CuOH) ₂ CO ₃	$1,7 \cdot 10^{-34}$	33,76
CuS	$6,3 \cdot 10^{-36}$	35,2
Fe(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-38}$	37,2
FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$	17,3
Mg(OH) ₂	$6,0 \cdot 10^{-10}$	9,22
MnS	$3,2 \cdot 10^{-11}$	10,49
PbCO ₃	$7,5 \cdot 10^{-14}$	13,13
PbCl ₂	$1,3 \cdot 10^{-5}$	4,89
SrSO ₄	$2,1 \cdot 10^{-7}$	6,68
SrCrO ₄	$3,6 \cdot 10^{-5}$	4,4

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ,

		Сильные основания							
	Катионы Анионы	H^+	K^+	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Al^{3+}
			Р	Р	М	Р	Р	М	Н
Ослабление кислотных свойств	OH^-		Р	Р	М	Р	Р	М	Н
	NO_3^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
	SO_4^{2-}	Р	Р	Н	М	Р	Р	Р	Р
	I^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
	Br^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
	Cl^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
	SO_3^{2-}	Р	Р	М	М	Р	Р	М	—
	PO_4^{3-}	Р	Р	Н	Н	Р	—	М	Н
	CH_3COO^-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М
	CO_3^{2-}	Р	Р	Н	Н	Р	Р	Н	—
	S^{2-}	Р	Р	—	Р	Р	Р	—	—
	SiO_3^{2-}	Н	Р	Н	Н	Р	—	Н	—

Реакция раствора:



— кислая



— щелочная

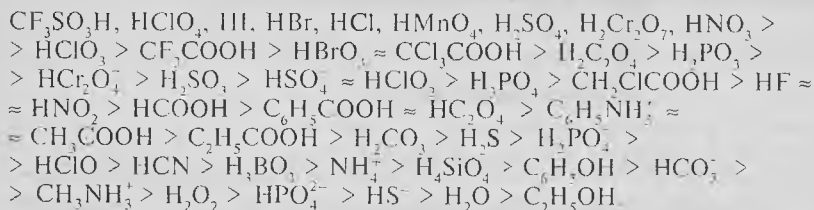
СОЛЕЙ В ВОДЕ И РЕАКЦИЯ ИХ РАСТВОРОВ

Слабые основания										
Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Ag ⁺
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	—	—
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	М
Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	М	—	Н	Н
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	М	Н
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н
Н	М	—	М	—	Н	Н	Н	—	—	М
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Н	Н	—	Н	—	Н	Н	Н	—	—	Н
Н	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
—	Н	—	Н	—	—	—	Н	—	—	—



— нейтральная

РЯД УМЕНЬШЕНИЯ СИЛЫ КИСЛОТ



Применение ряда основано на следующих свойствах кислот:

1. Более сильная кислота вытесняет из соли более слабую.
2. Равновесие реакции ионного обмена соли с кислотой смещено в сторону образования более слабой кислоты.

Таблица 10

СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

Электролиты	Сильные $\alpha > 30\%$	Слабые и средней силы, $\alpha < 30\%$
Вода:	—	H_2O
Соли	практически все	HgCl_2 , соли тяжелых металлов
Основания:		
растворимые (щелочи)	гидроксиды щелочных металлов и щелочно-земельных металлов	водный раствор аммиака
нерастворимые	—	все
амфотерные	—	все
Кислоты:		
бескислородные	$\text{HI}, \text{HBr}, \text{HCl}$	$\text{HF}, \text{H}_2\text{S}$
кислородсодержащие	$\text{HClO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{HNO}_3$	$\text{HClO}, \text{H}_2\text{SO}_3, \text{HNO}_2, \text{H}_2\text{CO}_3, \text{H}_2\text{SiO}_3, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{H}_3\text{BO}_3, \text{CH}_3\text{COOH}$ и другие органические кислоты

Таблица 11

ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Ионное произведение воды $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$
0	$0,115 \cdot 10^{-14}$
25	$1,008 \cdot 10^{-14}$
40	$2,95 \cdot 10^{-14}$
60	$9,5 \cdot 10^{-14}$

