

Стивен Хокинг – Ньютон XX века?

Книга, покорившая миллионы и сделавшая Стивена Хокинга миллионером.

Две молодые женщины гуляли в лесу. Увидели лягушку. Вдруг лягушка обращается к ним человеческим голосом: «Милые женщины, вы знаете, я – совсем не лягушка. Я – заколдованный физик. Если кто-нибудь из вас меня поцелует, я опять стану физиком.» Одна из женщин взяла лягушку и положила ее в свою сумочку. «Так ты ее поцелуешь?» – «Ни за что на свете! Никакой физик не заработает столько денег, сколько говорящая лягушка!»

Стивен Хокинг совершил невероятное. Он продемонстрировал миру, что физик тоже может заработать много денег. Хокинг стал миллионером, вопреки анекдоту о лягушке, придуманному Гарри Липкиным, известным физиком, теоретиком-ядерщиком. И хотя «миллионер Хокинг» звучит так же странно, как «миллионер Моцарт» или «миллионер Пушкин», такое словосочетание стало уже привычным. Так, например, в октябре 2000 года в газетах Великобритании появились тревожные сообщения: «Покушения на миллионера Хокинга. Полиция разбирается.» (Известно, что Хокинг несколько раз обращался за помощью в травмапункт и в полицию, но по его просьбе подробности не разглашаются.)

К началу 90-ых Хокинг, член Королевского общества, люкасовский профессор, обладатель всевозможных почетных званий, оказался перед лицом финансового кризиса. Сиделки стоили очень дорого, за обучение детей в частной школе тоже нужно было платить и немало. Несмотря на помощь благотворительных фондов, денег катастрофически не хватало. В 1982 году Джейн Хокинг посоветовала Стивену написать популярную книгу о космологии, в надежде, что заработанные за книгу деньги немного поправят финансовое положение семьи. Книга Хокинга «Краткая история времени: от большого взрыва до черных дыр» [1], с посвящением Джейн, впервые появилась на прилавках США и Канады в апреле 1988 года. Успех книги превзошел все ожидания. Когда издатели обнаружили, что две иллюстрации в книге вклеены неправильно, и попытались отозвать книгу из продажи, чтобы исправить ошибку, оказалось, что за несколько дней все до единого экземпляры книги были проданы. Книга продержалась в списке бестселлеров «Санди Таймс» 4 года. Она переведена на 40 языков. Продано более 10 миллионов экземпляров книги. Русское издание книги появилось в 1990 году [2] и сразу же исчезло с прилавков. Второе русское издание (в том же переводе) появилось в 2000 году [3]. Хокинг гордится тем, что его книгу сравнивали с книгой «Дзен и искусство вождения мотоцикла». Книга Хокинга стала не только бестселлером, но и блокбастером (американское слово «блокбастер», означающее «нечто, имеющее необыкновенный коммерческий успех», первоначально означало «вещь, которую покупают и выгодно перепродают перекупщики»). Редактор книги Питер Гудзарди заставил Хокинга не один раз переписать книгу, пока книга не стала понятна ему, а заодно и будущим читателям. «В результате книга стала намного лучше» – говорит об этом сотрудничестве с редактором Хокинг. «Я не сомневался, что почти всем интересно, как функционирует Вселенная, но большинство не выносит математических формул – я и сам-то их не очень

люблю... в книге я пытался выразить образы словами с помощью знакомых аналогий и нескольких диаграмм. Таким образом я надеялся дать большинству людей возможность разделить со мной восхищение замечательным прогрессом, проделанным физиками за последние двадцать пять лет, и ощущение подвига.» К тому же Хокингу сказали, что любая формула в книге будет уменьшать количество читателей, а, следовательно, и гонорар вдвое. «Правда, в конце я все-таки написал одно уравнение – знаменитое уравнение Эйнштейна $E=mc^2$ » – пишет Хокинг, – «В корректуре я чуть было не вычеркнул последнюю фразу книги, где говорилось, что мы поймем замысел Бога. Если бы я сделал это, число продаж могло бы снизиться вдвое.»

В ноябре 2001 года в США и в Великобритании была издана новая популярная книга Хокинга «Вселенная вкратце» (буквально, «Вселенная в ореховой скорлупе») [4]. Хокинг опять может гордиться: в списке «Стейси бестселлер, нехудожественная литература в твердой обложке» за декабрь 2001 года его книга стоит на первом месте, обогнав книгу Лидии Бастьянич «Итальянско-американская кухня». Вот аннотация книги Хокинга: «Автор обсуждает последние достижения в теории супергравитации, суперсимметрии, квантовой теории, теории суперструн и p -бран и рассказывает о Теории Всего, объясняющей устройство космоса.» Конечно, «Итальянско-американская кухня» не может предложить читателям такое изысканное блюдо, какое предложил им Хокинг! «В результате много тысяч американцев получили возможность провести свой досуг в попытках понять, что же имеет в виду доктор Хокинг, написав, например, на 63 странице своей книги: «Мы видим, что эта остановка реального и мнимого времени (либо останавливаются оба, либо ни одно из них) означает, что пространство-время обладает температурой, как я открыл это для черных дыр.»» – пишет один из журналистов [5]. Книга Хокинга положила начало новому явлению – «превращению мозгов в деньги». После выхода книги Хокинга издатели книг поняли, что существует ниша, незаполненная блокбастерами, – популярными книгами о науке, написанными известными учеными, – и стали заключать с учеными контракты на суммы порядка миллиона долларов. Так, например, нобелевский лауреат Марри Гелл-Манн написал книгу «Кварк и Ягуар», а космолог из Массачусетского технологического института Алан Гут – книгу «Раздувающаяся Вселенная». (Популярные книги о науке, и часто очень удачные, писали в свое время и Кеплер, и Галилей, и Эйнштейн, и Фридман, и Гамов, но никто из них не прославился этим так, как Хокинг.)

Стивен Хокинг уже не нуждается в деньгах, но продолжает писать книги и выступать с популярными лекциями. Он говорит, что делает это, потому что ему это нравится. Во время празднования своего 60-летия Хокинг сказал: «Наша картина Вселенной очень сильно изменилась за последние 40 лет, и я счастлив думать, что и я, возможно, внес небольшой вклад в это. Я хочу, чтобы и другие разделили мой восторг и энтузиазм.»

А теперь немного статистики. Посмотрим, кто упоминается в книге Хокинга «Краткая история времени» наиболее часто. Вот кто попал в первую десятку (в скобках указано количество упоминаний): сам Хокинг (107), Эйнштейн (59), Ньютон (56), Бог (36), Галилей (30), Фридман (29), Аристотель (21), Пенроуз (18), Хаббл (17), Коперник (15). Видно, что это книга не только о науке и о Боге, но и о самом Хокинге. Хокинг много рассказывает о себе, о своей болезни, работе, о своих открытиях. Хокингу не очень нравится, что интерес к нему, к его книгам и научным достижениям в значительной степени связан с его болезнью, и мы больше не будем о ней вспоминать. В истории были и другие впечатляющие примеры. Когда великий математик Леонард Эйлер (1707-1783) в 1766 году полностью ослеп, он будто бы сказал: «Слава Богу, теперь ничто не будет отвлекать меня от работы!» и стал работать еще интенсивнее (за оставшиеся 17 лет Эйлер написал работ больше, чем за предыдущие 40 лет работы; возможно, неполный, список работ Эйлера содержит 866 наименований, среди них много объемистых книг). А выдающийся греческий мыслитель Демокрит (460-370 до н.э.), написавший неимоверное количество сочинений на самые разнообразнейшие темы, как рассказывают, чтобы не видеть женщин и избавиться от соблазнов, сам ослепил себя, дабы ничто не мешало ему предаваться возвышенным размышлениям о Вселенной, об атомах, о

пустоте. Очень часто, говоря о Хокинге, вспоминают Элен Келлер (1880-1968), которую Марк Твен назвал «самой замечательной женщиной со времен Жанны д'Арк». Американка Элен Келлер – слепая, глухая и немая с полутора лет – научилась английскому, французскому, немецкому языкам, латыни и греческому. Она писала книги и выступала с лекциями, занималась общественной деятельностью. Ее учителем и «говорящим компьютером» была «сотворившая чудо» (так называется знаменитая пьеса В.Гибсона о Э. Келлер) Анна Сулливан. «Чудо Хокинг» тоже существует благодаря его женам и друзьям, коллегам и студентам, врачам и медсестрам, инженерам и компьютерщикам, и, конечно же, благодаря железному характеру и неукротимому оптимизму самого Стивена Хокинга.

Физика пространства-времени.

Современный деловой человек очень занят. А если не занят, то устал. У него не столько свободного времени, чтобы он мог позволить себе читать целых пять страниц печатного текста только для того, чтобы узнать, например, когда Греция достигла расцвета, а когда пришла в упадок.

Стивен Ликок

«Не у каждого есть время читать Коперника» – говорил когда-то Кеплер. И добавим, что не у каждого есть время читать не только Коперника, но и Кеплера, и Галилея, и Ньютона, и Эйнштейна и даже Хокинга. Научные исследования и достижения Хокинга относятся к области теоретической физики, которую можно назвать «физика пространства-времени». Хокинг в своей «Краткой истории времени» посвятил пространству-времени больше 20 страниц. У нас нет возможности говорить об этом так много, но, если мы хотим понять, что же сделал Хокинг в физике, нужно вспомнить о том перевороте в представлениях о пространстве и времени (особенно, времени), который произвел в начале XX века Альберт Эйнштейн (1879-1955).

