

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний Університет імені В.Н. Каразіна
Фізичний факультет
Кафедра астрономії та космічної інформатики

“Допущено до захисту”

В.о. зав. Кафедри астрономії
та космічної інформатики

Шкуратов Ю.Г.

13.06.2025



Оцінка “відмінно”

Голова ЕК

проф. Іванова Олександра

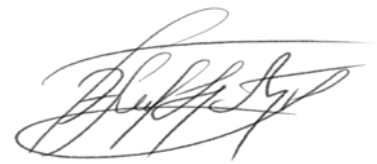
19.06.2025



Мазнева Катерина Михайлівна

“Використання мистецьких проєктів для популяризації астрономії”

Кваліфікаційна робота на
здобуття освітнього ступеня
«Бакалавр» за спеціальністю
104 – «фізика та астрономія»
освітньо-професійна програма
«астрономія та космічна
інформатика»



Науковий керівник – Провідний
науковий співробітник НДІ
Астрономії ХНУ, д. ф-м. н.
О. А. Голубов



Харків 2025

Анотація

Мазнева К.М. Використання мистецьких проєктів для популяризації астрономії. - Рукопис.

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня “Бакалавр” за спеціальністю 104 – «фізика та астрономія». - Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. - 58 с. Іл. 18.

У роботі досліджено можливість популяризації астрономії через мистецтво як засіб подолання складності наукових понять і залучення широкої аудиторії.

Розглянуто історичні й сучасні приклади взаємодії астрономії та мистецтва, вплив різних видів мистецтва на сприйняття космічних тем, а також культурні та наукові образи планет і Сонця. У практичній частині створено серію художніх моделей небесних тіл, що поєднують наукову основу з візуальним осмисленням.

Таким чином, робота демонструє потенціал міждисциплінарного підходу в науковій комунікації та відкриває нові шляхи для залучення людей до пізнання Всесвіту.

Ключові слова: Сонячна система, моделі, мистецтво, популяризація астрономії

ЗМІСТ

1 ПОПУЛЯРИЗАЦІЯ НАУКИ ЧЕРЕЗ МИСТЕЦТВО	5
1.1 Від міфу до істини: мистецтво як провідник науки в давні часи	5
1.2 Астрономія та мистецтво в сучасності	7
2 СОНЯЧНА СИСТЕМА	12
2.1 Сонце	12
2.2 Меркурій	14
2.3 Венера.....	15
2.4 Земля.....	16
2.5 Марс.....	17
2.6 Юпітер.....	19
2.7 Сатурн	20
2.8 Уран	22
2.9 Нептун	24
3 РОЗРОБКА ТА КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ.....	26
3.1 Опис техніки та розробка концепту	26
3.2 Меркурій	28
3.3 Венера.....	30
3.4 Земля.....	32
3.5 Марс.....	33
3.6 Уран і Нептун	35
3.7 Юпітер.....	38
3.8 Сатурн	39
3.9 Сонце	42
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Попри величезне значення астрономії для людства, інтерес широкої аудиторії до неї часто залишається обмеженим. Це може бути зумовлено складністю наукових концепцій, недостатньою освітньою підготовкою або браком ефективних методів популяризації.

Одним із дієвих способів зробити наукові знання доступнішими та привабливішими є мистецтво. Завдяки візуальним, музичним, літературним і театральним формам воно не лише пояснює складні ідеї, а й викликає емоційний відгук, спонукаючи людей до подальшого пізнання.

Метою цієї роботи є створення мистецьких моделей восьми планет Сонячної системи і Сонця. Небесні тіла будуть представлені в оригінальному мистецькому втіленні, що дозволить глядачам по-новому поглянути на них. Особливістю проєкту є його доступність для людей різного віку й професій, що дозволить ширшій аудиторії не лише насолодитися мистецтвом, а й зацікавитися астрономією.

Для ґрунтового аналізу теми необхідно дослідити, як саме мистецтво впливає на людей, а також простежити історичний зв'язок між астрономією та мистецтвом та розглянути сучасні методи популяризації астрономії. Окрім цього, слід детально проаналізувати кожну планету Сонячної системи (а також Сонце) з точки зору її особливостей, що можуть стати ключовими елементами художнього втілення.

Результати цього дослідження можуть стати основою для подальших проєктів, спрямованих на інтеграцію науки й мистецтва з метою поширення наукових знань серед широкої аудиторії.

1 ПОПУЛЯРИЗАЦІЯ НАУКИ ЧЕРЕЗ МИСТЕЦТВО

Астрономія є однією з найдавніших наук, що супроводжує людство ще з часів перших цивілізацій. Незважаючи на те, що спостереження можна було проводити лише найпростішими інструментами, а головним чином - неозброєним оком, люди вже почали розуміти положення небесних тіл, що дало початок такій науці як астрометрія. Проте це все відбувалося головним чином не з допитливості - спостереження за небесними тілами відігравало важливу роль у землеробстві, навігації, релігійних обрядах, а згодом і в наукових відкриттях. Проте, окрім суто наукового значення, астрономія також глибоко вплинула на мистецтво, надихаючи художників, скульпторів, літераторів та музикантів створювати твори, що відображають красу та загадковість Всесвіту.

1.1 Від міфу до істини: мистецтво як провідник науки в давні часи

Перші астрономічні знання з'явилися ще в цивілізаціях Месопотамії, Єгипту та Китаю. Люди використовували небесні карти для прогнозування врожаїв і визначення часу релігійних свят. Вавилоняни створили одні з перших зоряних каталогів і навчилися передбачати затемнення. У Стародавньому Єгипті астрономія відігравала важливу роль у будівництві пірамід, які були орієнтовані за зорями. Китайські астрономи вперше зафіксували появу наднової зорі в 1054 році, що нині відома як Крабоподібна туманність.

В стародавній Греції люди вже намагалися оцінити космічні масштаби за допомогою тригонометрії, і деякі уже в той час доходили до висновків що Земля обертається навколо Сонця, а не навпаки. Ще пізніше Гіппархом був створений перший зоряний каталог, що стало революцією для свого часу. Птолемеєм у свій час описав в «Альмагесті» геоцентричну модель Всесвіту, яка надихнула середньовічних художників на створення зображень космосу у

вигляді небесних сфер. Міфи про сузір'я також знайшли відображення у давньогрецьких вазах і мозаїках.

Сонячні затемнення також відіграли значну роль - у давні часи це явище асоціювалося із чимось дуже поганим, бо люди вважали що таким чином Бог забирає в людей світло за їхні гріхи (або ж деякі цивілізації вважали саме Сонце Богом, і під час затемнення, відповідно Бог відвертався від них). Коли виготовлення зображень було дуже кропітким, люди не хотіли витратити час на те що символізує біду. Пізніше, коли малювання стало доступнішим люди частіше почали зображати затемнення (але в будь якому випадку символіка його була вкрай негативна). Наприклад, вважалося, що розп'яття відбулося під час повного сонячного затемнення, тому “Салернські слонови кістки” 11-го або 12-го століття зображують вмираючого Христа в оточенні сонця та місяця, натякаючи на вірш з Біблії, який стверджує, що «темрява опустилася на всю землю ... Тому що сонце було затьмарене» [14].

У середньовіччі астрономія розвивалася під впливом релігії, що відобразилося і у мистецтві того часу. Проте тепер ініціативу перехопили астрономи із Азії та ісламського світу. Вчені змогли вдосконалити існуючі астрономічні прилади та створити оновлений зоряний каталог (за авторством Улуг-Бега), який пізніше надихнув європейських художників Відродження [2].

У рукописах того часу можна також знайти зображення Всесвіту у вигляді концентричних кіл, де Землю оточує шар “нерухомих зір”, який тримають ангели. На зовнішньому шарі знаходився трон Бога, а у центрі Землі - пекло.

Але концентричні кола були не єдиним способом зображення зоряних систем у середньовічних рукописах. Наприклад також була інтерпретація Землі як “будинку” над яким знаходились інші небесні тіла [3].

Потік відкриттів і винаходів з інших культур і територій став каталізатором відродження науки в Європі епохи Відродження. У цей час

завдяки Миколі Копернику почала закріплюватися теорія про геліоцентричну будову Сонячної системи. Геліоцентрична система відродила дискусію про зоряні паралакси. Астрономи намагалися застосувати їх для визначення відстані до зір, але жодна базова лінія на Землі не була достатньо великою, щоб виявити зоряний паралакс через величезні відстані.

Після того, як Коперник припустив, що Земля обертається навколо Сонця, астрономи зрозуміли, що можна використовувати набагато більшу базову лінію, запропоновану орбітою Землі, для вимірювання зоряних паралаксів [2].

Також роботи Коперника, Галілея та Кеплера дали новий поштовх уявленням про космос, що знайшло відображення у живописі, архітектурі та літературі. Наприклад, Леонардо да Вінчі вивчав астрономію та анатомію, що допомогло йому створювати реалістичні малюнки. Картини із зображеннями зір та планет, створені за допомогою нових наукових методів, демонстрували зміну сприйняття космосу.