КОНСТАНТЫ ИОНИЗАЦИИ (ДИССОЦИАЦИИ) КИСЛОТ



Значения K_a приведены для $T = 298,15 \text{ K}$

Кислота	Формула	K_a	$\text{pK} = -\lg K_a$
Азотистая	HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Борная	H_3BO_3	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
Бромноватистая	HBrO	$2,2 \cdot 10^{-9}$	8,66
Иодноватистая	HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64
Кремневая	H_4SiO_4	$k_1 = 1,3 \cdot 10^{-10}$	9,9
		$k_2 = 1,6 \cdot 10^{-12}$	11,8
		$k_3 = 2,0 \cdot 10^{-14}$	13,7
Мышьяковая	H_3AsO_4	$k_1 = 5,6 \cdot 10^{-5}$	2,25
		$k_2 = 1,7 \cdot 10^{-7}$	6,77
		$k_3 = 2,95 \cdot 10^{-12}$	11,53
Мышьяковистая	H_3AsO_3	$5,9 \cdot 10^{-10}$	9,23
Роданистоводородная	HCNS	$1,0 \cdot 10^{-4}$	4,0
Серная	H_2SO_4	$k_1 = 1 \cdot 10^{-3}$	-3
		$k_2 = 1,15 \cdot 10^{-2}$	1,94
Сернистая	H_2SO_3	$k_1 = 1,4 \cdot 10^{-2}$	1,85
		$k_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Сероводородная	H_2S	$k_1 = 1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
		$k_2 = 2,5 \cdot 10^{-13}$	12,60
Угольная	H_2CO_3	$k_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
		$k_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$	10,32
Уксусная	CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Фосфорная	H_3PO_4	$k_1 = 7,1 \cdot 10^{-3}$	2,15
		$k_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$	7,21
		$k_3 = 5,0 \cdot 10^{-13}$	12,0
Фтористоводородная	HF	$6,2 \cdot 10^{-4}$	3,21
Хлорноватистая	HClO	$2,95 \cdot 10^{-6}$	7,53
Цианистоводородная	HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30
Щавелевая	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$k_1 = 5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
		$k_2 = 5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27

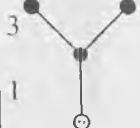
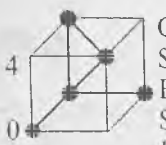
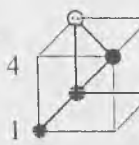
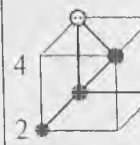
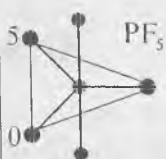
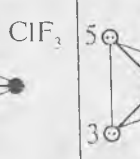
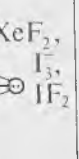
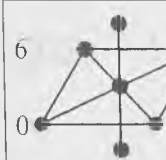
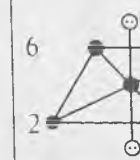
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ

Молекула	Порядок связи	Энергия связи, кДж/моль	Длина связи, нм
H_2^+	$1-0/2 = 0,5$	255	0,106
H_2	$2-0/2 = 1$	432	0,074
He_2	$2-2/2 = 0$	—	—
He_2^+	$2-1/2 = 0,5$	322	0,106
Li_2	$2-0/2 = 1$	110	0,267
Be_2	$2-2/2 = 0$	—	—
B_2	$4-2/2 = 1$	274	0,159
C_2	$6-2/2 = 2$	602,5	0,124
N_2	$8-2/2 = 3$	941,7	0,109
N_2^+	$7-2/2 = 2,5$	842,2	0,112
O_2	$8-4/2 = 2$	493,5	0,121
O_2^+	$8-3/2 = 2,5$	—	0,112
F_2	$8-6/2 = 1$	138,9	0,142
F_2^+	$8-5/2 = 1,5$	—	0,133
Ne_2	$8-8/2 = 0$	—	—

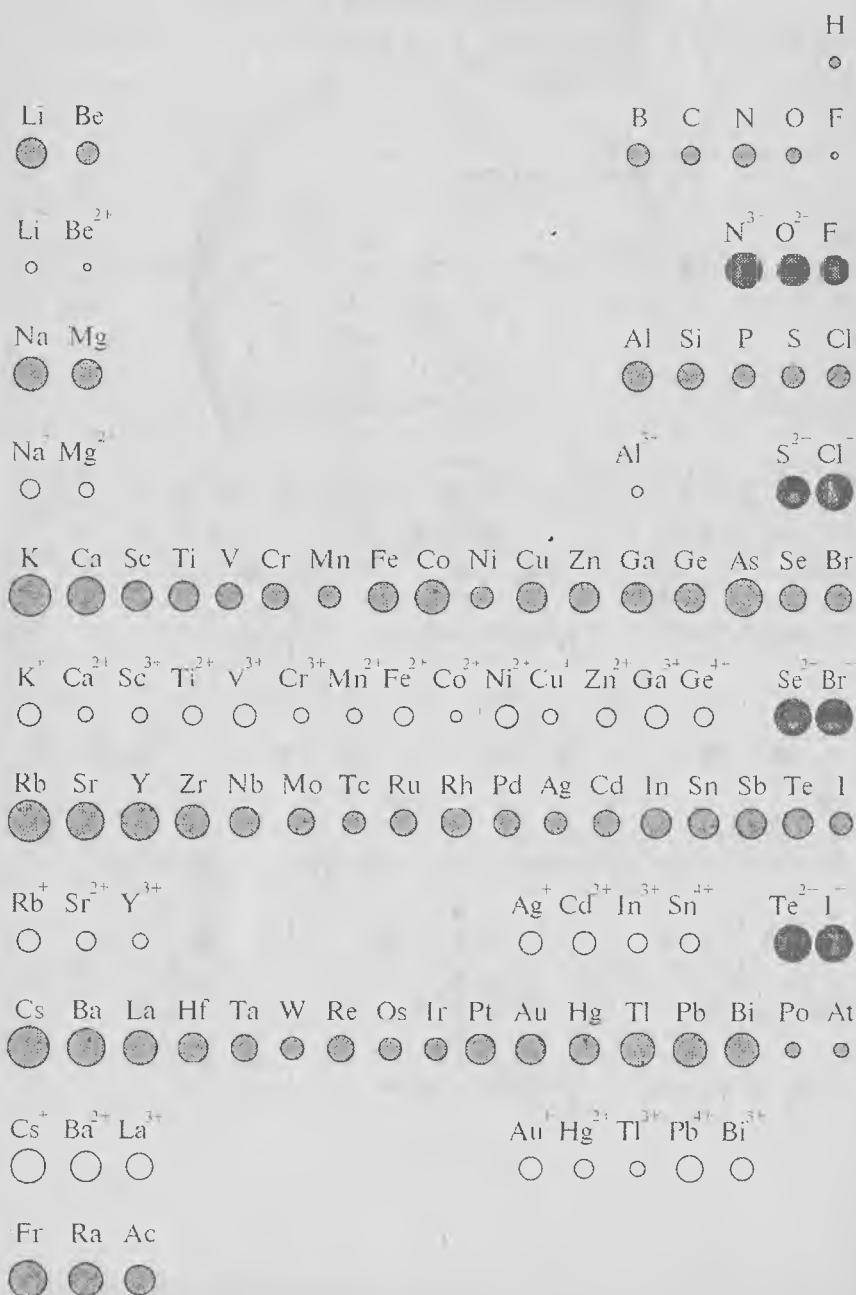
ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ФОРМА МОЛЕКУЛ