Сто лет тому назад, весной 1902 года в одной из бернских газет, появилось

объявление: «Выпускник цюрихского политехникума Альберт Эйнштейн за 3 франка в час обучает физике и математике каждого желающего. Первый урок бесплатно.» Желающих практически не было. Эйнштейн почти голодал. Он был единственным выпускником политехникума 1900 года, оставшимся без работы. Никто из преподавателей не захотел оставить у себя студента, не отличавшегося особым прилежанием и не испытывающего должного почтения к преподавателям. Так, «господина профессора Вебера» Эйнштейн однажды назвал просто «господином Вебером». Мог ли после такой дерзости «господин профессор Вебер» оставить Эйнштейна у себя ассистентом?

17 лет спустя, весной 1919 года две английские экспедиции (одна в Бразилии, другая на острове Принсипи у берегов Африки) подтвердили предсказанное Эйнштейном в 1915 году отклонение (на 1,75 угловой секунды) луча света, идущего от звезды, гравитационным полем Солнца. Вот свидетельства очевидца [6]: «Это было что-то небывалое. Общее изумление пронеслось волной по всему миру... Никакое имя не повторялось в это время так часто, как имя этого человека. Все исчезло перед универсальной темой, овладевшей человечеством... Дамы позабыли о своих домашних заботах и беседовали о координатных системах, о принципе одновременности и отрицательно заряженных электронах... относительность сделалась господствующим и всеразрешающим словом... Уже одна мысль: среди нас есть живой Коперник, – заключала в себе что-то возвышающее.» А теперь процитируем Хокинга: «То, что английские ученые доказали правильность теории, родиной которой была Германия, приветствовалось как еще один великий акт примирения обеих стран после войны. Но, хотя это выглядит иронично, проведенный позднее анализ фотографий,

полученных этой экспедицией, показал ошибки измерения того же порядка, что и измеряемый эффект (Хокинг говорит об африканской экспедиции, результаты бразильской были не намного лучше). Результат англичан был либо чистым везением, либо тем нередким в науке случаем, когда получают то, что хотелось получить. Правда, отклонение света Солнцем было впоследствии точно подтверждено целым рядом наблюдений.»

В Советском Союзе в сталинские времена Эйнштейна называли «прислужником империализма», писали, что Эйнштейн и «эйнштейнцы» «заводят физическую теорию в безысходный тупик» и тому подобные глупости. Известно, что был подготовлен официальный запрет теории относительности. Рассказывают, что об этом сообщили И.В. Курчатову, который тот час же отправился искать защиты к «великому вождю и учителю, гениальному ученому и другу науки» товарищу Сталину. (Слова в кавычках – это цитата из выступления президента Академии Наук СССР С.И. Вавилова на Научной сессии по физиологии (1950)). Курчатов объяснил «корифею науки, создающему труды, равных которым не знает передовая наука», что без теории относительности нельзя сделать атомную бомбу. Товарищ Сталин подумал немного и вынес решение: «Что же, раз товарищам физикам нужен Эйнштейн, мы им его оставим!» Товарищам физикам Эйнштейна оставили, но как бы для «служебного пользования».

В 1955 (или, может быть, в 1956) году в Харьков приезжал Л.Д.Ландау и прочитал в Харьковском университете популярную лекцию о теории относительности. Эта лекция вызвала небывалый интерес. В старом здании университета не только была битком набита так называемая «Ленинская» аудитория, но желающие послушать Л.Д.Ландау заполнили все лестничные переходы в здании. Чтобы они могли слышать выдающегося ученого, рассказывающего о великой науке, на лестницу вынесли репродукторы. Л.Д.Ландау с пафосом процитировал хорошо известные слова А.Зоммерфельда (1921 год) об Эйнштейне и его теории: «... идеальные достоинства теории и субъективные заслуги Эйнштейна остаются неслышанными и не могут ни с чем сравниться. Со смелостью и логичностью философского ума, которые никогда раньше не встречались в ученом естествоиспытателе, с математической мощью, вызывающей в памяти имена Гаусса и Римана, с безошибочным пониманием физической действительности, которое он продемонстрировал и в других областях физики, Эйнштейн в течение десяти лет воздвигал здание своей теории, перед которым даже мы, из года в год напряженно следившие за его работой, сегодня стоим, пораженные и ошеломленные...» Затаив дыхание, счастливы, которые попали на лекцию Ландау, слушали его рассказ о «поезде Эйнштейна», в котором замедляется время и который сокращается в направлении своего движения. Пусть, – рассказывал Ландау, – в одном из вагонов двери открываются при попадании света в фотоэлементы, которые находятся на одинаковом расстоянии от лампочки, висящей в центре вагона. Очевидно, что для пассажира в вагоне, если он включит лампочку, двери откроются *одновременно*. Но для человека, мимо которого этот поезд проезжает, двери откроются *в разное время*, потому что свет (который, согласно Эйнштейну, всегда распространяется с одной и той же скоростью) встретится с задним (по ходу поезда) фотоэлементом раньше, чем он догонит передний, убегающий от него фотоэлемент!

Теория Эйнштейна (специальная теория относительности, 1905 год; теория тяготения или общая теория относительности, 1915 год) в корне изменила представления о пространстве и времени. Пространство и время перестали существовать по отдельности и объединились в единое четырехмерное пространство-время, в общем случае искривленное, причем кривизна пространства-времени определяется распределением и движением материи в этом пространстве-времени. Скорость протекания ядерных, химических, биологических процессов – в самолете, например, – определяются тем, с какой скоростью движется этот самолет и тем, находится ли он в гравитационном поле. В 1971 году два реактивных самолета отправились из Вашингтона в кругосветное путешествие, вылетев в противоположных направлениях. В одном самолете (направление полета которого *совпадало* с направлением вращения Земли) летел с атомными (цезиевыми) часами физик Хафеле.

Когда он вернулся в Вашингтон, его часы *отстали* на 50 наносекунд (на 0,00000005 сек). В другом самолете, летевшем *против* вращения Земли летел физик Китинг. Его часы за время полета *ушли вперед* на 160 наносекунд (на 0,00000016 сек). В этом опыте проверялась не только специальная теория относительности, но и общая теория относительности Эйнштейна.

Зависимость скорости хода часов от их механической скорости выражается простой формулой: если покоящиеся часы показывают время T_0 , то часы, движущиеся со скоростью V , покажут время ($c = 299792458$ м/сек – скорость света, с 1983 года скорость света равна приведенной величине *по определению*, так как, согласно *новому определению* метра, метр – это такое расстояние, которое свет проходит за $1/299792458$ долю секунды)

$$T = T_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}. \quad (1)$$

Аналогичная формула описывает сокращение движущегося тела (атомного ядра, электрона) длиной L_0 в направлении его движения

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}. \quad (2)$$

Если же какой-нибудь физический объект (физик Китинг, например) находится в гравитационном поле какого-либо небесного тела, то скорость протекания всех процессов в этом объекте замедляется и в случае, когда небесное тело сферическое, определяется тоже формулой (1), но скорость $V=V(r)$ в этом случае – это скорость, формально совпадающая со скоростью убегания физического объекта из данной точки $\mathbf{r}$ (в случае Земли эта скорость называется второй космической скоростью) на бесконечность, $V^2(r)=2GM/r$, где G – ньютоновская постоянная тяготения, M – масса небесного тела, r – расстояние до центра небесного тела. Таким образом,

$$T = T_0 \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}. \quad (3)$$

В формуле (3) T_0 – это время, которое проходит на бесконечности, где гравитационного поля нет, T – это время, которое проходит в точке $\mathbf{r}$. Обе эти формулы и проверялись в эксперименте с самолетами Хафеле и Китинга.

За последние 50 лет точность измерения времени возросла примерно в миллион раз. Этот прогресс связан с атомными часами. Точность и стабильность цезиевых атомных часов порядка 10^{-13} . Иногда требуется даже большая точность. Тогда используется водородный мазер со стабильностью 10^{-15} на интервале нескольких часов. В наши дни время и частота измеряются настолько точно, что целесообразно любые другие фундаментальные измерения, там, где это возможно, сводить к измерениям времени и частоты. Именно поэтому введено новое определение метра. Атомные часы позволяют убедиться в том, что время течет по разному на поверхности Земли и на высоте 10 км и выше. «Разница в ходе часов на разной высоте над поверхностью Земли, – пишет Хокинг, –приобрела сейчас огромное практическое значение в связи с появлением очень точных навигационных систем, работающих на сигналах со спутников. Если не принимать во внимание предсказаний общей теории относительности, то координаты будут рассчитаны с ошибкой в несколько километров!»

В 1960 году удалось измерить, насколько быстрее течет время, по сравнению с течением времени на поверхности Земли, на высоте $H=20$ м. Этот эффект определяется простой формулой (g – ускорение свободного падения)

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta \omega}{\omega} = \frac{gH}{c^2} = \frac{9,8 \times 20}{(299792458)^2} \approx 0,000000000000002 = 2 \cdot 10^{-15}, \quad (4)$$

где ω и $\Delta\omega$ – частота фотона, испускаемого каким-либо ядром или атомом, и смещение этой частоты. Для того, чтобы проверить формулу (4), Р. Паунд и Г. Ребка измерили влияние гравитационного поля на частоту перехода в атомном ядре ^{57}Fe , описываемое формулой (3). Ядро, находившееся на поверхности Земли испускало фотон, ядро же, находившееся на высоте 20 м не могло поглотить этот фотон, поскольку частота перехода смещалась на величину $\Delta\omega$, а ядро может поглотить только такой фотон, какой оно излучает, а смещение $\Delta\omega$ нарушало это условие резонанса (здесь речь идет о так называемом мессбауэровском ядре, которое «вмораживается» в кристалл и поглощает и испускает фотоны, не испытывая отдачи). Для того, чтобы восстановить резонанс (за счет эффекта Допплера), верхнее ядро двигали вниз с некоторой скоростью V , такой, что $V/c = \Delta\omega/\omega$. Измеряя V , находили $\Delta\omega/\omega$. Нужно отметить, что в литературе данный эксперимент часто трактуется неправильно. В серьезных книгах и статьях очень серьезные авторы (в их числе и Хокинг в своей книге) пишут, что фотон, поднимаясь вверх, «краснеет», так как уменьшается его энергия, а, следовательно, и частота. Но это не так, фотон не «краснеет», а более «красным» испускается. Подробное разъяснение этого вопроса можно найти в сравнительно недавней статье [7], в конце которой ее авторы справедливо пишут: «Поскольку гравитационный красный сдвиг является одним из краеугольных камней общей теории относительности как с теоретической, так и с экспериментальной точки зрения, очень важно, чтобы его объясняли максимально просто, но при этом правильно.»