1.2 Астрономія та мистецтво в сучасності

У XIX столітті мистецтво продовжувало відігравати важливу роль у популяризації астрономії. У 1895 році астроном Джеймс Водсворт помітив аномалію в тіні Сатурна. Він звернув увагу на поділ Кассіні (великий проміжок між кільцями А і В Сатурна), натяки на темніше забарвлене «крепове кільце» Сатурна (назване на честь темної тканини, яку вікторіанці носили в періоди жалоби) і рух більших супутників планети. Але щось його спантеличило. Тінь Сатурна, що відкидається на його кільця, була дивно загнута усередину та мала увігнуту форму, а не повторювала криву самої кулі. Звичайно, він міг спробувати себе в фотографії: перші фотографії Сатурна були зроблені десятиліттям раніше, в 1885-1886 роках, Полем і Проспером Генрі, нерозлучною парою паризьких братів, які співпрацювали в астрономічних починаннях. Але ранні фотографії були недостовірними, і лише доповнювали,

а не замінювали астрономічні замальовки. Віддалені об'єкти ставали розмитими в дагеротипній фотографії, тоді як ескізи могли відтворювати найдрібніші деталі, побачені оком, обмежені лише талантом художника.

Так Джеймс Водсворт звернувся до художниці Єви Брук, аби вона замалювала усі ті деталі, які неможливо було зафіксувати іншим методом. Її ескізи привернули увагу наукової спільноти, і хоча пізніше виявилось, що це була оптична ілюзія, саме мистецтво допомогло підтвердити або спростувати це явище. Саме ця подія є чудовим прикладом того, що в науці 19-го століття художники виступали як клей, який зв'язував світову астрономічну спільноту разом. Вони були частиною сполучної тканини, яка уможливила співпрацю та експертну оцінку.

Подібна боротьба з візуальними спотвореннями триває й сьогодні: навіть сучасні телескопи, такі як «Габбл» і «Джеймс Вебб», створюють дифракційні артефакти, які потрібно коригувати. Крім того, отримані телескопами зображення часто обробляються, щоб зробити їх зрозумілими для людей. Багато знімків робляться в інфрачервоному або ультрафіолетовому діапазонах, невидимих людському оку. Для того щоб передати цю інформацію, астрономи перетворюють її в видимий спектр, застосовуючи кольорові фільтри. Це дозволяє розрізняти хімічний склад, структуру та температуру космічних об'єктів.

Окрім наукової цінності, такі оброблені зображення виконують ще одну важливу функцію – вони надихають людей. Вражаючі знімки туманностей, галактик та планет пробуджують цікавість до Всесвіту, сприяють популяризації науки і допомагають новим поколінням обрати шлях дослідників.

Але не тільки мистецтво надихає на науку, а й наука надихає на мистецтво. Так, наприклад, після віртуальної лекції планетологині Сабіни

Стенлі текстильні митці створили серію робіт для виставки *Fierce Planets*. Виставка стала результатом партнерства між Hopkins Press, дослідницьким офісом Університету Джона Гопкінса та глобальною мистецькою організацією Studio Art Quilt Associates (SAQA).

Реакція перевершила очікування – у пересувній виставці було представлено 42 роботи, що візуалізують явища, такі як штормові вітри Нептуна, алмазний дощ на Урані та замерзлі моря Європи. Наприклад, художниця Бетті Басбі передала силу Коріоліса через абстрактну композицію з бавовни та шовку, а Долорес Міллер, хімік у минулому, зобразила Землю як «блідо-блакитну точку» на фоні кілець Сатурна.

Клер Пассмор, яка живе на вулканічному острові, створила твір *Hot Stuff*, що відображає вулканічну активність не лише на Землі, а й на інших планетах. Вона наголошує, що мистецтво допомагає краще зрозуміти складні наукові концепції, роблячи їх доступнішими. «Мистецтво має вирішальне значення для прогресу науки; можна стверджувати, що один загинув би без іншого», — зазначає Стенлі [16].

Сьогодні мистецтво не лише підтримує наукове пізнання, а й сприяє популяризації астрономії. Такі картини, як «Зоряна ніч» Ван Гога або «Місячна ніч на Дніпрі» Куїнджі, переносять глядача у світ нічного неба, демонструючи глибокий зв'язок між мистецтвом та космосом. У кінематографі астрономічні теми стали основою для культових фільмів, зокрема «Інтерстеллар», «Марсіанин», «Дюна», «2001: Космічна Одіссея», які не тільки розважають, а й навчають глядачів про космічні подорожі та астрофізику.

Також у наш час технології дали можливість розвивати нові види мистецтва, які пов'язані із наукою. Мет Росс у своєму виступі на TED's розповідає про те як всесвіт створює музику і дає глядачам її послухати [28].

Література також є потужним засобом поширення астрономічних знань. Наприклад, «Марсіанські хроніки» Рея Бредбері показують уявлення про колонізацію інших планет, а книги «Космос» Карла Сагана та «Коротка історія часу» Стівена Гокінга допомагають зрозуміти будову Всесвіту.

Музика, натхненна космосом, охоплює широкий спектр жанрів — від класичної сюїти «The Planets» Густава Холста до рок-альбомів, таких як «Dark Side of the Moon» від Pink Floyd. Пісні на кшталт «Space Oddity» Девіда Бові чи «Across the Universe» The Beatles передають захоплення та таємничість безмежного космосу.

Відеоігри також долучаються до популяризації астрономії. Проєкти, такі як «Mass Effect», «No Man's Sky» та «Destiny», дозволяють гравцям досліджувати віртуальний космос, надихаючи на справжні наукові відкриття.

Крім того, виставки та арт-проєкти, присвячені астрономії, розширюють уявлення людей про космос. Наприклад, «Museum of the Moon» Л'юка Джеррама — це величезна модель Місяця, яка подорожує світом, а «Beyond the Light» NASA демонструє найкращі космічні зображення, отримані за допомогою телескопів. Також виставки «Pale Blue Dot» і «The Moon Museum» поєднують науку та мистецтво, показуючи вплив космосу на нашу культуру.

Як сказав Жуль Верн: «Все, що одна людина може уявити, інші люди можуть зробити реальним».

Мистецтво є важливим інструментом, який формує наше сприйняття Всесвіту. Завдяки розвитку технологій сучасне мистецтво розширює кордони науки, допомагаючи людям краще зрозуміти складні астрономічні концепції. Візуалізації космосу, музичний супровід, кіно та інтерактивні проєкти створюють міст між наукою та культурою, роблячи астрономію ближчою до суспільства. Це підтверджує, що мистецтво — не просто засіб естетичного вираження, а й потужний інструмент наукової комунікації.

2 СОНЯЧНА СИСТЕМА

2.1 Сонце

Сонце — центральна зоря нашої планетної системи, центр обертання планет і основне джерело енергії для Землі. Всередині його ядра, де температура сягає понад 15 мільйонів градусів за Цельсієм, водень перетворюється на гелій — і внаслідок цього утворюється енергія, яка згодом, мандруючи крізь шари Сонця, доходить до нашої планети у вигляді світла й тепла.

Сонце складається переважно з водню (понад 70%) і гелію (майже 28%), і це з'ясування — одне з найбільших наукових відкриттів ХХ століття. Коли Сесилія Пейн-Гапошкін проаналізувала спектри зір у 1925 році, вона дійшла висновку, що Сонце, попри яскравість і масивність, складається в основному з легких елементів. Цей результат спершу не сприймали серйозно — вчені просто не могли повірити, що головне світило — не кам'яниста куля чи щось із важких елементів. Але згодом її робота стала основою для розуміння природи зір загалом. Власне, саме спектроскопія — аналіз світла, розкладеного на кольори — дозволила остаточно довести, що Сонце є однією з мільярдів зір у Всесвіті, і за складом, поведінкою, життєвим циклом воно типовий представник зоряного населення [4 с 505-507, 24 с 13-28].

Його поверхня — фотосфера — це те, що ми зазвичай бачимо неозброєним оком. Температура тут становить приблизно 5 800 °С. Якщо придивитися ближче, можна побачити зернисту структуру — грануляцію. Це клітинки гарячого газу, що постійно піднімаються з глибин, охолоджуються і опускаються назад. Це найдокладніше зображення наймасивнішого об'єкта Сонячної системи, яке стало можливим завдяки високотехнологічним телескопам [4 с 508-509, 23, 24 с 71-78]. У 2020 році Extreme Ultraviolet Imager (EUI) на борту місії Solar Orbiter надіслав найбільш деталізоване повне зображення Сонця в екстремальному ультрафіолеті — воно показало, що

навіть «спокійне» Сонце наповнене мікроевнерженнями — наноспалахами, які, можливо, й нагрівають корону [6].

Хромосфера — тонкий прошарок над фотосферою — світиться рожевим кольором, видимим лише під час повного затемнення. А над нею — сонячна корона: розріджена, але надзвичайно гаряча, до мільйонів градусів. Довгий час це здавалося парадоксом — як може верхній шар бути гарячішим за нижчі? Причини криються в магнітному полі Сонця. Його динамо-механізм генерує змінне магнітне поле, яке закручується й вивергається назовні. Це поле — джерело сонячного вітру: потоку заряджених частинок, що несе із собою магнітну енергію у всі куточки Сонячної системи [4 с 510-512, 24 с 79-110].