Схема ячейки таблицы

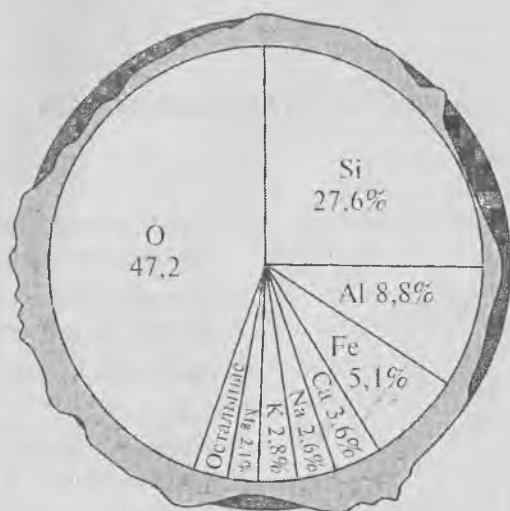
Число неподе- ленных пар	с. ч.	Структура молекул	Примеры
	m		
Название структуры			

2 0  BeCl_2, HgCl_2, CO_2 линейная	3 0  BF_3, SO_2, NO_2, CO_3^{2-}, COCl_2 плоская тригональная	3 1  SnCl_2, SO_2, O_3 изогнутая	
4 0  CH_4, CCl_4, SiF_4, NH_4^+, BF_4^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, POCl_3 тетраэдрическая	4 1  NH_3, PF_3, AsCl_3, H_3O^+ тригонально-пирамидальная	4 2  H_2O, H_2S, SF_2 изогнутая	
5 0  PF_5 тригонально-бипирамидальная	5 1  SF_4 искаженная тетраэдрическая	5 2  ClF_3 T-образная	5 3  XeF_2, I_3^-, IF_2^- линейная
6 0  SF_6, PF_6^-, SiF_6^{2-} октаэдрическая	6 1  IF_4^- квадратно-пирамидальная	6 2  XeF_4, IF_4^- квадратно-плоская	

СРАВНЕНИЕ АТОМНЫХ И ИОННЫХ РАДИУСОВ



МАССОВЫЕ ДОЛИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ЗЕМНОЙ КОРЕ



АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕМ

- АБВГДейки 101 407
- Азот 164 465
- Азотная кислота 168 468
- Алициклические
углеводороды 196 492
- Алкадиены 195 491
- Алкины 194 489
- Алюминий 137 441
- Аммиак 165 466
- Ароматичность 197 495
- Атомные и относительные
атомные массы 17 309
- Бензол и его гомологи 197 493
- Благородные газы 175 474
- Валентность химических
элементов, составление
химических формул 16 309
- Вещества и их свойства 7 305
- Вещества с немолекулярным
строением 70 379
- Влияние внешних условий
на протекание
окислительно-
восстановительной
реакции 120 423
- Вода 148 450
- Водород, первоначальные
сведения 146 449
- Водород, химические
свойства 147 449
- Водородный показатель.
Вычисления pH 282 617
- Выдающиеся химики 177 476'
- Вычисления по
термохимическим
уравнениям 37 337
- Вычисления по уравнениям
параллельных реакций 47 356
- Вычисления по уравнениям
последовательных
реакций 46 353
- Вычисления по уравнениям
реакций, протекающих
в водных растворах 43 345
- Вычисления по уравнениям
химических реакций 35 331
- Вычисления по уравнениям
химических реакций, если
один из реактивов содержит
примеси 41 342
- Вычисления по уравнениям
химических реакций с учетом
практического выхода
продукта 49 361
- Вычисления по
электрохимическим
уравнениям 124 428
- Газовые законы 39 339