Отметим еще две статьи Л.Б.Окуня [8,9], в которых обсуждается серьезный вопрос о правильной интерпретации фундаментального соотношения Эйнштейна $E=mc^2$ и о том, что знаменитая формула, считавшаяся десятилетиями одним из важнейших достижений физики XX века,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},$$

где m_0 – масса покоя, на самом деле бесполезна и даже вредна. Действительно, если проследить за тем, как возникает эта формула, то можно увидеть, что величина m просто названа массой без каких-бы то ни было оснований для этого. А это совсем не безобидная вещь: назвав m массой, с этой величиной начинают обходиться как с массой, а это может привести к серьезным ошибкам. (Рассказывают, что Авраам Линкольн любил спрашивать: «Если назвать хвост ногой, то сколько ног будет у собаки?») И смеялся, когда говорили, что «пять». Не масса (хвост) не станет массой (ногой), если ее (его) так назвать.) В статье [8] Л.Б. Окунь описывает словами рисунок, изображающий процесс научного творчества (в английском варианте статьи этот рисунок содержится в натуральном виде). Благодаря интернету мы можем увидеть этот забавный рисунок: если в поисковой системе Google («картинки») набрать слово «Einstein», то за 0,18 секунды Google находит 19 000 «картинок» с Эйнштейном, и этот рисунок появляется довольно быстро, в середине второй сотни.

До сих пор мы говорили о случаях, когда эффекты теории Эйнштейна очень малы, и тем не менее их удастся заметить. Но электрон, который разгоняется в кольцевом 37-километровом ускорителе вблизи Женевы до 0,99999999995 скорости света, сокращается в направлении своего движения в 100 000 раз! 28 часов, которые пройдут в Женеве, сократятся для электрона до одной секунды!

И еще об одном, сравнительно недавнем подтверждении общей теории относительности Эйнштейна. В 1993 году Нобелевскую премию по физике получили Р.А. Халс и Дж.Х. Тэйлор (мл.) «за открытие нового типа пульсаров, в результате чего возникли новые возможности изучать гравитацию». Работая на большом радиотелескопе в Аресибо (Пуэрто-

Рико), Тэйлор и Халс в 1974 году открыли пульсар (быстро вращающуюся нейтронную звезду), который испускал радиосигналы через промежутки времени величиной 0,059 с, равные периоду вращения пульсара. Но пульсар, впоследствии получивший название PSR 1913 + 16, вел себя очень странным образом: период вращения пульсара, обычно величина чрезвычайно стабильная, у этого пульсара «маниакально-депрессивным» образом то увеличивался, то уменьшался. Эти изменения периода происходили циклически, довольно сложная картина изменений повторялась примерно через каждые 7 часов 45 минут. Тейлор и Халс поняли, что они открыли двойной пульсар, что период пульсара на самом деле не изменяется, но он представляет собой нейтронную звезду, вращающуюся, вместе с другой, невидимой нейтронной звездой, вокруг их общего центра масс. Наблюдаемые изменения периода в таком случае объясняются обычным эффектом Допплера (пульсар то удаляется от Земли, то приближается к ней). Характеристики двойного пульсара были измерены с чрезвычайной точностью (поскольку некоторые из этих характеристик изменяются со временем, они даны на 7 июля 1984 года):

масса пульсара $m_1 = 1,4411 m_{\odot}$,

масса невидимой компоненты $m_2 = 1,3874 m_{\odot}$,

период пульсара $\tau = 0,059029997929613$ с,

период орбитального движения $T = 27906,980895$ с,

скорость возрастания периода пульсара $\Delta\tau = 0,272246$ нс/год,

скорость уменьшения периода орбитального движения $\Delta T = 76,0(3)$ мкс/год.

Стабильность периода двойного пульсара PSR 1913 + 16 оказалась удивительной: пульсар изменяет свой период на 0,5 % за миллион лет! Скорость уменьшения периода орбитального движения пульсара, рассчитанная с помощью формулы, полученной Эйнштейном в общей теории относительности и определяющей интенсивность излучения гравитационных волн, равна $\Delta T = 75,8$ мкс/год, что хорошо согласуется с наблюдаемым значением.

Расширяющаяся Вселенная и большой взрыв.

... наши потомки, без сомнения, узнают характер Вселенной, в которой мы обречены жить... И все же думается, что

*«Измерить океан глубокий,
Сочетать пески, лучи планет
Хотя и мог бы ум высокий, —
Тебе числа и меры нет!»*

А.А.Фридман

8 февраля 1917 года А.Эйнштейн на заседании Прусской академии наук доложил свою новую работу «Вопросы космологии и общая теория относительности». Эйнштейн считал, что Вселенная обязана быть *однородной, изотропной и статической*. Но таких решений уравнения его теории не имели. Тогда Эйнштейн искусственным образом изменил свою теорию таким образом, чтобы она имела нужные ему решения. Сложные и громоздкие тензорные уравнения теории Эйнштейна сводились к двум сравнительно простым уравнениям, одно из которых (если бы Эйнштейн захотел его написать) имело бы вид:

$$\frac{R'^2}{R^2} + \frac{2RR''}{R^2} + \frac{c^2}{R^2} - \lambda = 0. \quad (5)$$

На это уравнение стоит взглянуть: оно, как-никак, определяет судьбу Вселенной. Величина $R=R(t)$ зависит от времени и представляет собой радиус кривизны Вселенной (если бы мы были плоскими существами и жили на расширяющейся или пульсирующей сфере, что $R(t)$ было бы изменяющимся радиусом этой сферы). Эйнштейн даже не выписывал этого уравнения полностью, поскольку он считал, что R' и R'' (скорость и ускорение изменения величины R со временем) равны нулю. В этом случае $R^2 = \lambda/c^2$ (Эйнштейн специально добавил в свое уравнение *космологическую постоянную* λ , иначе бы радиус кривизны Вселенной равнялся нулю, и жить в ней было бы негде). Первым уравнение (5) выписал русский математик, гидромеханик и метеоролог Александр Александрович Фридман (1888-1925). Фридман решил это (и второе, не выписанное) уравнения теории Эйнштейна и установил закон, по которому радиус кривизны Вселенной изменяется со временем. Фридман показал, что согласно теории Эйнштейна, Вселенная может быть *однородной* и *изотропной*, но необязательно *статической*.

Георгий (Джордж) Гамов (1904-1968) слушал в то время курс лекций Фридмана «Математические основания теории относительности» и как непосредственный свидетель событий пишет [10] о результатах Фридмана: «Фридман понял, что это открывает целый новый мир зависящих от времени вселенных: расширяющихся, коллапсирующих и пульсирующих... Фридман написал о своих находках Эйнштейну, но не получил никакого ответа. Случилось так, что физик-теоретик из Ленинградского университета профессор Юрий Крутков получил разрешение на поездку в Берлин, что было вовсе не так просто сделать в первые послереволюционные годы в России. Фридман попросил Круткова сделать попытку повидаться с Эйнштейном и поговорить с ним об этом. В результате состоявшегося разговора Эйнштейн написал Фридману короткое, но несколько сердитое письмо, согласившись в его доводах. Фридман опубликовал свою статью в 1922 году в немецком журнале *Zeitschrift für Physik*, открыв тем самым новую эпоху в космологии.» В этой статье Фридман рассмотрел мир с положительной кривизной (аналогичный сфере), а во второй статье, опубликованной в том же журнале в 1924 году, он рассмотрел мир с отрицательной кривизной (аналогичный пространству Лобачевского). Прочитав первую статью, Эйнштейн разругал ее в небольшой заметке, как ошибочную. После этого Фридман написал письмо Эйнштейну. Ю.А. Крутков с большим трудом удалось убедить Эйнштейна в его неправоте (их встреча состоялась в Лейдене), после чего Эйнштейн написал еще одно короткое письмо в *Zeitschrift für Physik*, в котором признал правоту Фридмана.

Хокинг в своей книге отдает должную дань Фридману и упоминает Фридмана 29 раз, хотя из следующих его слов видно, что работ Фридмана он не видел. «Сам Фридман рассматривал только одну модель, но можно указать три разные модели, для которых выполняются оба фундаментальных предположения Фридмана. В модели первого типа (открытой самим Фридманом) Вселенная расширяется достаточно медленно для того, чтобы в силу гравитационного притяжения между различными галактиками расширение Вселенной замедлялось и в конце концов прекращалось. После этого галактики начинают приближаться друг к другу, и Вселенная начинает сжиматься.» «В модели второго типа расширение Вселенной происходит так быстро, что гравитационное притяжение хоть и замедляет расширение, не может его остановить.» «Есть, наконец, и модель третьего типа, в которой скорость расширения Вселенной только-только достаточна для того, чтобы избежать сжатия до нуля (коллапса). В этом случае расстояние между галактиками тоже сначала равно нулю, а потом все время возрастает. Правда, галактики "разбегаются" все с меньшей и меньшей скоростью, но она никогда не падает до нуля.»