Сонячний вітер несе вплив далеко за межі Землі — він формує полярні саява, деформує магнітосфери планет, і є причиною небезпечних космічних бур. Коли відбувається корональний викид маси — гігантська хмара плазми зривається з поверхні Сонця — вона може досягти Землі за кілька днів. Це викликає магнітні бурі, які порушують роботу супутників, GPS, радіозв'язку, а в екстремальних випадках — навіть електромереж. Найвідоміший приклад — буря 1859 року (подія Каррінгтона), яка вивела з ладу телеграфну систему і викликала саява аж до Карибів [4 с 524-526, 24 с 174-179, 35 с 229-233].

До XX століття вчені припускали, що його енергія Сонця має хімічне або гравітаційне походження, однак обчислення показували — такого джерела вистачило б лише на кілька мільйонів років. Лише із розвитком ядерної фізики стало зрозуміло: джерело — термоядерний синтез у надрах. Саме це дозволяє Сонцю світити вже понад 4,6 мільярда років — і, ймовірно, воно світитиме принаймні ще стільки ж [4 с 537-540, 24 с 36-42].

Сонце досліджують по-різному: наземні телескопи на високих плато й вершинах, щоб уникати турбулентності атмосфери; космічні апарати, які дозволяють спостерігати у спектральних діапазонах, недоступних із Землі.

Один із унікальних підходів — це аматорські спостереження. Фотограф Ендрю Маккарті створив неймовірно деталізоване зображення Сонця, поєднавши понад 90 тисяч знімків. Його роботи — це синтез науки й мистецтва, який набув великої популярності [33].

2.2 Меркурій

Меркурій — найближча до Сонця планета, і ця особливість визначає його унікальні характеристики. Меркурій не тільки має найменший період обертання навколо Сонця (88 днів), а й рухається найшвидше серед усіх планет – 47 км/с. Температурні перепади тут екстремальні: від $+430^{\circ}\text{C}$ вдень до -180°C вночі. Це пояснюється відсутністю атмосфери та дуже повільним обертанням планети навколо власної осі.

Меркурій має радіус 2440 км — лише трохи більше за Місяць. Його орбіта є найбільш витягнутою серед усіх планет (ексцентриситет 0,206), через що відстань до Сонця змінюється від 47 до 70 млн км. Цікаво, що доба на Меркурії триває довше, ніж рік! Період обертання навколо осі становить 59 днів, тож уявний спостерігач бачив би дивовижне явище: Спочатку Сонце буде рухатися на захід поступово збільшуючись у розмірах, потім зупиниться у південь та трохи піде у зворотному напрямку - на схід, а потім знову рушить на захід, зменшуючись перед тим як зайти за горизонт [4 с 304-305]

Поверхня Меркурія вкрита кратерами, багато з яких є вторинними. Але саме первинні кратери допомагають краще зрозуміти історію Меркурія у періоди його формування. Найбільший із них — Калоріс (1550 км у діаметрі). Вражають і так звані «кратерні промені» – світлі смуги подрібненої породи, викинутої під час ударів астероїдів, які з часом темніють.

Меркурій має високу густину, що вказує на металевий склад. Його ядро, переважно з заліза й нікелю, становить понад половину маси планети, а кора завтовшки 700 км його оточує.

Одна з найбільш неочікуваних особливостей Меркурія — наявність магнітного поля. Його створює ефект динамо: рух рідкого металевого ядра генерує електричний струм, а отже, частина ядра залишається рідкою [35 с 19-26].

2.3 Венера

Венера – найяскравіше небесне тіло на земному небі після Сонця та Місяця. Завдяки своїй щільній атмосфері вона відбиває більшу частину падаючого на неї світла, що допомагає їй бути яскравою «ранковою» або «вечірньою» зорею залежно від свого положення на небі.

Густий шар атмосфери, що складається переважно з вуглекислого газу й азоту, робить поверхню Венери недоступною прямим спостереженням в оптичному діапазоні. Чільна атмосфера з вуглекислого газу створює найпотужніший парниковий ефект у Сонячній системі: тепло потрапляє всередину, але вже не може вийти. Це нагріває поверхню Венери до температури $+470^{\circ}\text{C}$. [35 с 27-34].

Ще одна унікальна особливість Венери – її обертання. Це єдина планета, яка обертається у зворотному напрямку відносно більшості інших планет. (Не рахуючи Уран, вісь якого майже паралельна екліптиці.) Крім того, доба на Венері триває довше, ніж її рік: один оберт навколо осі займає 243 земні дні, а повний оберт навколо Сонця – 225 земних днів.

Поверхня Венери на 80% складається з рівнин. Великі лавові поля, схожі на земні базальтові плато, є доказом колосальної вулканічної активності в минулому. На Венері багато вулканів – понад 1600. Через це більшість поверхні – рівнини, залиті лавою.

Венера практично не має кратерів. Її щільна атмосфера спалює метеорити, перш ніж вони досягнуть поверхні [4 с 323-328].

2.4 Земля

Земля — третя планета від Сонця, і єдина планета, на якій відоме життя. Лише Земля має на поверхні воду в рідкому стані, яка, ймовірно, свого часу послужила місцем зародження життя.

Особливістю земної геології є тектоніка плит, — унікальне явище, якого немає більше ніде в Сонячній системі. Земна кора поділена на великі рухомі плити. Саме завдяки цим тектонічним процесам виникають підводні хребти, вулкани, гірські системи.

Геологічні процеси впливають на клімат (наприклад, формування океанічних течій і гірських бар'єрів), магнітне поле (рух ядра частково пов'язаний із глибинними процесами), а також — на зародження життя. Виверження вулканів збагачували океани поживними речовинами, потрібними для перших біохімічних реакцій [31 с 370-381, 35 с 38-48].

Внутрішня будова Землі допомагає зрозуміти її динамічність. Під твердою корою — гаряча мантия, що повільно рухається. А ще глибше — ядро, частково рідке, яке відповідає за формування магнітного поля. Саме це поле захищає планету від космічної радіації та заряджених частинок, допомагаючи їй зберігати атмосферу. Магнітне поле, яке генерує ядро, захищає планету від сонячного вітру, створюючи полярні сяйва [4 с 252-255].

Атмосфера Землі багат шарова, динамічна, з домінуванням азоту (78%) та кисню (21%). У ній формуються хмари, вітри, шторми, урагани. Вітри переносять тепло по планеті, а океанічні течії впливають на клімат. Саме в цій атмосфері народжуються хмари, які ми бачимо на супутникових знімках, закручені під впливом сили Кореоліса [4 с 263-266].

2.5 Марс

Ця планета одразу привертає увагу своїм кольором, зумовленим оксидами заліза, якими багатий його ґрунт.

Марс удвічі менший за Землю: його радіус — 3390 км, а маса — лише 11% від земної. Доба на ньому — майже земна (24 години 37 хвилин), а от рік триває 687 днів. Сезони є, але вдвічі довші, ніж на Землі. Атмосфера розріджена, переважно з вуглекислого газу (близько 95%), з домішками азоту, аргону й трохи водяної пари. Тиск — в середньому 6 мбар, що у 160 разів менше, ніж на Землі.

Вітри, сягають швидкості 100 км/год і спричиняють масивні пилові бурі, які можуть накривати всю планету, тривати тижнями й змінювати її вигляд із космосу [35 с 90-92].

На полюсах Марса — льодові шапки, складені з водяного льоду та сухого льоду (замерзлого CO_2). Взимку вуглекислий газ осідає на поверхню, а влітку знову випаровується, викликаючи сезонні зміни атмосферного тиску. Ці шари, як річні кільця дерев, зберігають інформацію про кліматичну історію планети, і їх дослідження допомагає зрозуміти, як змінювався Марс упродовж тисячоліть [35 с 93-94].

Поверхня Марса дуже неоднорідна за рельєфом. Тут розташований найбільший каньйон і найвища гора Сонячної системи. Олімп — гігантський вулкан висотою 21,9 км. Його лавові потоки були настільки повільними, що утворили широкі, пологі схили. Поруч — долина Марінера, система каньйонів завдовжки понад 4000 км, завширшки 200 км і глибиною до 7 км.

На рівнинах — хвилясті піщані дюни, створені марсіанськими вітрами. Ці дюни змінюють форму з часом [4 с 335-339, 35 с 97-98].

Марс має два супутники — Фобос і Деймос. Фобос — надзвичайно близький до планети: лише 6000 км від поверхні. Через це він рухається по небу швидше за обертання планети — за добу сходить і заходить тричі. І саме він спричиняє короткі затемнення Сонця. З кожним обертом він наближається до Марса, і через десятки мільйонів років або впаде, або розірветься на кільце уламків [35 с 95-96].

На поверхні знайдено присутні річкові долини, дельти річок, осадові відклади. Колись тут були океани, що вкривали до 20% планети. Сьогодні ж вода на поверхні Марса існує лише у вигляді льоду. На Марсі знайдено мінерали (наприклад, гіпс, гематит), які могли утворитись тільки у водному середовищі [35 с 101-107].

У XIX столітті астрономи помилково «бачили» на Марсі канали, які приписували діяльності розумних істот. Хоч це виявилось оптичною ілюзією, інтерес до пошуку життя на Марсі не згас. Пошуки життя на Марсі продовжуються дотепер. Попри деякі суперечливі результати, як-от деякі ознаки життя в марсіанському метеориті Allan Hills 84001 [17] і позитивні результати деяких експериментів з пошуку життя космічними апаратами Viking [18], загальний консенсус полягає в тому, що сучасна поверхня Марса непридатна для життя навіть мікроорганізмів [19].