- Галогенопроизводные
алканов 199 497
- Геометрическое строение
молекул и ионов 241 565
- Гибридизация 238 562
- Гидролиз солей 109 413
- Дефект массы, энергия связи
ядра 86 390
- Дипольные моменты 243 567
- Железо 139 441
- Жесткость воды и способы ее
установления 136 439
- Зависимость скорости реакции
от концентрации 53 371
- Зависимость скорости
химической реакции от
температуры 56 372
- Закон объемных
отношений 39 340
- Законы Фарадея 123 426
- Изомерия и синтез производных
бензола 222 527
- Ионное произведение
воды 281 615
- Ионно-молекулярные уравнения
реакций 107 412
- Кальций и его
соединения 133 437
- Качественные реакции 99 403
- Квантовая теория строения
атома 79 386
- Кинетика реакций первого
порядка 257 585
- Кинетические закономерности
химических реакций 263 592
- Кинетическое уравнение
реакции 59 374
- Кислород, первоначальные
сведения 156 458
- Кислородсодержащие
соединения хлора 152 454
- Кислоты 92 397
- Классификация
окислительно-
восстановительных
реакций 115 419
- Количественные законы химии:
закон сохранения массы,
закон постоянных
отношений 33 328
- Количественные соотношения
между ионами в
растворе 107 411
- Количественный состав газовых
смесей 44 348
- Количественный состав
растворов 25 320
- Количественный состав
смесей 233 553
- Количество вещества,
молярная масса, молярный
объем, постоянная
Авогадро 20 311
- Константа диссоциации 110 414
- Кремний 174 474
- Магний 135 438
- Марганец и его
соединения 141 444
- Массовые доли элементов
в соединениях 22 313
- Металлы как простые
вещества 13 308
- Метод молекулярных
орбиталей 245 569
- Метод отталкивания
электронных пар валентной
оболочки 239 563
- Молекулярные и относительные
молекулярные массы 18 311

- Молярная концентрация
вещества в растворе 28 324
- Молярная масса эквивалентов,
молярная концентрация
эквивалентов 51 367
- Направление окислительно-
восстановительных реакций.
Электрохимия 289 634
- Неметаллы как простые
вещества 14 308
- Ненасыщенные
галогенопроизводные 204 501
- Номенклатура и синтез
альдегидов и кетонов 210 508
- Номенклатура и синтез
спиртов 208 504
- Номенклатура, синтез и *цис*-,
транс-изомерия
алкенов 191 486
- Общие свойства
металлов 126 432
- Общие свойства
неметаллов 145 448
- Озон 157 459
- Окислители и
восстановители 113 418
- Оксиды азота 166 466
- Оксиды серы 161 462
- Оксиды: получение 89 394
- Оксиды: химические
свойства 90 395
- Оксиды: кислотные, основные,
амфотерные 95 399
- Оксиды: номенклатура, состав
и строение 88 393
- Оксикислоты.
Аминокислоты 219 521
- Определение вещества,
находящегося в
недостатке 36 334
- Определение количественного
состава газовых смесей при
условии протекания в них
химических реакций 45 350
- Определение молекулярной
формулы органического
соединения 226 532
- Определение формулы
вещества 228 536
- Определение химической
формулы вещества на основе
закона эквивалентных
отношений 50 364
- Определение химической
формулы вещества по данным
о его количественном
составе 23 314
- Определение химической
формулы вещества подбором
атомной массы 24 317
- Оптически активные
соединения 205 502
- Основания 91 396
- Периодическая система
химических элементов
Д. И. Менделеева 63 376
- Пероксид водорода 158 460
- Плотность и относительная
плотность газа 21 312
- Полимеры 224 531
- Порядок реакции, глубина
реакции, степень
превращения, степень
термической
диссоциации 259 587
- Предсказание кислотно-
основных свойств
химических
соединений 76 382
- Предсказание окислительно-
восстановительных

- свойств химических элементов и их соединений 77 383
- Предсказание физико-химических свойств химических элементов и их соединений 72 380
- Произведение растворимости. Молярная растворимость 283 620
- Равновесия в растворах 286 624
- Радикалы 247 571
- Радиоактивный распад ядер 261 590
- Распознавание веществ 99 404
- Распространенность химических элементов в природе 66 377
- Растворимость веществ 29 325
- Растворы 229 540
- Расчеты по уравнениям параллельных и последовательных реакций 231 546
- Расчеты по уравнениям реакций, в которых участвуют газообразные вещества 232 549
- Реакции нуклеофильного замещения и отщепления 200 499
- Реакции электрофильного замещения в бензольном и нафталиновом ядрах 223 529
- Ряд активности металлов 127 432
- Свойства азота 186 479
- Свойства алкенов 192 487
- Свойства альдегидов и кетонов: реакции карбонильной группы 211 510
- Свойства альдегидов и кетонов: реакции с участием замещающих групп и поликарбонильные соединения 213 513
- Свойства галогенов 184 478
- Свойства карбоновых кислот 216 518
- Свойства кислорода 185 479
- Свойства кислородных соединений галогенов 184 478
- Свойства неорганических соединений 248 572
- Свойства органических соединений 250 575
- Свойства растворов электролитов 104 409
- Свойства серы 185 479
- Свойства спиртов 209 506
- Свойства углерода и кремния 186 480
- Свойства фосфора 186 480
- Связь между классами неорганических соединений 96 400
- Сера и ее соединения 159 460
- Серная кислота 162 463
- Сероводород, сероводородная кислота и ее соли 160 461
- Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации 106 410
- Синтез и номенклатура карбоновых кислот 215 516
- Синтез и свойства алканов 190 484
- Скорость химической реакции 52 369
- Смешивание растворов 27 321