На самом деле, все три случая подробно разобраны самим Фридманом.

Хокинг продолжает: «Но какая же из моделей Фридмана годится для нашей Вселенной? Перестанет ли Вселенная наконец расширяться и начнет сжиматься или же будет расширяться вечно? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно знать нынешнюю скорость расширения Вселенной и ее среднюю плотность. Если плотность меньше некоторого критического значения, зависящего от скорости расширения, то гравитационное притяжение

будет слишком мало, чтобы остановить расширение. Если же плотность больше критической, то в какой-то момент в будущем из-за гравитации расширение Вселенной прекратится и начнется сжатие. Все варианты модели Фридмана имеют то общее, что в какой-то момент времени в прошлом (десять-двадцать тысяч миллионов лет назад) расстояние между соседними галактиками должно было равняться нулю. В этот момент, который называется большим взрывом, плотность Вселенной и кривизна пространства-времени должны были быть бесконечными.»

А.А.Фридман прожил короткую, но яркую жизнь. Он влюбился в науку еще ребенком. Самым страшным наказанием для него было, когда его оставляли без уроков арифметики. В 1906 году два гимназиста, Александр Фридман и его друг, будущий известный математик, Яков Тамаркин опубликовали в немецком журнале *Mathematische Annalen* научную статью, заслужившую похвалу самого Давида Гильберта. В 1914 году Фридман поступил в добровольческий авиационный отряд. Он вычислял углы метания бомб с аэроплана и проверял свои вычисления на практике. «Сегодня летает Фридман», – говорили немецкие солдаты, когда бомбы ложились точно по намеченным целям. Несмотря на очень тяжелое послевоенное, революционное, послереволюционное время, Фридман очень много и напряженно работал. «Нет, я невежда, я ничего не знаю, надо еще меньше спать, ничем посторонним не заниматься, так как вся эта так называемая «жизнь» – сплошная потеря времени», – говорил он. Незадолго до смерти, в июле 1925 года, Фридман поднялся на аэростате с пилотом П. Федосеенко на рекордную по тому времени высоту – 7400 метров. Умер А.А.Фридман от брюшного тифа 16 сентября 1925 года. Работы Фридмана по космологии, его популярную книгу о теории Эйнштейна «Мир как пространство и время», его письма, статьи о его жизни и творчестве – все это можно найти в книге [11] .

Теория Фридмана о расширяющейся Вселенной была экспериментально подтверждена американским астрономом Эдвином Хабблом (1889-1953) в 1953 году. Хаббл обнаружил, что, чем дальше от нас находится галактика, тем большее красное смещение испытывает свет, идущий от нее. Объясняя это красное смещение эффектом Доплера, то есть тем, что галактика удаляется от нас, Хаббл установил закон пропорциональности между скоростью удаления галактики и расстоянием до нее

$$\text{Скорость удаления галактики} = H_0 \times \text{Расстояние до галактики.}$$

Современное значение *постоянной Хаббла* $H_0 = 1/\tau_0$, где $\tau_0 = (12 - 20)$ миллиардов лет, время, принимаемое за примерный возраст Вселенной. Значение критической плотности, определяющей судьбу Вселенной $\rho_{кр} = (0,5 - 1,4) \times 10^{-29} \text{ г/см}^3$.

А.А.Фридман был первым, кто ввел понятие о времени существования Вселенной, он писал в своей первой статье: «Время, прошедшее от сотворения мира, характеризует время, прошедшее от момента, когда пространство было точкой ($R=0$) до нынешнего его состояния ($R=R_0$).» Однако первым, кто осмелился рассмотреть первые доли секунды существования Вселенной был ученик Фридмана Джордж Гамов, который в 1946 – 1948 годах вместе со своими сотрудниками Алфером и Германом, исследовал вопрос о том, что должны сказать о первых трех минутах ранней Вселенной известные физические законы [1] . Гамов, Алфер и Герман пришли к выводу, что в первые секунды во Вселенной основная энергия была сконцентрирована в виде электромагнитного излучения очень высокой температуры и что по мере расширения Вселенной это излучение остывало и в настоящее время его температура порядка 7 К. Это было очень важное предсказание, и в 1965 году два американских физика, Арно Пензиас и Роберт Вильсон совершенно случайно обнаружили это микроволновое излучение, получившее название «реликтового излучения». Пензиас и Вильсон, исследуя радиоизлучение, идущее из созвездия Кассиопеи заметили, что уровень шума, регистрируемого их антенной, намного выше, чем можно было ожидать. Шумовое излучение не зависело ни от времени суток, ни от времени года, что означало, что источник излучения находится за пределами Солнечной системы и даже за пределами нашей Галактики. Это и

было космическое фоновое излучение, предсказанное Гамовым, Алфером и Германом. Температура этого излучения оказалась равной $2,726 \pm 0,005$ К (современное значение). В 1978 году Пензиас и Вильсон получили за свое открытие Нобелевскую премию.

Научная судьба работ Фридмана по космологии была печальной. В «стране победившего социализма», возглавлявшей «борьбу против растленной и гнусной буржуазной идеологии», нельзя было и вспоминать о его работах, поскольку с высоких трибун разоблачались «последователи Эйнштейна», которые «договариваются до конечности мира, до ограниченности его во времени и в пространстве», снабжая «поповщину» «новой аргументацией». Как во времена Галилея церковь постановила считать Землю центром Вселенной, так партия большевиков постановила считать Вселенную статической и бесконечной. А.А.Жданов, слова которого приведены выше, громил в 1947 году не теорию Фридмана, о которой он ничего не знал, а «реакционные теории буржуазных физиков», в том числе, теорию аббата Жоржа Леметра (1894-1966), бельгийского астронома и космолога, который в 1927 году построил более конкретизированную модель нестационарной Вселенной, чем была у Фридмана, отметив в своей статье, что Фридман исследовал проблему нестационарной Вселенной во всей полноте. Имя Фридмана было в незаслуженном забвении до 1963 года, когда, в связи с его 75-летием, А.А.Фридмана было разрешено вернуть русской (тогда еще советской) науке.

Георгий Антонович Гамов был прощен совсем недавно, в конце 90-ых. Конечно, он был очень виноват. В 1933 году уехал на Сольвеевский конгресс и вероломно не вернулся. Не захотел быть сосланным в Сибирь, как его друг Дмитрий Иваненко, или долгие годы провести в лагере, как его научный руководитель профессор Ю.А. Кругов, или год просидеть в тюрьме, как его друг Лев Ландау, и не захотел быть расстрелянным, как его друг Матвей Бронштейн, автор первой серьезной работы по квантовой теории гравитации, талантливый писатель, написавший много популярных книг о науке. За границей Гамов продолжал заниматься наукой и написал много удачных научно-художественных книг. К сожалению, эти книги Гамова, пользовавшиеся большой популярностью во всем мире, в Советском Союзе, если были доступны, то только на польском языке. Сейчас их переводят и издают, но наука уже сильно изменилась за 50 или даже 60 лет, прошедшие с тех пор, как эти книги были написаны. В 1929-1933 годах Гамов был частым и желанным гостем в Харькове. Рассказывают, что незадолго до смерти Гамов вспоминал Харьков, харьковский УФТИ, лошадей, которые паслись на его территории, еще не обнесенной забором с колючей проволокой. В те годы в харьковском УФТИ проходили международные научные конференции, делались открытия. Пауль Эренфест, Нильс Бор, Борис Подольский, Вольфганг Паули, Поль Дирак, Фридрих Хоутерманс, Рудольф Пайерлс, Виктор Вайскопф и многие другие известные физики приезжали в Харьков, были гостями УФТИ и даже работали в институте. И в то же время миллионы людей на Украине умирали от голода. Лошади, которых видел Гамов, были бездомные лошади, оставшиеся без хозяев, которых раскулачили. Затем был разгром института в 1937 году, после которого институт уже не смог оправиться... Сейчас, уже новой властью, старый УФТИ обречен на медленное умирание.

Что же сделал Хокинг?

Он, действительно, очень сильно верит в почти бесконечные возможности человеческого ума. Вероятно, не все из того, что говорит Стивен, нужно воспринимать как истину в последней инстанции. Он – искатель. Он ищет. И иногда он, возможно, говорит ерунду, как и мы все. Но дело в том, что люди должны думать. Люди должны продолжать думать. Они должны пытаться расширить пределы своего знания.