Польоти космічних апаратів на Марс стикаються зі значними складнощами. Через розріджену атмосферу парашути не гальмують як слід, а автоматичні системи повинні діяти без втручання людини, бо сигнал від Землі йде багато хвилин [4 с 331-333, 8].

Перші карти створювалися на основі телескопічних спостережень у XIX столітті. Джованні Скіапареллі вперше описав загадкові «canali» (борозни), що згодом стали джерелом легенд про марсіанські міста. Пізніше орбітальні апарати — *Viking*, *Mars Global Surveyor*, *Mars Reconnaissance Orbiter* —

створили детальні карти з роздільною здатністю в кілька метрів на піксель. Сьогодні ми маємо 3D-карти каньйонів, кратерів, дюн [7].

Свою назву планета отримала на честь римського бога війни Марса. На відміну від грецького Ареса, якого боялися навіть інші боги, Марс у римлян був шанованим захисником держави й землеробства. Він уособлював порядок, дисципліну й честь. Його червоний колір на нічному небі був символом крові та металу — кольорів битви [40].

2.6 Юпітер

Це найбільша планета Сонячної системи, маса якої перевищує сумарну масу всіх інших планет разом узятих. Він має понад 90 супутників.

Склад Юпітера близький до зоряного: близько 90% водню та 10% гелію — ті ж елементи, що й у Сонця. Якби маса Юпітера була у 80 разів більшою — у ньому почалися б термоядерні реакції, і він став би зорею. В його надрах, під великим тиском, водень набуває металевих властивостей, утворюючи глибокий шар рідкого металевого водню. Саме в цих глибинах, завдяки швидкому обертанню планети (менше 10 годин), і виникає потужне магнітне поле — у 20 тисяч разів сильніше за земне. Воно створює сильну радіацію навколо планети, керує яскравими полярними сяйвами, впливає на потоки частинок у міжпланетному просторі [4 с 372-373, 35 с 124 – 130, 42, 43 с 113-115].

Атмосфера Юпітера має білі смуги (хмари з кристалів аміаку) та коричневі смуги (сполуки сірки, водню та фосфору). Усі ці кольори утворюють пояси, що виникають завдяки конвекції: гарячі гази з глибини підіймаються вгору, охолоджуються й опускаються вниз. Вітри дують у протилежних напрямках на межах смуг. Також на Юпітері існують еліптичні шторми, так як Велика Червона Пляма. Цей величезний шторм не вщухає вже понад 350 років. У його глибинах вітри рухаються зі швидкістю понад 400

км/год, а діаметр перевищує діаметр Землі. Його походження досі лишається предметом досліджень — ймовірно, це стабільна зона між течіями, де буря постійно підживлюється енергією з надр [4 с 373-382, 35 с 125-127, 43 с 51-62].

Юпітер відвідало кілька космічних апаратів. Першими були Pioneer і Voyager, потім була місія Galileo, яка вперше занурила зонд в атмосферу Юпітера. Місія Juno, запущена у 2011 році, обертається по складній орбіті, уникаючи найнебезпечніших зон радіації. Вона дозволила побачити Юпітер з дуже високою роздільною здатністю, детально розгледівши бурі, вихори, шторми, вимірявши зміни магнітного поля. Волонтери по всьому світу виконували обробку цих фото, підсилюючи їхні кольори [4 с 364-366, 15, 37, 43 с 153-160].

Давні цивілізації вже помітили Юпітер на нічному небі. В римлян він був верховним богом — богом грому й блискавки, повелителем неба — Юпітером, аналогом грецького Зевса. Цей бог символізував владу, закон, небесний порядок [10, 41].

2.7 Сатурн

Сатурн — це друга за розмірами планета Сонячної системи, газовий гігант. Він відрізняється від решти планет-гігантів Сонячної системи найщільнішою системою планетних кілець.

Як і Юпітер, Сатурн складається переважно з водню й гелію, тож за хімічним складом він ближчий до зорі, ніж до планет земної групи. Його середня густина — всього 0,69 г/см³. Це менше, ніж у води. В центрі він може мати кам'янисто-льодове ядро, оточене шарами рідкого металевого водню й надзвичайно глибокою атмосферою, яка й створює на планеті видимі ззовні пояси, смуги й шторми [44 с 75-84].

Атмосфера Сатурна не така контрастна, як у Юпітера, але не менш динамічна. Пояси жовтих, золотистих і сірих відтінків обертаються навколо

планети, а біля північного полюса існує загадкова форма — гігантський шестикутник, розмір якого перевищує розмір Землі. Це атмосферний вихор, стабільний вже кілька десятиліть, і його природа досі не до кінця зрозуміла. Штормові системи на Сатурні можуть бути колосальними — іноді бурі охоплюють всю планету [21, 35 с 159–160, 44 с 75-104].

Кільця Сатурна простягаються на сотні тисяч кілометрів, але мають товщину всього кілька десятків метрів. Їх відкрив Галілей у 1610 році, але спершу не зрозумів, що бачить — йому здалося, що Сатурн має три тіла. Пізніше, коли кільця зникли (через зміну кута нахилу), з'явилася легенда, ніби Сатурн «поглинув» свої супутники — як міфічний бог своїх дітей. Справжню природу кілець розкрив Гюйгенс, а літери, якими ми їх позначаємо (А, В, С...), виникли за порядком відкриття. Найяскравішими є кільця А та В — вони відбивають світло завдяки великій кількості чистого льоду. Деякі кільця — як Е чи кільце Феби — набагато тьмяніші й утворені частинками, що більше схожі на пил або вулканічні викиди з супутників [35 с 153-154, 44 с 29-73, 105-138].

Вивчення цих деталей стало можливим завдяки місії Cassini. Вона понад 13 років працювала на орбіті Сатурна. Cassini виявила численні зазори в кільцях, спричинені гравітаційними резонансами з супутниками або самими частинками в кільцях. Вона передала фото бур на південному полюсі, тіні кілець на атмосфері планети, і навіть зафіксувала хвилі, які утворюються в кільцях під впливом гравітації. Її кероване падіння в атмосферу Сатурна — став не просто завершенням місії, а дозволив провести додаткові вимірювання властивостей атмосфери планети [21, 35 с 155-157, 44 с 139–162].

Фотографії Сатурна, зроблені Cassini, стали дуже популярні. Деякі з них виставлені в музеях як витвори мистецтва. Одне з найвідоміших зображень — «День, коли Земля посміхнулася» — показує Сатурн у силуеті з маленькою крапкою Землі вдалині [32].

У римській міфології Сатурн — бог часу, сільського господарства й порядку, батько Юпітера. У грецькому варіанті — це Кронос, титан, що пожирав своїх дітей, бо боявся втратити владу. Його культ був пов'язаний із циклами життя, родючості й перетворення. [9, 44 с 19].

2.8 Уран

Уран, на відміну від Юпітера й Сатурна, належить до так званих крижаних планет. Він складається не лише з водню та гелію, як Юпітер чи Сатурн, а головним чином із "льодів": води, метану, аміаку. Його атмосфера містить метан, який ефективно поглинає червоне світло й відбиває синє — саме тому ми бачимо Уран як ніжну бірюзову кулю. Але цей колір — не постійний. Він змінюється залежно від сезону: під час літнього сонцестояння атмосфера виглядає яскравішою, ближчою до блакитної, тоді як у міжсезоння планета виглядає тьмянішою і зеленішою. Це пов'язано з атмосферною циркуляцією та вмістом фотохімічного серпанку, який накопичується протягом довгих періодів сонячного освітлення [30, 35 с 176-177].

Його густина — $1,27 \text{ г/см}^3$ — майже як у Юпітера, але його внутрішня структура відрізняється. Під атмосферою ховається товстий шар крижаної мантії, багатий на аміак і воду, а ще глибше — кам'яне ядро [4 с 370-371, 20, 34 с 20-22].

Його вісь нахилена майже на 98° , тобто Уран буквально "лежить" на боці, з віссю, яка лежить майже у площині орбіти. Цей екстремальний нахил створює екстремально сильні контрасти пір року, коли майже в усій півкулі панує піврічна ніч, а потім — піврічний день. Ймовірно, причиною цього великого нахилу осі стала катастрофічна подія — зіткнення з об'єктом розміром із Землю. Цей удар не лише змінив вісь, а й вплинув на розподіл маси всередині планети. Магнітне поле Урана теж зміщене й нахилене, імовірно через нестандартну внутрішню структуру. Сяйва тут з'являються не на

полюсах, як у Землі, а у випадкових місцях атмосфери [4 с 369-370, 34 с 22-27, 35 с 178-181].

Кільцева система Урана не така помітна, як у Сатурна. Кільця темні, вужчі, і мають складну структуру з зазорами та згустками. Як і в Сатурна, їхня структура, імовірно, зумовлена гравітаційною взаємодією з малими супутниками, які їх стабілізують [27, 34 с 27-35, 35 с 183].