- Смещение химического равновесия 57 373
- Соединения галогенов, применение 155 457
- Соли аммония 167 467
- Соли 94 398
- Соотношения между константами равновесия K_p и K_x 274 603
- Состав воздуха 176 475
- Состав и номенклатура комплексных соединений 293 643
- Составление уравнений окисления металлов кислотами в водных растворах 118 422
- Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса 112 416
- Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионного баланса 116 420
- Сплавы железа 144 447
- Сплавы 143 445
- Способы получения металлов 129 434
- Степени окисления элементов в бинарных соединениях 73 380
- Степени окисления элементов в сложных соединениях 75 381
- Стехиометрические расчеты 254 578
- Стехиометрические расчеты по уравнениям реакций 230 542
- Строение атома и химическая связь 63 376
- Строение атома 64 376
- Строение вещества 235 557
- Строение и номенклатура алканов 189 483
- Строение и реакционная способность органических соединений 188 482
- Строение и свойства комплексных соединений 295 645
- Структурные формулы 78 384
- Сульфаты, сульфиты и тиосоединения 163 464
- Теории кислот и оснований 279 614
- Термохимия. Расчет равновесий в газах 275 605
- Углеводы 220 524
- Углерод и его оксиды 171 471
- Угольная кислота и ее соли 172 472
- Условия образования осадка 285 622
- Фосфор 169 469
- Фосфорные кислоты и их соли 170 470
- Фтор, бром, йод 154 456
- Функциональные производные карбоновых кислот 218 519
- Характеристики химической связи 243 567
- Химическая лаборатория 179 476
- Химическая связь 69 378

Химические реакции, их
уравнения и типы 31 327

Химические символы и
химические формулы 14 308

Химические элементы,
простые и сложные
вещества 11 307

Хлор 149 451

Хлориды 151 453

Хлороводород, соляная
кислота 150 452

Хром и его соединения 140 443

Цепочки превращений 97 401

Чистые вещества и смеси,
способы разделения
смесей 9 306

Щелочноземельные
металлы 132 436

Щелочные металлы 131 435

Электролиз 121 424

Электролитическая
диссоциация кислот,
оснований
и солей 103 408

Электронные конфигурации
атомов 81 387

Электронные оболочки
атомов 68 378

Энергетические
диаграммы 82 388

Энтальпия диссоциации
связи 269 600

Энтальпия растворения.
Энтальпия решетки.
Энтальпия
гидратации 267 598

Энтропия 271 602

Ядерные реакции 84 390

ЛИТЕРАТУРА, РЕКОМЕНДУЕМАЯ ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ХИМИИ

Учебники и учебные пособия

1. Ахметов Н.С. Неорганическая химия. — М.: Высш. шк., 1998.
2. Барнард А. Теоретические основы неорганической химии. — М.: Мир, 1968.
3. Браун Т., Лемей Г. Химия в центре наук. — М.: Мир, 1983.
4. Даниэльс Ф., Олберти Р. Физическая химия. — М.: Мир, 1978.
5. Жданов В.П. Скорость химической реакции. — Новосибирск: Наука, 1986.
6. Крестов Г.А., Березин Б.Д. Основные понятия современной химии. — Л.: Химия, 1986.
7. Кэмпбел Дж. Современная общая химия: В 3 т. — М.: Мир, 1975.
8. Нейланд О.Я. Органическая химия. — М.: Высш. шк., 1990.
9. Некрасов Б.В. Основы общей химии: В 2 т. — М.: Химия, 1973.
10. Потанов В.М. Стереохимия. — М.: Химия, 1988.
11. Реми Г. Курс неорганической химии: В 2 т. — М.: Мир, 1972.
12. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии: В 2 т. — М.: Мир, 1978.
13. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. — М.: Химия, 1991.
14. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии: В 2 т. — М.: Мир, 1979.
15. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. — М.: Высш. шк., 1997.
16. Ферми Э. Термодинамика. — Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1973.
17. Фиалков Ю.Я. Не только в воде. — Л.: Химия, 1976.
18. Физическая химия: В 2 кн.: Учебное пособие для вузов / К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнев и др. — М.: Высш. шк., 1995.
19. Холли Ю.В., Слепа Л.А. Репетитор по химии: Для школьников и абитуриентов. — Харьков: Фолио, 1998.
20. Эпплquist Д., Де Пюи Ч., Райнхарт К. Введение в органическую химию. — М.: Мир, 1985.