«Что было раньше, курица или яйцо? Было ли у Вселенной начало. А если да, то что было до этого? Откуда взялась Вселенная и куда она направляется?» – такими словами начинается фильм о Стивене Хокинге «Краткая история времени», из которого мы взяли слова Изобели Хокинг о ее сыне. Задавать такие вопросы было не принято в начале 70-ых, когда Хокинг начал серьезно заниматься наукой. К общей теории относительности Эйнштейна все относились с уважением, но к ее обобщениям, к построению единых, фундаментальных, универсальных теорий, пытающихся объяснить все, от устройства элементарных частиц, до происхождения и будущего Вселенной, крупнейшие физики, будучи реалистами, относились скептически. Так, известны слова В. Паули из письма к А. Саламу, относящиеся к концу 60-ых: «Уже давно я усвоил правило, что если теоретик говорит *универсальный*, то это, скорее всего, означает несусветную чепуху.» Частично в таком отношении к универсальным теориям был виноват Эйнштейн, в течение 40 лет безуспешно разрабатывавший единую теорию поля. Гамов, близко знавший Эйнштейна, пишет в своей «Биографии физики»: «... годы шли, а проблема представлялась все более безнадежной. Время от времени Эйнштейн объявлял о новых уравнениях, которые, как он утверждал, должны были разрешить проблему единой теории поля. Эти сложные тензорные уравнения печатались на первых страницах «Нью Йорк Таймс» и других газет всего мира. Однако уравнения всегда оказывались несовершенными, о них забывали и ждали новых... Когда автор (Дж. Гамов) во время II мировой войны навещал Эйнштейна в его тихом доме в Принстоне, то находил его всегда полным обаяния и вспоминает много поучительных и интересных разговоров о самых различных достижениях современной физики. На столе Эйнштейна лежали разбросанные листы бумаги, заполненные сложными тензорными выражениями, относящимися к единой теории поля. Но об этом Эйнштейн никогда не разговаривал. Сейчас он наверняка в раю и должен знать, на правильном ли пути он находился, пытаясь геометризовать всю физику.»

Сейчас ясно, что Эйнштейн был на правильном пути, но гравитация и электромагнетизм, которые он пытался объединить, это была далеко, и очень далеко, не вся физика. Когда Эйнштейн разрабатывал свою единую теорию поля, элементарных частиц насчитывалось чуть больше десяти (вместе с античастицами). Когда Хокинг учился в Окфорде, их было уже почти три десятка. Сейчас их сотни и сотни. Уже никто не называет их «элементарными». Хотя среди частиц есть и «элементарные», такие, как электрон, нейтрино, фотоны, кварки, которые не составлены из других частиц, как протон, или нейтрон, например, составлены из кварков. Эйнштейн не мог знать, что, единую Теорию Всего можно построить только, если эта теория охватывает все существующие в природе поля и частицы.

В начале 70-ых решиться заниматься всерьез такими несолидными вещами, как гравитация и космология, могли только единицы. Так, например, в Советском Союзе Я.Б. Зельдович (1914-1987) и А.Д. Сахаров (1921-1989) пришли в гравитацию и космологию из Арзамаса, где они делали водородную бомбу и стали трижды Героями социалистического труда. Они привыкли в своих расчетах иметь дело с очень высокими давлениями и температурами и их не пугали давления и температуры, возникающие при рождении Вселенной. В США Ричард Фейнман (1918-1988) занялся таким несерьезным делом, как квантование гравитационного поля, уже прославив свое имя замечательными работами по квантовой теории. Ричард Фейнман прошел хорошую школу в Лос Аламосе, где вместе с другими выдающимися физиками мира делал атомную бомбу. За 40 лет, которые прошли с тех пор, как Хокинг работает в физике, все разительно изменилось. Занятие гравитацией и космологией стало чуть ли не самым престижным занятием. Возможность объяснить свойства Вселенной и ее судьбу, исходя из теории Эйнштейна и физики микромира, уже не представляется чем то несбыточным. Более того, Хокинг считает, что физика достигла такого уровня, что в наши дни такое объяснение уже стало реальностью (конечно, не все настроены так оптимистично, как Хокинг).

Хокинг, Пенроуз и теория сингулярностей. В октябре 1962 года двадцатилетний Хокинг приезжает в Кембридж, чтобы делать диссертацию под руководством знаменитого астрофизика Фреда Хойла. Но ему назначают в руководители неизвестного ему Дениса Сиаму. «Однако потом оказалось, что это было и к лучшему: Хойл проводил много времени за границей, и, вероятно, я бы не часто с ним виделся, а Сиам был на месте и всегда подстегивал меня, хотя зачастую я и не разделял его идей», – писал впоследствии Хокинг.

В теории Фридмана Вселенная возникла из точки. В момент возникновения Вселенной ее объем был равен нулю, а, следовательно, ее плотность бесконечной (если, конечно, масса Вселенной в момент ее возникновения не равнялась нулю). Считалось, что такое особое, *сингулярное*, решение, которое найдено Фридманом, есть результат идеализации (однородность, изотропность) задачи и что реальная Вселенная не начиналась с сингулярности. Однако, в 1965 году английский математик и физик Роджер Пенроуз (род. 1931) доказал теорему о том, что в теории Эйнштейна любое гравитационное сжатие Вселенной, или какого либо другого распределения масс, в каком бы состоянии они не находились, неизбежно кончается сингулярностью. А это означает, как понял Хокинг, что и начинается Вселенная с сингулярности, если теорию Эйнштейна принимать такой, какой она есть, без всяких изменений (к такому выводу он пришел, обратив время, а теория Эйнштейна позволяет это сделать). Правда, Пенроуз, несколько смягчил свой вывод тем, что сформулировал утверждение, что всякая сингулярность, образующаяся в нашей Вселенной, представляет собой невидимую «черную дыру» (выражение «черная дыра» было предложено позднее, в 1969 году, американским физиком Джоном Уилером). Это свойство сингулярностей – быть невидимыми – было названо «космической цензурой».

«В то время, когда Пенроуз доказал свою теорему, я, будучи аспирантом, отчаянно искал какую-нибудь задачу, чтобы защитить диссертацию», – пишет Хокинг. Основываясь на работе Пенроуза, Хокинг закончил диссертацию и успешно ее защитил. Они объединили свои усилия, Пенроуз, с его математическим образованием и культурой, и Хокинг, с его проникающей вглубь вещей интуицией. «В итоге в 1970 году мы с Пенроузом написали совместную статью, в которой наконец доказали, что сингулярная точка большого взрыва должна существовать, опираясь только на то, что верна общая теория относительности и что во Вселенной содержится столько вещества, сколько мы видим. Наша работа вызвала массу возражений, частично со стороны советских ученых, которые из-за приверженности марксистской философии верили в научный детерминизм, а частично и со стороны тех, кто не принимал саму идею сингулярностей как нарушающую красоту теории Эйнштейна. Но с математической теоремой не очень поспоришь, и поэтому, когда работа была закончена, ее приняли, и сейчас почти все считают, что Вселенная возникла в особой точке большого взрыва. По иронии судьбы мои представления изменились, и теперь я пытаюсь убедить физиков в том, что на самом деле при зарождении Вселенной никакой особой точки не было...»

В 1994 Роджер Пенроуз за свои достижения в науке получил рыцарское звание и стал сэром Роджером Пенроузом. Пенроуз – автор популярных книг о науке «Новый ум императора: о компьютерах, разуме и о законах физики», «Тени разума: в поисках несуществующей науки о сознании». Кроме открытий, связанных с теорией черных дыр и другими сложными теориями, в 1974 году Пенроуз сделал неожиданное открытие в теории покрытий плоскости конечным числом плиток («мозаики Пенроуза»). До 1974 года все, как оказалось, без оснований, считали, что, если конечным числом плиток (двумя, например) можно покрыть плоскость, то такое покрытие будет обязательно периодическим. Пенроуз предъявил контрпример, найдя две плитки, покрывающие плоскость непериодическим узором (см. рис), и построил теорию таких необычных покрытий.

Хокинг, Торн и черные дыры. В 1996 году журнал «Playboy» опубликовал портрет обнаженной женщины с подписью "Софья Васильевна Ковалевская (1850-1891). Русский математик, первая женщина - член-корреспондент Петербургской академии наук, известна трудами по математическому анализу (дифференциальные уравнения) и механике (вращение

твердого тела вокруг неподвижной точки)". Оскорбленная Российская академия наук, считая себя правопреемницей Петербургской академии наук, подала в суд на журнал «Playboy». Суд признал, что «использование имени Софьи Васильевны Ковалевской в качестве иллюстрации к эротическому изображению женщины ущемляет ее честь и достоинство, носит оскорбительный характер, в связи с чем признал исковые требования Российской академии наук в данной части обоснованными и подлежащими удовлетворению.» В то же время «факт причинения нравственных и физических страданий Российской академии наук» судом установлен не был [13].

Не менее, чем Российская академия наук, были оскорблены жена, сестры и мать профессора Кипа Торна, выдающегося американского физика-теоретика, специалиста по релятивистской космологии, когда в 1990 году он стал получать по почте эротический журнал «Penthouse» [14]. Выписал Кипу Торну этот журнал Стивен Хокинг, тем самым признав, что существование черных дыр можно считать полностью доказанным. В 1975 году казалось вполне вероятным, что невидимая компонента двойной звезды Лебедь X-1 – это черная дыра. «Черная дыра представляется единственным совершенно естественным объяснением наблюдений. Несмотря на это, я заключил пари с Кипом Торном из Калифорнийского технологического института, что на самом деле в Лебеде X-1 нет черной дыры! Для меня это пари - некая страховка. Я очень много занимался черными дырами, и вся моя работа пойдет насмарку, если вдруг окажется, что черные дыры не существуют. Но в этом случае утешением мне будет выигранное пари, а по его условиям я в течение четырех лет буду бесплатно получать журнал «Private Eye». Если же черные дыры все-таки существуют, то Кип будет целый год получать журнал «Penthouse». Заключая пари в 1975 г., мы были на 80% уверены в том, что Лебедь X-1 является черной дырой. Сейчас наша уверенность возросла, я бы сказал, до 95%, но пари остается в силе.» Это Хокинг писал в своей книге в 1988 году, через два года он окончательно признал, что пари он проиграл.