Попри його розміри — діаметр понад 50 тисяч кілометрів — Уран залишається однією з найменш досліджених планет. Лише один апарат — Voyager 2 — пролітав повз нього у 1986 році, і саме завдяки йому ми отримали перші знімки темних кілець, хмар і супутників. Пізніше, під час місії New Horizons до Плутона, було проведено додаткове дистанційне спостереження за Ураном — і хоча воно не дало проривної інформації, допомогло уточнити параметри магнітосфери та моделі атмосферної динаміки. Відкриття самої планети теж є частиною новітньої астрономічної революції. У 1781 році Вільям Гершель під час систематичного огляду неба спостеріг об'єкт, який повільно рухався. Спочатку він вирішив, що це комета. Лише згодом стало ясно: перед ним — нова планета. Назву "Уран" запропонував німецький астроном Йоган Боде — на честь грецького бога неба, чоловіка Геї та прабадька грецьких богів.

У міфології Уран — первісне небесне божество, що уособлює небо. Він з'єднався з Геєю, богинею Землі, і породив титанів, циклопів та інших могутніх істот. Але, боячись їхньої сили, намагався позбутися власних дітей, ховаючи їх у надрах Землі. Саме його син Кронос (римський Сатурн) повалив батька [5, 26].

2.9 Нептун

Нептун — восьма та найвіддаленіша планета Сонячної системи. Попри значну віддаленість від Сонця, Нептун демонструє дивовижну метеорологічну

активність, включно з потужними вітрами та змінними штормовими структурами..

Існування Нептуна передбачили ще до того, як його побачили. Незрозумілі відхилення в русі Урана підказали астрономам, що поруч повинна бути ще одна планета. У 1846 році, спираючись на обчислення Урбена Левер'є, Йоганн Галле спостеріг нову планету — саме там, де вона була передбачена [38].

Як і Уран, Нептун — крижаний гігант. Його атмосфера містить водень, гелій і метан. У хмарах Нептуна відбуваються масштабні шторми, що переміщуються зі швидкістю понад 2000 км/год. Ми бачимо на ньому плями — не стійкі, як Велика червона пляма Юпітера, а тимчасові. Найвідомішою з них була Велика темна пляма, вперше зафіксована Voyager 2 у 1989 році. Згодом вона зникла, і на її місці з'явилася нова — менша, але не менш активна [34 с 61-75, 35 с 188-189].

Температура в атмосфері сягає -218°C . Магнітне поле нахилене на 47° відносно осі обертання і зміщене від центру, що створює складну структуру магнітосфери. Ймовірно, це пов'язано з внутрішньою будовою: у середині планети — ядро з каменю та льодів, оточене водно-аміачною мантиєю. Нептун випромінює вдвічі більше тепла, ніж отримує. Його внутрішнє джерело енергії залишається загадкою, але саме воно, ймовірно, прискорює шторми та хмари, які ми бачимо навіть із Землі [34 с 77-78, 35 с 189-191, 38].

Нептун має систему кілець, яка хоч і не така яскрава, як у Сатурна, проте дуже цікава. Вони були відкриті під час спостережень покриття зір у 1980-х, а потім детальніше зафіксовані космічним апаратом Voyager 2. Усього відомо шість основних кілець, і вони надзвичайно темні. Деякі кільця містять яскраві дуги — щільні, стабільні скупчення матеріалу, ймовірно, стабілізовані гравітацією найближчих супутників [27, 29, 34 с 83-89, 35 с 195].

Найбільший супутник Нептуна — Тритон, рухається у протилежному напрямку до обертання Нептуна. Це свідчення того, що він, можливо, був захоплений з пояса Койпера. Поверхня Тритона вкрита азотним льодом і загадовими “чорними плямами”, які, як з’ясувалося, є гейзерами, що вивергають газ. Усього відомо 14 супутників, але жоден із них, окрім Тритона, не має сферичної форми [27, 34 с 89-102, 35 с 192-195, 38].

Досі лише один апарат відвідав Нептун — *Voyager 2*, у 1989 році. І хоча це було лише пролітне спостереження, саме завдяки йому ми отримали перші знімки хмар, Тритона та магнітного поля. Відтоді всі спостереження велися здалеку, телескопами, й іноді — в межах інших місій, як-от *New Horizons*, що пролітав повз. Нептун і сьогодні залишається однією з найменш досліджених планет [29, 35 с 187-188].

У міфології Нептун — римський бог моря, відповідник грецького Посейдона. Ім’я для планети було запропоновано майже одразу після її відкриття [25, 39].

3 РОЗРОБКА ТА КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ

3.1 Опис техніки та розробка концепту

Початковою ідеєю було створення вітражних моделей планет Сонячної системи зі справжнього скла. Кожна планета мала бути у вигляді кулі, складеної з маленьких плоских сегментів, з'єднаних між собою металевим дротом — такий собі об'ємний 3D-вітраж. Скляні елементи планувалось розфарбувати відповідно до характеру планети, а всередину сфери вставити лампу, яка б підсвічувала візерунки зсередини. Конструкція мала стояти на підставці з вимикачем.

Але в процесі все трохи змінилося — деякі ідеї виявились або надто складними, або просто недоцільними. Далі — про всі ці трансформації поетапно.

Спочатку я планувала використовувати справжнє скло, але різати його у формі сферичних шматків виявилось нереальним — ні технічно, ні з точки зору матеріалів. Тому я перейшла на плоске скло товщиною близько 2 мм. Щоб зібрати із нього сферу, елементи мали бути дрібними — тоді вони не створювали б кутів і краще повторювали б форму кулі. Я одразу подумала про прості геометричні форми: трикутники, квадрати, шестикутники — вони гарно складаються в симетричні конструкції і їх легше виготовити.

Спочатку планувалося вирізати елементи лазером у спеціальній майстерні, але вартість виявилась занадто високою. В результаті скло замінила на акрил, а лазер — на ручну обробку. До цього ще повернуся.

Для з'єднання частин мала бути металева проволока. Сталева виявилась занадто пружною — вона не тримає форму. Тому вибір упав на алюміній: він м'який, добре гнеться і досить міцний для утримання деталей. Важливо було

підібрати товщину — щоб дріт тримав конструкцію, але не перетягував увагу на себе. Головна зірка шоу — це скло.

Одна з ідей — зробити "ядро планети" всередині, щоб планета відкривалась наче скринька, і глядач міг зазирнути всередину. Але через велику кількість моделей та часові обмеження від цієї ідеї довелося відмовитися.

Далі — фарби. Замовила спеціальні скляні фарби онлайн. Потім пішла в магазин у пошуках зразка кулі — щоб наочно зрозуміти, як мають виглядати шматочки для ідеального складання сфери. Там і знайшла прозорі акрилові кулі (такі, як на ялинкові іграшки). І тут я збагнула: якщо розрізати кулю, її частини в будь-якому випадку складуться назад у форму сфери. Ідеальне рішення!

Але нова проблема: як різати кулю, щоб не пошкодити деталі? Поки обмірковувала це питання, паралельно вирішувала, якими мають бути розміри планет. Спочатку я була вільна у розмірах — просто змінити розмір шматочків. Але з акриловими кулями я була обмежена: максимум, що знайшла в магазині — 14 см, в інтернеті — до 20 см.

Очевидно, дотриматись точного масштабу (наприклад, зробити Сонце у 100 разів більшим за Землю) — неможливо. Тому було вирішено так:

- Меркурій — 10 см
- Венера і Земля — по 14 см
- Марс — 12 см
- Юпітер і Сатурн — по 20 см
- Уран і Нептун — по 16 см

Такі розміри достатньо зручні і для огляду, і для транспортування, а пропорції все ж частково зберігаються.

І... Сонце! Що з ним? Було вирішено зробити його за початковою технологією — зі шматочків плоского скла, щоб показати його "глобальність".

Матеріали вже почали надходити, підготовка завершувалась. Настав час створювати першу планету...

3.2 Меркурій

Все почалося з прикrostі — скляні фарби, які я замовила, виявилися жахливої якості: майже без пігменту. На щастя, у мене були акрилові фарби — але вони, на відміну від скляних, повністю матові. Тож я вирішила не боротися з цим, а навпаки — обіграти матовість як художній прийом і зробити її родзинкою проєкту.

І тут — наступна проблема: як вирізати деталі. Я довго ламала голову, шукаючи варіант, який був би доступним, швидким і водночас якісним. І раптом мене осінило — використати розпечену над полум'ям голку, щоб просто виплавляти фрагменти з акрилової сфери. Така техніка дала мені повну свободу у формі та розмірі деталей. Але вона потребувала вправності — рівно вирізати було складно, тож кілька днів пішло на тренування, перш ніж я змогла почати роботу над моделлю.

Які особливості Меркурія я хотіла передати:

- *Кратери* — візитівка планети. Їх я зобразила за допомогою круглих сегментів і маленьких намистинок, які одночасно показують різноманітність кратерів і додають естетики.
- *Темна, структурна поверхня* — вона важка, щільна, з нерівностями. Це важлива деталь, яку неможливо було ігнорувати.
- *Кратери зсередини* — вони не просто півсфери. Мені хотілося креативно показати, яким несподіваним може бути світ усередині.

Спочатку я розмітила кулю маркером — кожную півсферу поділила на чотири частини, аби не загубитися в деталях. Далі — виплавляла сегменти, а потім шліфувала краї ручним фрезером з насадками для манікюру.

Після цього почався етап фарбування. Я вирішила підкреслити матовість акрилу — нанесла фарбу товстим шаром, щоб вона не пропускала світло, створюючи важку й рельєфну поверхню. Але для балансу — додала блиску за допомогою металевої проволочки та намистин. Контраст матового і блискучого, світлого і темного створює гармонію.