Сборники задач

1. *Адамович Т.П., Васильева Г.И., Попкович Г.А., Улазова А.Р.* Сборник упражнений и усложненных задач с решениями по химии. — Минск: Вышш. шк., 1979.
2. *Айлетт Б., Смит Б.* Задачи и упражнения по неорганической химии. — М.: Мир, 1967.
3. *Будруджак П.* Задачи по химии. — М.: Мир, 1989.
4. Всероссийская химическая олимпиада школьников / Под ред. Лисичкина Г.В. — М.: Просвещение, Учебная литература, 1996.
5. *Гольдфарб Я.Л., Ходаков Ю.В.* Сборник задач и упражнений по химии. М.: Просвещение, 1979.
6. *Николаенко В.К.* Сборник задач по химии повышенной трудности. — М.: МИРОС, 1996.
7. Польские химические олимпиады / Э. Квапневский, Т. Шаршаневич, Р. Киешковский и др. — М.: Мир, 1980.
8. *Свиридов В.В., Попкович Г.А., Васильева Г.И.* Задачи и упражнения по общей и неорганической химии. — Минск: Изд-во БГУ, 1978.
9. *Свитанько И.В.* Нестандартные задачи по химии. — М.: МИРОС, 1995.
10. *Середа И.П.* Конкурсные задачи по химии. — К.: Вища шк., 1982.

Использованная литература

1. *Лисичкин Г.В., Бетанели В.И.* Химики изобретают. — М.: Просвещение, 1990.
2. *Гольдфарб Я.Л., Ходаков Ю.В.* Сборник задач и упражнений по химии для средней школы. — М.: Просвещение, 1979.
3. *Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А.* Начала химии. — М.: 1 федеративная книготорговая компания, 1997.
4. Химия. 8 класс: Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений / Л. С. Гузей, В. В. Сорокин, Р. П. Суровцева. — М.: Дрофа, 1998.
5. *Ахметов Н.С.* Химия: Проб. учеб. для 8 кл. сред. общеобразоват. учеб. заведений. — М.: Просвещение, 1994.

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов	3	
I. ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ	7	305
Вещества и их свойства	7	305
Чистые вещества и смеси, способы разделения смесей	9	306
Химические элементы, простые и сложные вещества	11	307
Металлы как простые вещества	13	308
Неметаллы как простые вещества	14	308
Химические символы и химические формулы	14	308
Валентность химических элементов, составление химических формул	16	309
Атомные и относительные атомные массы	17	309
Молекулярные и относительные молекулярные массы	18	311
Количество вещества, молярная масса, молярный объем, постоянная Авогадро	20	311
Плотность и относительная плотность газа	21	312
Массовые доли элементов в соединениях	22	313
Определение химической формулы вещества по данным о его количественном составе	23	314
Определение химической формулы вещества подбором атомной массы	24	317
Количественный состав растворов	25	320
Смешивание растворов	27	321
Молярная концентрация вещества в растворе	28	324
Растворимость веществ	29	325

II. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ В ХИМИИ

Химические реакции	31	327
Количественные законы химии:		
закон сохранения массы,		
закон постоянных отношений	33	328
Вычисления по уравнениям химических реакций	35	331
Определение вещества, находящегося в недостатке	36	334
Вычисления по термохимическим уравнениям	37	337
Газовые законы	39	339
Закон объемных отношений	39	340
Вычисления по уравнениям химических реакций, если один из реагентов содержит примеси	41	342
Вычисления по уравнениям реакций, протекающих в водных растворах	43	345
Количественный состав газовых смесей	44	348
Определение количественного состава газовых смесей при условии протекания в них химических реакций	45	350
Вычисления по уравнениям последовательных реакций	46	353
Вычисления по уравнениям параллельных реакций	47	356
Вычисления по уравнениям химических реакций с учетом практического выхода продукта	49	361
Определение химической формулы вещества на основе закона эквивалентных отношений	50	364
Молярная масса эквивалентов, молярная концентрация эквивалентов	51	367
Скорость химической реакции	52	369
Зависимость скорости реакции от концентрации	53	371
Зависимость скорости химической реакции от температуры	56	372
Смещение химического равновесия	57	373
Кинетическое уравнение реакции	59	374

III. СТРОЕНИЕ АТОМА И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ	63	376
Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева	63	376
Строение атома	64	376
Распространенность химических элементов в природе	66	377
Электронные оболочки атомов	68	378
Химическая связь	69	378
Вещества с немолескулярным строением	70	379
Предсказание физико-химических свойств химических элементов и их соединений	72	380
Степени окисления элементов в бинарных соединениях	73	380
Степени окисления элементов в сложных соединениях	75	381
Предсказание кислотно-основных свойств химических соединений	76	382
Предсказание окислительно-восстановительных свойств химических элементов и их соединений	77	383
Структурные формулы	78	384
Квантовая теория строения атома	79	386
Электронные конфигурации атомов	81	387
Энергетические диаграммы	82	388
Ядерные реакции	84	390
Дефект массы, энергия связи ядра	86	396
 IV. КЛАССЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	 88	 393
Оксиды: номенклатура, состав и строение	88	393
Оксиды: получение	89	394
Оксиды: химические свойства	90	395
Основания	91	396
Кислоты	92	397

Соли	94	398
Оксиды: кислотные, основные, амфотерные	95	399
Связь между классами неорганических соединений	96	400
Цепочки превращений	97	401
Качественные реакции	99	403
Распознавание веществ	99	404
АБВГДейки	101	407
Электролитическая диссоциация кислот, оснований и солей	103	408
Свойства растворов электролитов	104	409
Сильные и слабые электролиты.		
Степень диссоциации	106	410
Количественные соотношения между ионами в растворе	107	411
Ионно-молекулярные уравнения реакций	107	412
Гидролиз солей	109	413
Константа диссоциации	110	414

V. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронного баланса	112	416
Окислители и восстановители	113	418
Классификация окислительно-восстановительных реакций	115	419
Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионного баланса	116	420
Составление уравнений окисления металлов кислотами в водных растворах	118	422
Влияние внешних условий на протекание окислительно-восстановительной реакции	120	423
Электролиз	121	424

Законы Фарадея	123	426
Вычисления по электрохимическим уравнениям	124	428
VI. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	126	432
Общие свойства металлов	126	432
Ряд активности металлов	127	432
Способы получения металлов	129	434
Щелочные металлы	131	435
Щелочноземельные металлы	132	436
Кальций и его соединения	133	437
Магний	135	438
Жесткость воды и способы ее устранения	136	439
Алюминий	137	441
Железо	139	441
Хром и его соединения	140	443
Марганец и его соединения	141	444
Сплавы	143	445
Сплавы железа	144	447
Общие свойства неметаллов	145	448
Водород, первоначальные сведения	146	449
Водород, химические свойства	147	449
Вода	148	450
Хлор	149	451
Хлороводород, соляная кислота	150	452
Хлориды	151	453
Кислородсодержащие соединения хлора	152	454
Фтор, бром, йод	154	456
Соединения галогенов, применение	155	457
Кислород, первоначальные сведения	156	458
Озон	157	459
Пероксид водорода	158	460
Сера и ее соединения	159	460

Сероводород, сероводородная кислота и ее соли	160	461
Оксиды серы	161	462
Серная кислота	162	463
Сульфаты, сульфиты и тиосоединения	163	464
Азот	164	465
Аммиак	165	466
Оксиды азота	166	466
Соли аммония	167	467
Азотная кислота	168	468
Фосфор	169	469
Фосфорные кислоты и их соли	170	470
Углерод и его оксиды	171	471
Угольная кислота и ее соли	172	472
Кремний	174	474
Благородные газы	175	474
Состав воздуха	176	475
Выдающиеся химики	177	476
Химическая лаборатория	179	476

VII. РЕАКЦИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Свойства галогенов	184	478
Свойства кислородных соединений галогенов	184	478
Свойства кислорода	185	479
Свойства серы	185	479
Свойства азота	186	479
Свойства фосфора	186	480
Свойства углерода и кремния	186	480

VIII. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Строение и реакционная способность органических соединений	188	482
Строение и номенклатура алканов	189	483

Синтез и свойства алканов	190	484
Номенклатура, синтез и <i>цис</i> -, <i>транс</i> -изомерия алкенов	191	486
Свойства алкенов	192	487
Алкины	194	489
Алкадиены	195	491
Алициклические углеводороды	196	492
Бензол и его гомологи	197	493
Ароматичность	197	495
Галогенопроизводные алканов	199	497
Реакции нуклеофильного замещения и отщепления	200	499
Ненасыщенные галогенопроизводные	204	501
Оптически активные соединения	205	502
Номенклатура и синтез спиртов	208	504
Свойства спиртов	209	506
Номенклатура и синтез альдегидов и кетонов	210	508
Свойства альдегидов и кетонов: реакции карбонильной группы	211	510
Свойства альдегидов и кетонов: реакции с участием замещающих групп и поликарбонильные соединения	213	513
Синтез и номенклатура карбоновых кислот	215	516
Свойства карбоновых кислот	216	518
Функциональные производные карбоновых кислот	218	519
Оксикислоты. Аминокислоты	219	521
Углеводы	220	524
Изомерия и синтез производных бензола	222	527
Реакции электрофильного замещения в бензольном и нафталиновом ядрах	223	529
Полимеры	224	531
Определение молекулярной формулы органического соединения	226	532

IX. КОНКУРСНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ХИМИИ	228	536
Определение формулы вещества	228	536
Растворы	229	540
Стехиометрические расчеты по уравнениям реакций	230	542
Расчеты по уравнениям параллельных и последовательных реакций	231	546
Расчеты по уравнениям реакций, в которых участвуют газообразные вещества	232	549
Количественный состав смесей	233	553
 X. УСЛОЖНЕННЫЕ И ОЛИМПИАДНЫЕ ЗАДАЧИ	235	557
Строение вещества	235	557
Гибридизация	238	562
Метод отталкивания электронных пар валентной оболочки	239	563
Геометрическое строение молекул и ионов	241	565
Характеристики химической связи	243	567
Дипольные моменты	243	567
Метод молекулярных орбиталей	245	569
Радикалы	247	571
Свойства неорганических соединений	248	572
Свойства органических соединений	250	575
Стехиометрические расчеты	254	578
Кинетика реакций первого порядка	257	585
Порядок реакции, глубина реакции, степень превращения, степень термической диссоциации	259	587
Радиоактивный распад ядер	261	590
Кинетические закономерности химических реакций	263	592
Энтальпия растворения. Энтальпия решетки. Энтальпия гидратации	267	598
Энтальпия диссоциации связи	269	600
Энтропия	271	602