Таким образом, черные дыры существуют. Вернемся к формуле (3), говорящей о том, как течет время вокруг небесного тела сферической формы, масса которого равна M ,

$$T = T_0 \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}},$$

где T_0 – время, текущее на бесконечном расстоянии от небесного тела. Черная дыра соответствует случаю, когда радиус небесного тела меньше его «гравитационного» радиуса

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}.$$

Гравитационный радиус Солнца $r_g \approx 3$ км, гравитационный радиус Земли $r_g \approx 1$ см. Наше Солнце не превратится в черную дыру, поскольку, как было доказано С. Чандрасекаром (1910-1995), если масса звезды меньше чем 1,44 массы Солнца, то такая звезда в конце концов превращается в белого карлика. Если же масса звезды превосходит предел Чандрасекара, то звезда сжимается, взрывается, как сверхновая, и становится нейтронной звездой, или же сжимается так сильно, что скрывается под своим гравитационным радиусом и становится черной дырой. Критическое значение массы звезды, от которого зависит, быть ли звезде в будущем нейтронной звездой, или стать черной дырой, определяется тем, как ведут себя ядерные взаимодействия при очень высоких давлениях, и приблизительно равно 2-3 солнечных массам. При приближении к гравитационному радиусу время начинает течь все медленнее и медленнее и при $r = r_g$ останавливается совсем (сфера радиуса $r = r_g$ называется «горизонтом событий»). При $r < r_g$ время становится мнимым. Мнимое время также останавливается при $r = r_g$. Вспомним теперь фразу из новой книги Хокинга: «...эта остановка реального и мнимого времени (либо останавливаются оба, либо ни одно из

них) означает, что пространство-время обладает температурой, как я открыл это для черных дыр.» В этой фразе говорится о главном открытии Хокинга, сделанном им в 1974 году.

Испарение черных дыр. Автор этих строк был одним из немногих в СССР, кому удалось прочитать статью Хокинга «Взрывы черных дыр?», опубликованную в 248 томе журнала «Nature» [15]. Дело в том, что этот журнал пролежал на столах библиотек только один день. А затем было приказано спрятать журнал в сейфы режимных отделов и никому не выдавать. В злополучном журнале была напечатана антисоветская статья о проблемах, которые иногда возникали в Советском Союзе у людей, связанных с наукой. Вот два примера подобных проблем. В своей новой книге Хокинг рассказывает о последних достижениях в теории суперсимметрии. Суперсимметрия как физическая теория была открыта в Москве Ю.А. Гольфандом и Е.П. Лихтманом и в Харькове Д.В. Волковым и В.П. Акуловым в 1971 – 1972 годах. За это открытие Ю.А. Гольфанд (1922-1993) был назван в одной из статей о нем «великим физиком XX века». В 1972 году Ю.А. Гольфанд, как раз в то время, когда он писал и печатал работы, прославившие советскую науку, был уволен из Физического института академии наук, как «бездельник». (О подробностях этого постыдного увольнения можно прочитать в «Воспоминаниях» А.Д. Сахарова.) Второй пример. Известный американский космолог Александр Виленкин окончил физический факультет Харьковского университета в 1971 году. В университет в аспирантуру его взять было нельзя (семейственность: отец работал на географическом факультете), у Института Радиоэлектроники отобрали место аспирантуры для того, чтобы не брали Виленкина. В конце концов, Александр Виленкин вынужден был в 1976 году уехать в США, где, к счастью, его научная судьба сложилась удачно. Виленкин – один из оппонентов Хокинга в вопросе о происхождении Вселенной. В январе 2002 года, когда отмечалось 60-летие Хокинга, Виленкин был одним из его гостей.

Перейдем теперь к открытию Хокинга. В 1973 году он был в Москве и разговаривал о черных дырах с Я.Б.Зельдовичем и А.А.Старобинским, которые убедили Хокинга в том, что вращающаяся черная дыра может испускать электромагнитные волны и другие частицы. Но Хокингу не понравилось то, как Я.Б.Зельдович и А.А.Старобинский делали математические расчеты. Он решил проверить их вычисления другим способом. Хокинг рассказывает в своей книге: «Я ожидал получить лишь то излучение, которое Зельдович и Старобинский предсказали, рассматривая вращающиеся черные дыры. Но, выполнив вычисления, я, к своему удивлению и досаде, обнаружил, что даже невращающиеся черные дыры, по видимому, должны с постоянной интенсивностью рождать и излучать частицы. Сначала я решил, что, вероятно, одно из использованных мной приближений неправильно. Я боялся, что если об этом узнает Бикенстин, то он этим воспользуется для дальнейшего обоснования своих соображений об энтропии черных дыр, которые мне по-прежнему не нравились. Однако чем больше я размышлял, тем больше убеждался в том, что мои приближения на самом деле правильны. Но меня окончательно убедило в существовании излучения то, что спектр испускаемых частиц должен быть в точности таким же, как спектр излучения горячего тела... С тех пор многие самыми разными способами повторили мои расчеты и тоже подтвердили, что черная дыра должна испускать частицы и излучение, как если бы она была горячим телом, температура которого зависит только от массы черной дыры – чем больше масса, тем ниже температура.» Результат Хокинга был полной неожиданностью. Считалось, что черная дыра может только поглощать все, что в нее падает, и все, что в нее падает, уже никак вырваться из нее не может. В фильме «Краткая история времени» Хокинг рассказывает: «Я все еще был не уверен в своем открытии, поэтому рассказал о нем лишь немногим коллегам. Но информация вскоре распространилась. Мне позвонил Роджер Пенроуз. Это было в день моего рождения. Он был очень взволнован и говорил так долго, что праздничный обед совсем остыл. Было очень жалко. Потому что на обед был гусь, которого я очень люблю.» Но через некоторое время Хокингу удалось убедить в своей правоте не только себя, но и других: «Вывод о том, что черные дыры могут испускать излучение, был первым предсказанием, которое существенным образом основывалось на обеих великих теориях нашего века – общей теории относительности и квантовой механике.

Вначале этот вывод встретил сильное противодействие, так как шел вразрез с распространенным представлением: "Как черная дыра может что бы то ни было излучать?" Когда я впервые объявил о своих результатах на конференции в Резерфордской лаборатории под Оксфордом, все к ним отнеслись недоверчиво. В конце доклада председатель секции Джон Тейлор из Королевского колледжа в Лондоне заявил, что все это чепуха. Он даже написал статью, чтобы доказать, что я не прав. Но в конце концов большинство, в том числе и Джон Тейлор, пришли к выводу, что черные дыры должны излучать как горячее тело, если только верны все остальные представления общей теории относительности и квантовой механики.»

Формула, полученная Хокингом для температуры черной дыры, выглядит следующим образом

$$T = 10^{-6} \frac{M_{\odot}}{M} \text{ К}.$$

Таким образом, температура черной дыры с массой Солнца ничтожна, $T \approx 10^{-6}$ К. Время жизни таких черных дыр чрезвычайно велико, порядка 10^{65} лет. Черные дыры с массой около 10^{15} г имеют ядерные размеры около 10^{-13} см и характеризуются очень высокой температурой $T \approx 10^{11}$ К. Такие черные дыры живут около 10^{10} лет и заканчивают существование взрывом, по мощности эквивалентным взрыву 1 миллиона мегатонных водородных бомб (последняя цифра значительно зависит от того, какой представляется структура элементарных частиц, например от того, сколько необходимо кварков для полного описания свойств всех частиц).

Предсказанные Хокингом квантовомеханические свойства черных дыр оказались неожиданными и удивительными. В 1977 году в научно-популярной статье «Квантовая механика черных дыр» Хокинг писал (редактор книги [16] только после долгого сопротивления пропустила эту цитату из Хокинга: в советское время не полагалось употреблять в научной книге слово «Бог»): «Пожалуй, Эйнштейн ошибся вдвойне, сказав: «Бог не играет в кости». Исследование излучения частиц черными дырами, по-видимому, говорит о том, что Бог не только играет в кости, но иногда забрасывает их туда, где их невозможно увидеть.»

Рождение Вселенной. Когда Хокинг познакомился с Я.Б. Зельдовичем, он пошутил, сказав, что раньше он думал, что «Зельдович» – это название целого научного института: такова была научная продуктивность Зельдовича. В своей статье «Возможно ли образование Вселенной «из ничего?»» [17] Я.Б. Зельдович пишет: «Человек, живо и наглядно ощущающий всю огромность пространства и массы, открывающихся современным телескопам, не может остаться равнодушным. Соответствующие величины потрясают воображение настолько, что ощущаешь головокружение. Первым, естественным следствием этого потрясения является отвращение к теории расширяющейся Вселенной. Неужели все великолепие и громадность Вселенной когда-то умещалось в шаре размером в несколько сантиметров? И еще более диким кажется вопрос: неужели все сущее, все наблюдаемое могло образоваться буквально «из ничего?» Но, что такое «ничего», или на профессиональном языке «вакуум»? В одной из своих статей Я.Б. Зельдович объяснял, что такое «вакуум», рассказав историю о том, как известный химик И.А. Каблуков однажды продавал газированную воду с сиропом на благотворительном базаре. У каждого покупателя он спрашивал: «Скажите, пожалуйста, а с каким Вам сиропом, яблочным, клубничным или малиновым?» Один человек попросил воду без сиропа. И.А. Каблуков вежливо спросил: «Скажите, пожалуйста, а без какого Вам сиропа, без яблочного, без клубничного или без малинового?» Вакуум определяется в физике как нечто, где нет фотонов, нет электронов и позитронов, нет протонов и антипротонов, нейтрино и антинейтрино, кварков и антикварков и т.д. Открытие любой новой частицы изменяет свойства вакуума. Вакуум – это очень сложное образование. Так А.Д. Сахаров показал в 1967 году, что уравнения общей теории

относительности Эйнштейна (и квантовые поправки к ним), можно вывести, исследуя вопрос о том, как гравитационное поле воздействует на вакуум (это одна из самых знаменитых работ Сахарова по теоретической физике). Испарение черных дыр, открытое Хокингом, заключается в том, что черные дыры вырывают из вакуума то, чего в нем нет, но незримо присутствует в виде квантовых флуктуаций. Как тут не вспомнить Демокрита, который называл видимый мир «существующим», а пустоту – «несуществующим», и учил, что «существующее» существует ничуть не в большей мере, чем «несуществующее».