Для кратерів я використала особливий підхід: зробила їх увігнутими, а не опуклими, покрила прозорим клеєм, а зверху нанесла чіткі візерунки чорною фарбою. Увімкнене світло зсередини "оживляє" ці деталі — ззовні вони виглядають темними, але перед світлом проявляють свій орнамент. Так я змогла перетворити матовість фарби на художній ефект (див. рис. 3.2.2).

Під час склеювання сфери з'явилася ще одна проблема — клей застигав надто повільно, і форма починала "пливти" під власною вагою. Потрібно було дуже точно фіксувати частини, і хоч це було непросто — мені вдалося зібрати все правильно.

Так завершилась перша модель — Меркурій (див рис. 3.2.1). Попри всі виклики, результат справді того вартував!



Рисунок 3.2.1 - Модель Меркурія



Рисунок 3.2.2 - Збільшений візерунок (ввімкнена модель)

3.3 Венера

Навчившись на помилках моделі Меркурія, цього разу я вирішила не розділяти деталі повністю. Замість цього створювала невеликі “канали” під проволочку — це дозволяло фіксувати сегменти без клею. Так, модель трохи відходила від первісної ідеї вітражу, але стала набагато практичнішою.

Як і раніше, роботу я почала з розмітки сферичної поверхні. У Венері мені хотілося передати дві головні речі:

- *Атмосфера* — надзвичайно щільна, непрозора, без чітких візерунків. Вона виглядає м’якою, текучою, майже шовковою.
- *Контраст із поверхнею* — червонувата, кам’яниста й потріскана. Хотілося зіграти на протиставленні цієї важкої глибини і легкої, ніжної атмосфери.

Для “атмосфери” я використала м’які, пастельні кольори, без різких меж — як потоки газу, що перетікають один в одного. Але важливо було, щоб

кольори не зливалися — кожен мав бути помітним, створюючи відчуття глибини та різноманіття. Матова фарба контрастувала з блискучою проволокою — так з'явився баланс між спокоєм і динамікою.

Цього разу я не наносила фарбу щільно — крізь неї світло лампи зсередини мало "оживити" атмосферу, створюючи враження глибини та руху (див. рис. 3.3.2).

Щоб передати поверхню, я вирізала кілька деталей повністю, тонко зафарбувала їх у червоний і розташувала нижче рівня “атмосфери” — ніби вони глибоко всередині. Зазвичай вони майже непомітні, але при увімкненні лампи всередині — підсвічуються і притягують погляд. Це створює відчуття, ніби ми зазираємо крізь щільну завісу в надра планети.

Останнім штрихом стало фарбування внутрішньої частини сфери в білий — це підсилює ефект розсіяного світла, робить атмосферу ще більш плинною.

Так Венера вийшла зовсім іншою, ніж Меркурій — м'якою, але глибокою. Модель передає її характер — загадкову, непроникну й візуально багат шарову (див. рис. 3.3.1).



Рисунок 3.3.1 – Модель Венери

Рисунок 3.3.2 – Модель Венери
(ввімкнена)

3.4 Земля

Земля стала першою моделлю, де я вирішила максимально наблизитись до реалістичності. Головним завданням було точно передати розміри та розташування континентів — дотримання пропорцій стало основою композиції. Але я хотіла показати не тільки географію, а й життя над нею.

У цій моделі мені було важливо підкреслити постійну присутність хмар над поверхнею планети. Ми ніколи не бачимо Землю зовсім “голою” — вона завжди вкрита динамічним шаром атмосфери. Візуально це втілилося у поєднанні білих ліній, що ніби переплітаються з океанічними потоками. Самі океани я зобразила спіральними елементами — вони символізують рух течій, а білі деталі серед них — хмарність (див. рис. 3.4.1).

Загальний образ планети вийшов надзвичайно динамічним — живим, пульсуючим, наповненим рухом і світлом. У “ввімкненому” режимі, коли всередині вмикається світло, модель розкривається повністю: напівпрозорі фарби, білі лінії, крихітні елементи починають грати, змінюючись залежно від

кута зору (див рис. 3.4.2). Земля стала найсвітлішою і найвиразнішою серед усіх моделей.

Саме в цей час мені пощастило знайти величезну прозору сферу діаметром 30 см — майбутню основу для Сонця. І хоча робота над ним була ще попереду, ця знахідка стала наступним великим кроком у моєму планетарному проєкті.



Рисунок 3.4.1 – Модель Землі



Рисунок 3.4.2 – Модель Землі
(ввімкнена)

3.5 Марс

Робота над Марсом виявилася одночасно простішою й складнішою, ніж над Землею. Простіше — завдяки меншому розміру моделі й меншій кількості деталей. Але складніше — бо велика частина марсіанської поверхні виглядає досить одноманітно, і завданням було передати характер планети, не втрачаючи художньої виразності.

Хоча Марс має кілька яскравих геологічних особливостей — як-от так звані «чотири ока», льодові шапки та, звісно, долина Марінера — вони займають лише частину поверхні. Решта виглядає як безкрайня червоно-коричнева пустеля. Саме тому я вирішила поєднати наукову точність із творчою інтерпретацією.

Під час перегляду фото марсіанської поверхні мене особливо вразили дюни та давні русла — ніби сліди давно зниклих річок. Я вирішила зробити акцент саме на них, зобразивши ці структури у збільшеному масштабі. Так вони стали впізнаваними, а також підкреслили справжню природу Марса.

Ця модель стала також першою, де я частково відійшла від принципу “вітражності”. Якщо раніше всі елементи моделі з’єднувалися через проволоку у майже конструктивістський спосіб, то тут проволока вперше набула переважно декоративної функції. Це було важливо, оскільки я хотіла відтворити вигляд каналів і тріщин, а вони найкраще передаються саме лініями.

Фарбування Марса стало свого роду експериментом. Я вирішила не планувати наперед, а дозволити собі інтуїтивно передати враження від планети. До речі, саме в процесі дослідження я повністю змінила свою думку про Марс — спочатку він здавався мені найнуднішим, але дюни, канали, величезна гора Олімп і безкраїсть долини Марінера зачарували мене. У масштабі ці структури виглядають просто гіпнотично.

Фарбування доводилося виконувати швидко — акрил застигає за лічені хвилини. Я працювала ритмічно, виводячи візерунки, поєднуючи червоні, охристі, мідні та чорні відтінки, поки модель не “заговорила” своєю власною мовою. Марс став саме таким, яким я його відчула — суворим, загадковим, але однозначно впізнаваним.

На завершення я додала декоративні акценти: вперше використала дріт двох кольорів — чорний для світлих зон і мідний для темних. Для гори Олімп та її “сестер” — трьох супутніх вулканів — я використала перламутрові бусини в обрамленні золотих, підкресливши їхнє домінантне положення. Інші бусини слугували як деталі рельєфу або як декоративні акценти — для завершення композиції (див. рис 3.5.1 та рис. 3.5.2).

Так була завершена четверта модель — Марс, як нове відкриття і як перша з планет, яка здивувала мене більше, ніж я очікувала.



Рисунок 3.5.1 – Модель Марса

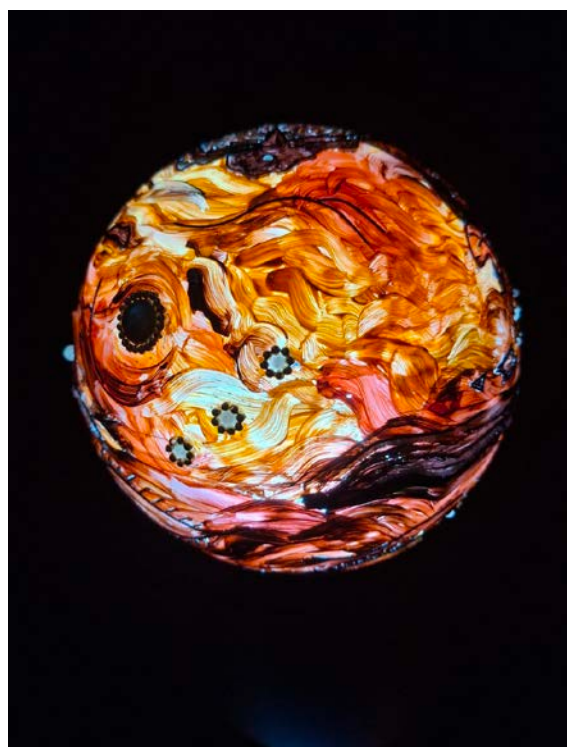


Рисунок 3.5.2 – Модель Марса
(ввімкнена)

3.6 Уран і Нептун

Наступними моделями стали саме Уран та Нептун — не через якусь загадку, просто на той момент у мене ще не було всіх матеріалів для Юпітера, тож я продовжила серію з Урана.

Я об’єднала ці дві планети в один розділ, бо їхні моделі дуже схожі у виконанні й відрізняються лише деталями.

Уран вразив мене своєю... відсутністю особливостей. Це однотонна блакитно-зелена куля. Але не все так просто — він має кільця! Про них трохи згодом.

Технічно найцікавіша риса Урана — його кут нахилу в 98° , що я обов'язково хотіла передати. Я позначила вісь, додала пояси — мінімум візерунків дротом, аби не перевантажити. Розфарбовувала, як і Марс, інтуїтивно — і хоч здивувалась, скільки візерунків з'явилося, вони вдало доповнили образ (див. рис. 3.6.1).

