

1 NEW YORK TIMES BESTSELLING AUTHOR

СТІВЕН ГОКІНГ



НА ПЛЕЧАХ ГІГАНТІВ

ВЕЛИЧНІ ПРОРИВИ У ФІЗИЦІ
ТА АСТРОНОМІЇ

СТІВЕН ГОКІНГ

НА ПЛЕЧАХ
ГІГАНТІВ

НА ПЛЕЧАХ ГІГАНТІВ

ЯКЩО Я БАЧИВ ДАЛІ ЗА ІНШИХ, ТО ЛИШЕ ТОМУ,
ЩО СТОЯВ НА ПЛЕЧАХ ГІГАНТІВ.

Ісаак Ньютон

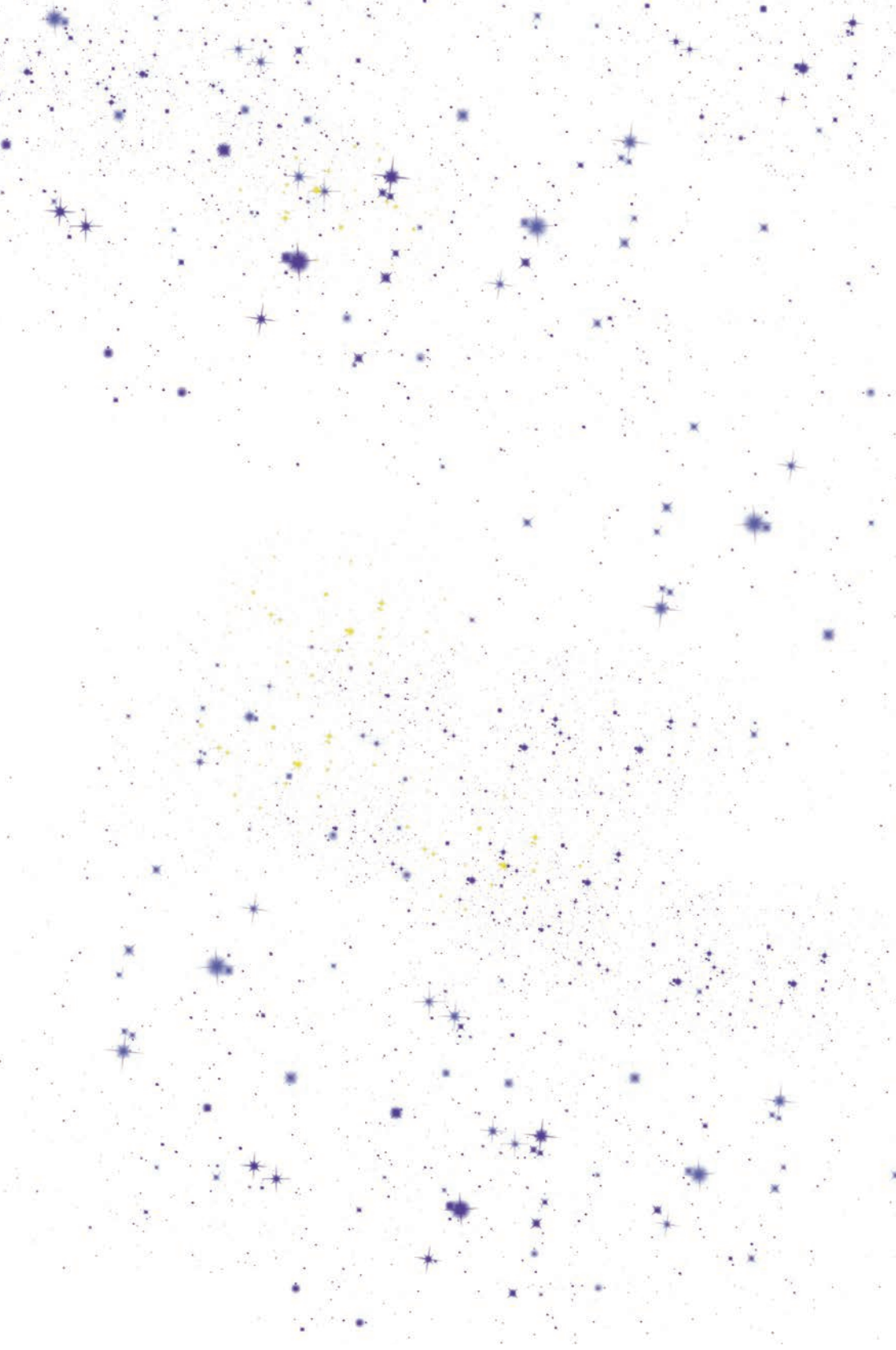
Стівен Гокінг — прославлений англійський учений, один із найвідоміших популяризаторів науки у світі, людина-легенда. Його вважають одним із найгеніальніших фізиків від часів Айнштейна. Найбільшу популярність здобув завдяки дослідженню чорних дір і теорії виникнення Всесвіту внаслідок Великого вибуху. Автор бестселерів «Найкоротша історія часу», «Великий задум» та «Чорні діри і молоді всесвіти», володар численних нагород і премій.