Стивен Хокинг много внимания в своих работах уделял и уделяет рождению Вселенной. Очень важную роль в его рассуждениях играет введенное им «мнимое» время. «Мнимое» время связано с мнимой единицей $i = \sqrt{-1}$. Когда-то Леонард Эйлер вывел замечательную формулу

$$e^{it} = \cos t + i \sin t.$$

Эйлер говорил, что эта формула потрясла его больше, чем если бы перед ним явился живой ангел. (Кстати, величайший математик, Леонард Эйлер долгие годы в Третьяковской галерее числился как «неизвестный старик». Только в 1984 году ученые Третьяковской галереи установили, что на портрете 1778 года кисти известного художника Ж.Ф.А. Дарбеса изображен Леонард Эйлер. Гравюра С.Г. Кютнера 1780 года с портрета Ж.Ф.А. Дарбеса (см. рис.) была очень давно и хорошо известна и содержится во многих книгах, в которых рассказывается о Леонарде Эйлере.) Если в формуле Эйлера считать переменную t временем и считать, что эта формула описывает некоторое движение, то можно увидеть разительное отличие между реальным (действительным) и мнимым временем: в реальном времени движение происходит в конечных пределах, поскольку косинус и синус не превосходят по абсолютному значению единицы, если же перейти к мнимому времени $t \rightarrow it$, то движение станет неограниченным. Перейдя в своих исследованиях рождения Вселенной к мнимому времени, Хокинг получил Вселенную, у которой нет никаких границ ни в пространстве, ни во времени. Пространство-время при переходе к мнимому времени напоминает замкнутую сферу. Понимая, что переход к мнимому времени представляется очень странной процедурой, Хокинг пишет: «Может быть, следовало бы заключить, что так называемое мнимое время – это на самом деле есть время реальное, а то, что мы называем реальным временем, – просто плод нашего воображения. В действительном времени у Вселенной есть начало и конец, отвечающие сингулярностям, которые образуют границу пространства-времени и в которых нарушаются законы науки. В мнимом же времени нет ни сингулярностей, ни границ. Так что, быть может, именно то, что мы называем мнимым временем, на самом деле более фундаментально, а то, что мы называем временем реальным, – это некое субъективное представление, возникшее у нас при попытках описать, какой мы видим Вселенную... не имеет смысла спрашивать, что же реально – действительное время или время мнимое? Важно лишь, какое из них более подходит для описания.

Из представления о том, что пространство и время образуют замкнутую поверхность, вытекают также очень важные следствия относительно роли Бога в жизни Вселенной. В связи с успехами, достигнутыми научными теориями в описании событий, большинство ученых пришло к убеждению, что Бог позволяет Вселенной развиваться в соответствии с определенной системой законов и не вмешивается в ее развитие, не нарушает эти законы. Но законы ничего не говорят нам о том, как выглядела Вселенная, когда она только возникла, – завести часы и выбрать начало все-таки могло быть делом Бога. Пока мы считаем, что у Вселенной было начало, мы можем думать, что у нее был Создатель. Если же Вселенная действительно полностью замкнута и не имеет ни границ, ни краев, то тогда у нее не должно быть ни начала, ни конца: она просто есть, и все! Остается ли тогда место для Создателя?»

Физики и ученые богословы, Хокинг и Бог.

После того, как Гагарин уже достаточно времени провел на земле после своего полета, вызывает его к себе Никита Сергеевич Хрущев, закрывает и запирает за ним дверь своего кабинета, ведет в дальний угол и говорит шепотом: «Давно я тебя хотел спросить, Юра. Ответь мне искренне, только искренне, а Его, Самого, или Его ангелов ты там видел?» Гагарин тоже наклонился к уху Хрущева и отвечает ему тоже шепотом: «Видел, Никита Сергеевич...» «Я так и знал! – прошептал горестно Хрущев. – Ну, а теперь прошу тебя, даже приказываю – никогда, никому не говори об этом!» «Слушаюсь, Никита Сергеевич!» – сказал Гагарин. Через несколько лет Гагарин путешествовал по Европе, посетил Ватикан и был принят Папой. Перед концом аудиенции Папа попросил оставить их одних, закрыл и запер дверь кабинета, отвел его в уголок и прошептал: «Ответь мне искренне, сын мой, только искренне, а Его, Самого, или Его ангелов ты там видел?» – Гагарин вспомнил, что он обещал Хрущеву и отвечает: «Нет, не видел, Ваше Святейшество». – «Я так и знал, – прошептал горестно Папа. – Только очень прошу тебя, сын мой, никому не говори об этом».

Из рассказов П.Л.Капицы

В августе 1990 года в подмосковном городе Дубне, в Объединенном институте ядерных исследований состоялась Всесоюзная конференция физиков, философов и ученых богословов из Московской Духовной Академии. Было непривычно видеть в стенах физического института высоких, стройных молодых людей в черных рясах, во главе с епископом Никандром. К концу второго дня заседаний кто-то из физиков сообразил, что выражения «товарищ епископ Никандр», «товарищ игумен Алипий» или «товарищ отец Александр» звучат несколько странно. Возник вопрос: «Как же вас называть?» Епископ Никандр (сам в прошлом физик) предложил: «Есть хорошее русское слово «братья», так нас и называйте!». Вскоре по радио прозвучало сообщение: «Братья и товарищи! У Якова Абрамовича Смородинского украли книгу Роджера Пенроуза о компьютерах, а у епископа Никандра украли ... » Это тот самый Роджер Пенроуз, на результатах которого основывались первые работы Хокинга. И в этом, 1990 году вышло русское издание книги Хокинга. Я.А. Смородинский – редактор этого издания и автор послесловия к переводу, который был сделан его дочерью Н.Я. Смородинской с экземпляра книги, подаренного Я.А. самим Хокингом в июне 1988 года, когда Хокинг приезжал в Ленинград на конференцию, посвященную 100-летию со дня рождения А.А. Фридмана.

У епископа Никандра украли книгу, подаренную ему православным экстрасенсом Анатолием Мартыновым, которому Его Преосвященство за полчаса до сообщения по радио объявил, что тот должен быть предан анафеме и отлучен от церкви. Вина А. Мартынова заключалась в том, что он, превратно понимая, кто такой Иисус Христос, однажды оживил, как думали, умершую девочку, от которой врачи уже отказались. «А добро можно творить, – просветили «товарищей» «братья», – только во имя Христа, но Христа, правильно понимаемого». А правильно понимает Христа, как они объяснили, только православная церковь. На вопрос: «Имеют ли право индийские врачеватели лечить людей, не разделяя догматов православной церкви?» «братья» ответили однозначно: «Нет, не имеют!» Физикам и философам было не по себе. Казалось, что они попали во времена Бруно и Галилея.

Если исключить эпизод с экстрасенсом Мартыновым, то в общем ученые богословы произвели благоприятное впечатление на участников (а, особенно, на участниц) конференции в Дубне. Умные, образованные, с хорошо натренированным логическим мышлением. Первое, в чем они упрекнули физиков и философов, это то, что употребляя слово «Бог», те

не очень то хорошо понимают, что они при этом имеют в виду. Богословы разъяснили, что богословие – это нечто, вроде геометрии: есть определения и аксиомы, из них выводятся следствия. В частности, определение того, что такое «Бог», содержится в Библии и заключается в следующем: «Бог есть Дух, Творец всего сущего, имя Ему – Любовь». Но понять ученых богословов было очень трудно. Так, например, процитировав Иисуса Христа, сказавшего: «Я есть Путь, Истина и Жизнь», епископ Никандр в своем докладе в Дубне продолжает: «Таким образом, христианская истина – это нескрытость личностного бытия... Нескрытость истины не может быть исчерпана никакой овнешвляющей ее формой и даже не может быть доступна абстрагировавшемуся от личности и извне наблюдающему мышлению, способному воспринять такую форму...» Удивляло также, что «братья», как и полагалось Его Преосвященству и Их Высокопреподобиям, всего время цитировали Библию, предлагая «товарищам» всерьез воспринимать то, что написано в Библии о сотворении мира. Но даже верующий Галилей говорил отцам-инквизиторам, что «священное писание вне его понимания», когда Библия привлекалась ими для доказательства того, что «брeдни Коперника» являются «лжеучением». Глубоко верующий Ньютон отрицал догмат троицы и неправильно понимал Христа, поскольку не был православным христианином.

Вся эта история о конференции в Дубне рассказана для того, чтобы подчеркнуть, что проблема об участии Творца в сотворении мира – это очень тонкий вопрос и неверующим физикам трудно сказать по этому поводу что-нибудь содержательное. Стоит отметить, что за 10 с лишним лет, прошедших с тех пор, как состоялась конференция в Дубне, некоторые из «товарищей» превратились в «братьев». Так, например, один серьезный специалист по принципиальным вопросам квантовой механики стал священником и в своем докладе, посвященном квантовым парадоксам [18], уже будучи одним из «братьев», так обосновывает существование Творца: «... цельность и единство мира, проступающие так рельефно и ярко, конечно, приводят к единому Творцу. Ему и слава во веки!»