Особливу увагу я приділила кільцю. Уран має тьмяні кільця, тому я вирішила зробити одне — з товстої дротини, закріплене на булавках, які вставила у спеціально зроблені отвори на моделі. Так з'явилося його "левітуюче" кільце.

Коли я ввімкнула лампу, сталася магія: булавки зникли з виду, кільце відбивало світло й ніби трималося в повітрі. Мазки фарби ожили — потоки газу закручувались у танці (див. рис. 3.6.2).



Рисунок 3.6.1 – Модель Урана



Рисунок 3.6.2 – Модель Урана
(ввімкнена)

Нептун я створювала подібно, але дозволила собі більше контрасту та динаміки — він яскравіший, виразніший, тож і модель вийшла емоційнішою (див. рис. 3.6.3 та рис. 3.6.4).



Рисунок 3.6.3 – Модель Нептуна

Рисунок 3.6.4 – Модель Нептуна
(ввімкнена)

3.7 Юпітер

Для моделі Юпітера я вперше використала велику сферу діаметром 20 см — це створювало певні труднощі. Найбільша проблема полягала у фіксації: така велика сфера постійно норовила розвернутись або навіть впасти, і робота з нею вимагала постійної уваги.

Щодо дизайну, я вирішила продовжити концепцію «крижаних» планет — основна структура виконана з проволочки, що окреслює пояси, а весь візерунок створювався фарбами. Такий підхід вимагав менше матеріалів і дозволяв швидше просуватися у роботі. Оскільки вісь нахилу Юпітера дуже мала (лише 3°), я зробила її вертикальною, а пояси розміщувала перпендикулярно до неї. При цьому вони не були рівномірними — я зобразила їх відповідно до

справжнього вигляду планети: ширші й вужчі смуги чергувалися між собою, створюючи живий ритм.

Під час розфарбовування я хотіла особливо підкреслити три основні елементи:

- *Полярні вихрові зони* — Навколо полюсів візерунки хаотичні, наче постійно танцюють. Вони мають несподівані коричнево-сині відтінки, що вирізняються на тлі переважно помаранчевої гами.
- *Структурні пояси* — Помаранчеві та бежеві пояси не були однотонними — кожен мав свій візерунок, який гармонійно вплітався в загальну картину.
- *Велика червона пляма* — Без неї Юпітер — не Юпітер. Цей гігантський шторм, що вирує вже кілька століть і перевищує розміри Землі, став центральним акцентом усієї моделі.

Процес розфарбування пройшов без ускладнень, але вимагав надзвичайної уваги до деталей. Це була найбільш кропітка робота з усіх — завершення зайняло цілих чотири дні (див. рис. 3.7.1)!

Коли я нарешті увімкнула лампу, мене чекала несподіванка: хоча я використала багато кольорів (усі, окрім зеленого), при освітленні планета світилася виключно помаранчевим. Це виглядало дуже ефектно — Юпітер повністю виправдав своє прізвисько помаранчевого гіганта (див. рис. 3.7.2).



Рисунок 3.7.1 – Модель Юпітера

Рисунок 3.7.2 – Модель Юпітера
вигляд зверху (ввімкнена)

3.8 Сатурн

Створення «тіла» Сатурна — тобто його сфери — було дуже схоже на роботу з Ураном і Нептуном. Я позначила вісь нахилу (28°), а перпендикулярно до неї відмітила напрям поясної системи. Саме розфарбування виявилось значно простішим — чим менше візерунків, тим краще. Сатурн має стриманий, майже класичний вигляд. Я б навіть сказала — консервативний. Він випромінює спокій, врівноваженість і своєрідну планетарну зрілість. Тому я вирішила повністю відмовитися від динамічних мазків або різких контрастів.

Основу оформлення склали лише два елементи — лінії та крапки. Вони дозволили передати чітку, зосереджену структуру планети, водночас не роблячи її нудною у порівнянні з іншими моделями (див. рис. 3.8.1).

А от найцікавіше почалося на етапі створення кілець. Сатурн — справжній володар кілець, і ця особливість мала стати ключовою у моделі.

Завдяки досвіду, набутому під час роботи над Ураном і Нептуном, я вже мала уявлення, як технічно реалізувати задум.

Було вирішено зробити шість кілець — на честь основних зон кільцевої системи, розташованих найближче до планети: D, C, B, A, F і G (кілець E дуже розмите й простягається на величезну відстань, тому до моделі не увійшло). Для створення кілець я використала чорну і мідну проволочку. Чорна краще пасувала до атмосфери самої планети, але у темряві вона майже невидима. Натомість мідна додавала контрасту, підкреслювала різноманітність кільцевої структури, а ще — саме мідні елементи особливо красиво «грали» при освітленні.

Спочатку кожне кільце створювалося окремо. Потім вони були з'єднані в єдину конструкцію за допомогою дрітятих перемичок. Таку систему легко зняти для транспортування. Кріплення до планети — через знайому техніку булавок із дроту, як у випадках з Ураном і Нептуном, але цього разу міцніше..

На завершення я вирішила додати прозорі кристалики на кільця. Вони передають відчуття того, з чого складаються справжні кільця Сатурна — в основному з льодових частинок. Найбільший ефект кристалики справляють зблизу, при ввімкненому світлі: створюється відчуття, що ти сам опинився всередині кільця, і навколо тебе пливуть льодові уламки, а вдалині — величний, неосяжний Сатурн (див. рис. 3.8.2).



Рисунок 3.8.1 – Модель Сатурна



Рисунок 3.8.2 – Модель Сатурна крупним планом (ввімкнена)

3.9 Сонце

Створення головного світила Сонячної системи стало найскладнішим із усіх моделей. Насамперед через найбільшу кулю — 30 см у діаметрі. Обсяг роботи та витрати матеріалів зростали буквально в геометричній прогресії. У результаті — 11 днів безперервної роботи!

Першим кроком стало розроблення візерунка. Мені хотілося передати динамічну природу Сонця у статичній формі. Для цього я обрала спіральний візерунок, у центрі якого розташувала «віконце», через яке видно лампу — умовне «ядро», джерело світла й енергії. Це дозволяє глядачеві ніби зазирнути в саму суть Сонця. Є у віконця і додатковий задум — через нього видно наскільки сильно Сонце випромінює. Це чудовий спосіб показати випромінення показуючи його таким яким воно є — потужним але й безтілесним.

Повернемося до малюнку. Щоб намалювати спіралі рівно, я використовувала нитки — фіксувала їх у центрі й формувала візерунок навколо. Я приклеїла початки ниток до центру віконця і далі формувала візерунок аби він вийшов правильним. Іншу частину «поверхні» я створила з гранул, які продовжували «пелюстки» спіралі. Це нагадує гранульовану структуру сонячної поверхні.

Далі настав етап вирізання візерунка. Матеріал сфери відрізнявся від тих з якими я працювала раніше: різався лише на високих обертах і водночас плавився. Тож вирізання вимагало не лише часу, а й максимальної акуратності.

Фарбування планети було також дуже довгим процесом через величезну кількість деталей. Оскільки лампочка для Сонця була незвичною, то я розмальовувала Сонце у зібраному стані із ввімкненою лампочкою для того аби вона просвічувала правильним кольором. Через це гранули можуть здатися занадто темними, але це нормально. Насправді так є у кожній моделі, але ми не так звертаємо на це увагу оскільки планети не «світяться» як Сонце. Є ще й другий аспект — жовта та червона фарба є напівпрозорими тому якщо їх наносити на темну поверхню (а коли куля вимкнена усередині завжди буде темно) фарба у будь якому випадку буде виглядати нерівно та некрасиво. Отже, куля виглядала б світліше але дуже неакуратно. Щоб цього запобігти, до напівпрозорих додаються щільні фарби, але й з ними потрібно тримати

баланс, аби отримати необхідний ефект. Для пелюсток і центру була задача розфарбувати їх так щоб вони відрізнялися але й гармонували з усім іншим.

Завершальним штрихом стала проволочка — різного кольору та яскравості. Нею я акцентувала окремі ділянки, посилюючи образ або навпаки приглушуючи його — все заради збереження внутрішньої гармонії моделі.



Рисунок 3.9.1 – Модель Сонця



Рисунок 3.9.2 – Модель Сонця
(ввімкнена)

Так завершилося створення Сонця — останнього етапу у великому проєкті Сонячної системи!

ВИСНОВКИ

Астрономія — одна з найдавніших та найзахопливіших наук, проте сьогодні вона нерідко втрачає свою привабливість для широкої аудиторії через складність термінології та абстрактність понять. Саме тому в цій роботі було поставлено завдання знайти нестандартний підхід до популяризації астрономії — через мистецтво.

У процесі було досліджено, як мистецтво впливає на людей, яким чином воно викликає інтерес. Також були проведені паралелі між мистецтвом і науковою астрономією з давніх часів і до сьогодення — від міфологічних уявлень давніх цивілізацій до сучасних мультимедійних проєктів, що поєднують астрофізику, дизайн, музику й цифрові технології.

У межах створення моделі Сонячної системи (8 планет та Сонце) було детально проаналізовано кожен із цих об'єктів — з погляду як загальних, так і унікальних характеристик, міфологічної історії та зв'язку з культурою. Це допомогло глибше зрозуміти особливості кожного небесного тіла, щоб грамотно втілити їх у художній формі.