Миколай Коперник, Галілео Галілей, Йоганн Кеплер, Ісаак Ньютон та Альберт Айнштайн — вони змінили напрям науки, вивівши астрономію та фізику із середньовіччя в сучасність. Їхні *magnum opus* із коментарями Гокінга дадуть змогу дізнатися, про що думали ці вчені. У збірці ви знайдете оригінальні ідеї Альберта Айнштейна, вперше опубліковані у «Принципах відносності», скорочені праці «Про обертання небесних сфер» Миколая Коперника, «Дискурси й математичні докази щодо двох нових наук» Галілео Галілея, «Гармонія світу» (книга п'ята) Йоганна Кеплера та «Математичні принципи натуральної філософії» Ісаака Ньютона.

Ви дізнаєтеся про непохитну вірність Коперника істині; непокірний дух Галілея; сімейні та фінансові негаразди Кеплера; пристрасні конфлікти Ньютона; перші скромні кроки в науці Айнштейна.

bookclub.ua





STEPHEN HAWKING



ON THE SHOULDERS OF GIANTS: THE GREAT WORKS OF PHYSICS AND ASTRONOMY



RUNNING PRESS
PHILADELPHIA • LONDON

1 NEW YORK TIMES BESTSELLING AUTHOR

СТІВЕН
ГОКІНГ



НА ПЛЕЧАХ
ГІГАНТІВ

ВЕЛИЧНІ ПРОРИВИ У ФІЗИЦІ
ТА АСТРОНОМІЇ

УДК 524.8
Г59

Жодну з частин цього видання
не можна копіювати або відтворювати в будь-якій формі
без письмового дозволу видавництва

This edition a subsidiary of Hachette Book Group Inc.,
New York, New York, USA. All rights reserved.

Перекладено за виданням:
Hawking S. On The Shoulders Of Giants: The Great Works
of Physics and Astronomy / Stephen Hawking. — Philadelphia, London :
Running Press, 2004. — 258 p.

Переклад з англійської *Ярослава Лебеденка*

Дизайнер обкладинки *Анастасія Попова*

ISBN 978-617-12-8613-9
ISBN 0-7624-1898-2 (англ.)

© Stephen Hawking, 2004
© Depositphotos.com / vinkfan, об-
кладинка, 2021
© Книжковий Клуб «Клуб Сімейного
Дозвілля», видання українською
мовою, 2021
© Книжковий Клуб «Клуб Сімейно-
го Дозвілля», переклад і художнє
оформлення, 2021

ПРИМІТКА ДО ТЕКСТІВ

Тексти в цій книжці — це уривки з перекладів оригінальних друкованих видань. Ми відредагували їх в американському стилі та послідовності. Важливо також знати:

Працю «Про обертання небесних сфер» Миколая Коперника вперше опублікували 1543 року під назвою «*De Revolutionibus orbium coelestium*». Англійською її переклав Чарлз Гленн Волліс.