Хокинг в своей книге много внимания уделил процессу над Галилео Галилеем. Добавим некоторые подробности. В 1616 году ученые богословы постановили: «Считать землю не центром вселенной и не неподвижною – есть мнение нелепое, философски ложное и с богословской точки зрения также противное духу веры.» Галилею было приказано не пропагандировать впредь учение Коперника «каким бы то ни было образом». (Как в старом анекдоте сталинских времен. Сидят три заключенных в камере. «Ты за что сидишь?» - «Я хвалил Радека.» «А ты за что?» - «Я ругал Радека.» «А ты за что?» - «А я Радек!») Таким образом, ни хвалить, ни ругать Радека (то есть, Коперника) Галилею не позволялось. Но, как пишет С.Хокинг, «в 1623 году один из старых друзей Галилея стал Римским Папой». Действительно, новый Папа Урбан VIII благоволил к Галилею и даже сочинял в его честь латинские стихи. Галилею были известны слова Папы по поводу декрета, запретившего учение Коперника: «Если бы это зависело от Нас, то тот декрет не был бы издан». Галилей решил пойти на хитрость: проповедовать учение Коперника, как будто бы осуждая его. «Что касается коперниковой системы, то мы, католики, имеем счастье высшею мудростью быть спасены от заблуждения и исцелены от слепоты» – писал он в 1623 году в письме своему любимому ученику Бенедетто Кастелли. План злополучной книги Галилея «Диалог о двух важнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой» был одобрен Урбаном VIII, а название книги придумано самим Папой. В предисловии книге, вышедшей с разрешения цензуры в 1632 году, по совету Папы, Галилей сделал вид, что издание «мудрого» декрета, запретившего в Италии учение Коперника, было им, Галилеем, как специалистом, одобрено, и что цель его книги – убедить читателя в ложности учения о подвижности Земли. Но отцы-инквизиторы прекрасно понимали, что к чему, и напомнили Галилею, что в 1616 году ему было строжайше запрещено придерживаться системы Коперника и распространять ее «каким бы то ни было образом». Графологическая экспертиза показала [19], что в 1633 году они подделали протоколы «отеческих собеседований» с Галилеем 1616 года, вставив в них слова *quovis modo* (каким бы то ни было образом). Процесс над Галилеем и его осуждение надолго затормозили развитие науки в Италии. До конца жизни Галилей считался узником Святой

Инквизиции, хотя, в действительности, он находился под домашним арестом и продолжал свои научные изыскания, писал новую книгу. Ему помогали его ученики. В 1637 году Галилей совсем ослеп. Умер Галилей в 1642 году, в котором родился Исаак Ньютон.

31 октября 1992 года Иоанн Павел II на приеме для членов Папской Академии объявил приговор суда инквизиции от 1633 года «трагическим недоразумением». Иоанн Павел II – большой друг ученых. Он дружил с учеными и, особенно, с физиками еще в Кракове, когда был там епископом, архиепископом и кардиналом Каролом Войтылой. (Когда в 1978 году он приехал в Рим уже как Папа Римский, он спросил у римских кардиналов: «А какой процент кардиналов у вас в Риме катается на лыжах?» – «Ноль процентов», – ответили кардиналы. «А у нас в Польше 80 процентов кардиналов катаются на лыжах». – «Как, – воскликнули кардиналы, – ведь у вас в Польше всего два кардинала!» – «А разве кардинал такой-то не сойдет за 80 процентов?» – ответил Папа.) На встрече с физиками Европейского Физического Общества 30 марта 1979 года Иоанн Павел II сказал: «Вы согласитесь со мной, что есть связь между Верой и Наукой. Церковь всегда утверждала это, а один из основателей современной науки, Галилей, писал: «И Священное Писание и Природа происходят от божественного Слова: первое продиктовано Святым Духом, а вторая – верный исполнитель предписаний Бога»».

С. Хокинг пишет в своей книге: «... в 1981 г., когда я был на конференции по космологии, организованной в Ватикане отцами-иезуитами, во мне опять проснулся интерес к вопросу о возникновении и гибели Вселенной. Католическая Церковь совершила большую ошибку в своих взаимоотношениях с Галилеем, когда, пытаясь подчинить закону вопрос науки, объявила, что Солнце обращается вокруг Земли. Теперь, через века, Церковь решила пригласить специалистов и получить у них консультацию по космологии. В конце конференции участники были удостоены аудиенции Папы. Он сказал, что эволюцию Вселенной после большого взрыва изучать можно, но не следует вторгаться в сам большой взрыв, потому что это был момент Сотворения и, следовательно, Божественный акт. Я был очень рад, что Папа не знал темы только что сделанного мной доклада о возможности того, что пространство-время конечно и не имеет границ, то есть, что оно не имеет начала, а значит, нет и момента Сотворения.»

Исаак Ньютон 300 с лишним лет назад писал в своих знаменитых «Началах»: «... изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа... Подобно тому как слепец не имеет представления о цветах, так и мы не имеем представления о тех способах, коими всеумудрейший Бог все чувствует и все постигает... Всякое разнообразие вещей, сотворенных по месту и времени, может происходить лишь от мысли и воли существа необходимо существующего... Вот что можно сказать о Боге, рассуждение о котором, на основании совершающихся явлений, конечно, относится к предмету натуральной философии.»

Ньютону Бог был нужен для того, чтобы создать и запустить солнечную систему в движение. Хокинг идет дальше и утверждает, что Вселенная не нуждается в Создателе. Но, не желая «разделить судьбу Галилея», – как он пишет, – Хокинг подчеркивает, что «это свидетельствует не о существовании или отсутствии Бога, а лишь о том, что у него не было выбора».

К разделу «Расширяющаяся Вселенная и большой взрыв» эпиграфом взяты слова А.А. Фридмана, которыми кончается его популярная книга о теории Эйнштейна «Мир как пространство и время». В этой книге А.А. Фридман частично рассказывает и о своей теории нестационарной Вселенной. Приводя четыре строки из большого стихотворения Г.Р. Державина, и, повидимому, соглашаясь с ним, А.А. Фридман рассчитывал на то, что читатель помнит и предыдущие строки:

Дух всюду сущий и единый,
Кому нет места и причины,
Кого никто постичь не мог,

Кто все Собою наполняет,
Объемлет, зиждет, сохраняет,
Кого мы называем: Бог.
Измерить океан глубокий,
Сочесть пески, лучи планет
Хотя и мог бы ум высокий, —
Тебе числа и меры нет!

Стивен Хокинг не разделяет мнения Державина, в связи с чем Я.А.Сморodinский назвал Хокинга «неисправимым оптимистом». Хокинг считает, что полная теория, Теория Всего, объясняющая устройство и происхождение Вселенной, практически уже создана. В книге «Краткая история времени» Хокинг пишет об этой теории: «... со временем ее основные принципы станут доступны пониманию каждого, а не только нескольким специалистам. И тогда все мы, философы, ученые и просто обычные люди, сможем принять участие в дискуссии о том, почему так произошло, что существуем мы и существует Вселенная. И если будет найден ответ на такой вопрос, это будет полным триумфом человеческого разума, ибо тогда нам станет понятен замысел Бога.»

В одном из своих многочисленных интервью Стивен Хокинг сказал: «Я рад тому, что мне уже удалось, но я хотел бы сделать гораздо больше, прежде чем уйду». Что же, от всей души пожелаем Хокингу, чтобы его желание исполнилось!

Литература.

1. Hawking S.W. A Brief History of Time: from the Big Bang to Black Holes. — Toronto New York London Sydney Auckland: Bantam Books, 1988. — 198 p.
2. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр: Краткая история времени. — М.: Мир, 1990. — 168 с.
3. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр: Краткая история времени. — СПб.: Амфора, 2000. — 268 с.
4. Hawking S.W. The Universe in a Nutshell. — Toronto New York London Sydney Auckland: Bantam Books, 2001. — 226 p.
5. Overbye D. Cracking the Cosmic Code With a Little Help From Dr. Hawking// New York Times. — 2001. — December 11.
6. Мошковский А. Альберт Эйнштейн. — М.: Работник просвещения, 1922. — 210 с.
7. Окунь Л.Б., Селиванов К.Г., Телегди В.Л. Гравитация, фотоны, часы//Успехи физических наук. — 1999. — Т. 169, № 9. — С. 1141-1147.
8. Окунь Л.Б. Понятие массы (масса, энергия относительность)//Успехи физических наук. — 1989. — Т. 158, вып. 3. — С. 511-530.
9. Окунь Л.Б. О письме Р.И. Храпко «Что есть масса?»//Успехи физических наук. — 2000. — Т. 170, № 12. — С. 1366-1371.
10. Гамов Дж. Моя мировая линия. — М.: Наука, 1994. — 304 с.
11. Фридман А.А. Избранные труды. — М.: Наука, 1966. — 463 с.
12. Вайнберг С. Первые три минуты. — М.: Энергоиздат, 1981. — 208 с.
13. Петренко Л.Ф. Оскорбление человека не имеет срока давности//Вестник Российской академии наук. — 1998. — Т. 68, № 7. — с. 672.
14. Thorne Kip S. Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. — New York City: W. W. Norton Publishers, 1994. — 619 p.
15. Hawking S. Black Holes Explosions?//Nature. — 1974. — V. 248. — p. 30.

16. Бакай А.С., Степановский Ю.П. Адиабатические инварианты. – Киев: Наукова думка, 1981. – 284 с.
17. Зельдович Я.Б. Возможно ли образование Вселенной «из ничего»?// Природа. – 1988. – №4.
18. Александр Белинский, Физика как притча//Опыты. – 2000. – №3. – С. 77-87.
19. Выгодский М. Я. Галилей и инквизиция. – М.-Л.: ГТТИ, 1934. – 267 с.