Після цього були розроблені й виготовлені самі моделі планет Сонячної системи та Сонця. Хоча процес відбувався не без труднощів, результат вартував зусиль. Кожна модель передає особливості свого небесного тіла та відкриває очі на іноді непомітні, але цікаві деталі. Для мене ця робота стала справжнім задоволенням і унікальним досвідом.

В межах остаточної мети проєкту усі моделі будуть передані до Інституту астрономії при ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Таким чином, вони виконуватимуть своє пряме призначення — популяризувати астрономію та надихати людей присвячувати своє серце космосу.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Крячко І. П. (2022). Довідник популяризатора астрономії. ВЦ «*Наше небо*». — 154 с
2. A history of astrometry - part I. Mapping the sky from ancient to pre-modern times (2019). *ESA Science & Technology*. Режим доступу: <https://sci.esa.int/web/gaia/-/53196-the-oldest-sky-maps>
3. Alison Hudson, Peter Toth, Taylor McCall, Laure Miolo, Chantry Westwell (2017). Stars in Their Eyes: Art and Medieval Astronomy. *British Library*. Режим доступу: <https://blogs.bl.uk/digitisedmanuscripts/2017/01/stars-in-their-eyes.html>
4. Andrew Fraknoi, David Morrison, Sidney C. Wolff (2022). Astronomy 2e. *Rice University | OpenStax*. - 1129 с
5. Avi Kapach (2023). Primordial Sky God Uranus. *Mythopedia*. Режим доступу: <https://mythopedia.com/topics/uranus>
6. Zooming into the Sun with Solar Orbiter (2022). *The European Space Agency (ESA)*. Режим доступу: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Solar_Orbiter/Zooming_into_the_Sun_with_Solar_Orbiter
7. Betsy Mason (2016). What Mars Maps Got Right (and Wrong) Through Time. *National Geographic*. Режим доступу: <https://www.nationalgeographic.com/culture/article/planets-maps-exploring-mars-space-science>
8. Curiosity's Seven Minutes of Terror (2012). *Jet Propulsion Laboratory*. Режим доступу: <https://www.jpl.nasa.gov/videos/curiositys-seven-minutes-of-terror/>
9. David McCann (1996). Saturn in Myth & Occult Philosophy. *Skyscript*. Режим доступу: <https://www.skyscript.co.uk/saturnmyth.html>
10. David McCann (1998). Jupiter in Myth & Occult Philosophy. *Skyscript*. Режим доступу: <https://www.skyscript.co.uk/jupitermyth.html>

11. David McCann (1999). Mercury in myth & Occult philosophy. *Skyscript*.
Режим доступа: <https://www.skyscript.co.uk/mercurymyth.html>
12. David McCann (1999). Venus in myth & Occult philosophy. *Skyscript*.
Режим доступа: <https://www.skyscript.co.uk/venusmyth.html>
13. Deborah Scherrer (2018). Solar Folklore and Storytelling. *Stenford University*. – 42 с
14. Elissaveta M. Brandon (2024). The Long History of Art Inspired by Solar Eclipses. *Smithsonian magazine*. Режим доступа: <https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/long-history-of-art-inspired-by-solar-eclipses-180984072/>
15. Ellenoor Shameli (2020). See Nasa's spectacular new images of Jupiter. *BBC*. Режим доступа: <https://www.bbc.com/reel/video/p0k6x7q8/see-nasa-s-spectacular-new-images-of-jupiter>
16. Emily Gaines Buchler (2023). Art as a pathway to planetary science. *Johns Hopkins Magazine*. Режим доступа: [Art as a pathway to planetary science | Hub](#)
17. McKay, David S.; Gibson, E. K. Jr.; et al. (1996). "Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001". *Science*. 273 (5277): 924–930. Bibcode:1996Sci...273..924M. doi:10.1126/science.273.5277.924. PMID 8688069. S2CID 40690489
18. Navarro-González, Rafael; et al. (2011). "Comment on "Reanalysis of the Viking results suggests perchlorate and organics at midlatitudes on Mars". *Journal of Geophysical Research*. 116 (E12): E12001. Bibcode:2011JGRE..11612001B. doi:10.1029/2011JE003869.
19. Wadsworth, Jennifer; Cockell, Charles S. (July 6, 2017). "Perchlorates on Mars enhance the bacteriocidal effects of UV light". *Scientific Reports*. 7 (4662): 4662. Bibcode:2017NatSR...7.4662W. doi:10.1038/s41598-017-04910-3. PMC 5500590. PMID 28684729.

20. Jatan Mehta (2022). How Uranus and Neptune are key to unlocking how planets form. *The Planetary Society*. Режим доступа: <https://www.planetary.org/articles/uranus-neptune-how-planets-form>
21. Jonathan Corum (2017). 100 Images From Cassini's Mission to Saturn. *The New York Times*. Режим доступа: <https://www.nytimes.com/interactive/2017/09/14/science/cassini-saturn-images.html>
22. Joseph O'rourke, Colin Wilson, Madison Borrelli, Paul Byrne, Caroline Dumoulin, Richard Ghail, Anna Gülcher, Seth Jacobson, Oleg Korablev, Tilman Spohn (2023). Venus, the Planet: Introduction to the Evolution of Earth's Sister Planet. *HAL Open Science. Springer*. - 61 с
23. Leah Crane (2020). The best picture ever taken of the sun reveals its bizarre surface. *NewScientists*. Режим доступа: [The best picture ever taken of the sun reveals its bizarre surface | New Scientist](#)
24. Leon Golub, Jay M. Pasachoff (2014). NEAREST STAR. The Surprising Science of Our Sun, Second Edition. *Cambridge University Press*. – 297 с
25. Liana Miate (2022). Neptune. *World History Encyclopedia*. Режим доступа: <https://www.worldhistory.org/Neptune/>
26. Liana Miate (2023). Uranus. *World History Encyclopedia*. Режим доступа: <https://www.worldhistory.org/Uranus/>
27. Mark R. Showalter (2020). The rings and small moons of Uranus and Neptune. *The Royal society Publishing*. Режим доступа: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2019.0482>
28. Matt Russo (2018). What does the universe sound like? A musical tour. *TED*. Режим доступа: https://www.ted.com/talks/matt_russo_what_does_the_universe_sound_like_a_musical_tour?subtitle=en
29. Neptune and its Rings come into Focus with Webb Telescope (2022). *The New York Times*. Режим доступа:

<https://www.nytimes.com/2022/09/21/science/neptune-webb-telescope-photos.html>

30. Patrick Irwin (2024). New images reveal what Neptune and Uranus really look like. *University of Oxford*. Режим доступа: [New images reveal what Neptune and Uranus really look like | University of Oxford](#)
31. Philippe Bertrand, Louis Legendre (2021). Earth, Our Living Planet. The Earth System and its Co-evolution With Organisms. *Springer*. - 756 с
32. Rae Paoletta (2021). The best pictures of Saturn's rings. *The Planetary Society*. Режим доступа: <https://www.planetary.org/articles/best-pictures-saturn-rings>
33. Rich Pelley (2025). My 90,000 shots of the sun: Andrew McCarthy's best photograph. *The Guardian*. Режим доступа: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2025/jan/08/andrew-mccarthy-my-best-photograph-sun>
34. Richard W. Schmude, Jr. (2008). Uranus, Neptune, Pluto and How to Observe Them. *Springer*. - 230 с
35. Sabine Stanley (2019). A Field Guide to the Planets. *Johns Hopkins University | The Great Courses*. - 309 с
36. Sarah Collins (2024). Researchers deal a blow to theory that Venus once had liquid water on its surface. *University of Cambridge*. Режим доступа: <https://www.cam.ac.uk/research/news/researchers-deal-a-blow-to-theory-that-venus-once-had-liquid-water-on-its-surface>
37. Scott Bolton (2020). Inside Jupiter. *American Scientists (March-April 2020 Volume 108, Number 2 p. 98)*. Режим доступа: <https://www.americanscientist.org/article/inside-jupiter>
38. Shi En Kim (2024). The Six Most Amazing Discoveries We've Made About Neptune. *Smithsonian Magazine*. Режим доступа: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-six-most-amazing-discoveries-weve-made-about-neptune-180985333/>

39. Thomas Apel (2022). Neptune. *Mythopedia*. Режим доступа:
<https://mythopedia.com/topics/neptune>
40. Thomas Apel (2022). Roman God Mars. *Mythopedia*. Режим доступа:
<https://mythopedia.com/topics/mars>
41. Thomas Wharton (2024). Jovian Gods | The Planet Jupiter in Myth. *Twinkl*.
Режим доступа: <https://www.twinkl.ch/blog/jovian-gods-the-planet-jupiter-in-myth>
42. Webb's Jupiter Images Showcase Auroras, Hazes (2022). *James Webb Space Telescope | NASA*. Режим доступа:
<https://science.nasa.gov/blogs/webb/2022/08/22/webbs-jupiter-images-showcase-auroras-hazes/>
43. William Sheehan, Thomas Hockey (2018). Jupiter. *Reaktion Books Ltd.* - 191 с
44. William Sheehan (2019). Saturn. *Reaktion Books Ltd.* - 220 с