Соотношения между константами равновесия K_p , K_p и K_c	274	603
Термохимия. Расчет равновесий в газах	275	605
Теории кислот и оснований	279	614
Ионное произведение воды	281	615
Водородный показатель. Вычисления pH	282	617
Произведение растворимости. Молярная растворимость	283	620
Условия образования осадка	285	622
Равновесия в растворах	286	624
Направление окислительно-восстановительных реакций. Электрохимия	289	634
Состав и номенклатура комплексных соединений	293	643
Строение и свойства комплексных соединений	295	645

XI. ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ 301

ПРИЛОЖЕНИЕ 651

Таблица 1. Названия и химические знаки
некоторых химических элементов 653

Таблица 2. Фундаментальные физические
постоянные 656

Переводные множители 656

Десятичные приставки к названиям единиц 656

Таблица 3. Растворимость некоторых веществ
в воде 656

Таблица 4. Относительная электроотрицательность
элементов 657

Таблица 5. Ряд стандартных электродных
потенциалов в водных растворах при 25 °C 658

Таблица 6. Характеристики субатомных частиц 659

Таблица 7. Произведение растворимости
малорастворимых электролитов 659

Таблица 8. Растворимость кислот, оснований,
солей в воде и реакция их растворов 660—661

Таблица 9. Ряд уменьшения силы кислот	662
Таблица 10. Сильные и слабые электролиты	662
Таблица 11. Ионное произведение воды при различных температурах	662
Таблица 12. Константы ионизации (диссоциации) кислот	663
Таблица 13. Молекулярные характеристики двухатомных молекул	664
Рисунок 1. Геометрическая форма молекул	665
Рисунок 2. Сравнение атомных и ионных радиусов	666
Рисунок 3. Массовые доли химических элементов в земной коре	667
Алфавитный указатель тем	668
Литература, рекомендуемая для углубленного изучения химии	674

Учебное издание

СЛЕТА Людмила Алексеевна
ХОЛИН Юрий Валентинович

2002 ЗАДАЧИ ПО ХИМИИ

Главный редактор *Л. И. Вакуленко*
Ответственный за выпуск *Л. В. Дмитриева*
Художественный редактор *Б. Ф. Бублик*
Технический редактор *А. С. Жученко*
Компьютерная верстка: *Е. Н. Гадиева*
Корректор *Н. Е. Фомина*

Підписано в печать 09.06.2003. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага газетная. Гарнитура Тип Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 43,0. Усл. кр.-отг. 43,7. Уч.-изд. л. 44,8.
Тираж 4000 экз. Заказ № 3-112.

ТОВ «Видавництво Фоліо»
Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції
ДК № 502 від 21.06.2001 р.

ТОВ «Фоліо»
Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції
ДК № 683 від 21.11.2001 р.

61057, Харків, вул. Донець-Захаржевського, 6/8
Електронна адреса:
www.folio.com.ua
E-mail: realization@folio.com.ua
Інтернет магазин «Книга — поштою»
www.bookpost.com.ua

Віддруковано в повній відповідності
з якістю наданих готових позитивів
у ВАТ «Харківська книжкова фабрика ім. М. В. Фрунзе»
61057, Харків, вул. Донець-Захаржевського, 6/8.

Слета Л. А., Холин Ю. В.

С47 2002 задачи по химии / Худож.-оформитель И. В. Осипов. — Харьков: Фолио, 2003. — 685 с.

ISBN 966-03-2107-4.

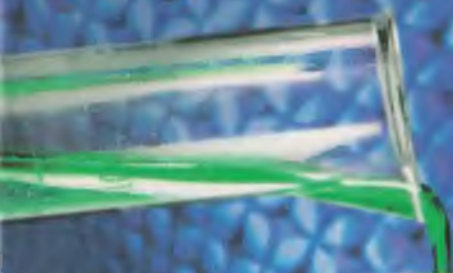
Авторы книги — преподаватели университета — обобщили в ней свой многолетний опыт работы в школе юных химиков и химических классах лицей. В сборнике собраны разнообразные задачи по химии — от простых до самых сложных. Учитель, следующий типовой программе, найдет соответствующие ей темы, пропуская более сложный материал, преподаватель лицей или гимназии, работающий по авторской программе, выберет те задачи, которые ей соответствуют. Участники олимпиад и их наставники воспользуются задачами повышенной сложности. Не останутся без конкурсных задач с решениями и абитуриенты. Над задачником можно работать самостоятельно, этому помогут решения, комментарии и ответы ко всем задачам.

ББК 74.265.я7

2002

ЗАДАЧИ
по ХИМИИ

Хотите легко и без проблем сдать выпускные экзамены в школе и вступительные в вуз? Научитесь свободно решать задачи. И в этом вам поможет наш сборник, включающий задачи разного уровня сложности — от сравнительно простых до задач повышенной трудности, конкурсных и олимпиадных. Каждый работающий с книгой в зависимости от степени подготовки сможет выбрать для себя задачи в нужном ему разделе или параграфе. Отметим, что все задачи снабжены подробными решениями, комментариями и ответами.



ISBN 966-03-2107-4



9 799660 321075

2002
ЗАДАЧИ
по ХИМИИ
для выпускников и абитуриентов