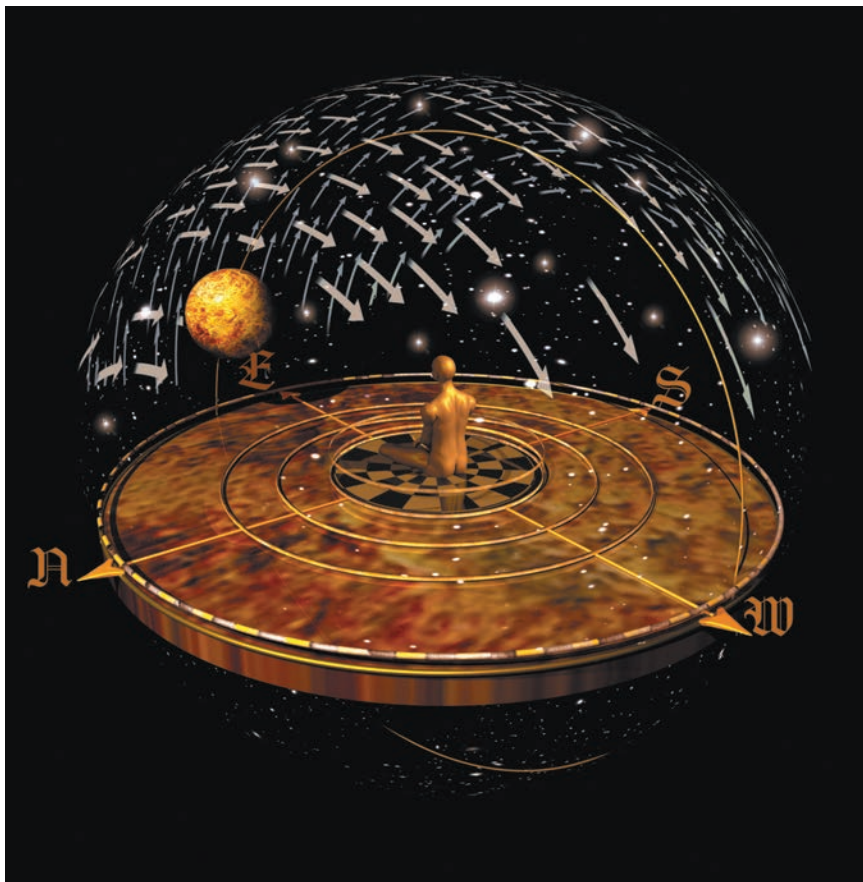
Працю «Дискурси й математичні докази щодо двох нових наук» Галілео Галілея вперше опублікував 1638 року нідерландський видавець Лодвейк Ельзевір під назвою «*Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno à due nuoue scienze*». Наш текст базується на її англійському перекладі Генрі Крю та Альфонсо де Сальвіо.

Ми обрали п'яту книгу п'ятикнижної «Гармонії світу» Йогана Кеплера. Кеплер завершив цю працю 27 травня 1618 року, видавши її під назвою «*Harmonices Mundi*». Англійською її переклав Чарлз Гленн Волліс.

Працю «Математичні принципи натуральної філософії» Ісаака Ньютона вперше опублікували 1687 року під назвою «*Philosophiæ naturalis principia mathematica*». Англійською її переклав Ендрю Мотт.

Ми вибрали п'ять праць Альберта Айнштейна з книжки «Принципи відносності: збірка оригінальних статей про спеціальну теорію відносності» Г. А. Лоренца, А. Айнштейна, Г. Мінковського та Г. Вайля. Цю збірку вперше опублікували німецькою мовою під назвою «*Des Relativitätsprinzip*» у 1922 році. Наш текст походить з перекладу В. Перретта та Дж. Б. Джеффри.

Нижче зображений Всесвіт за Птолемеєм. Один з найавторитетніших давньогрецьких астрономів свого часу (приблизно 100—170 рр. н. е.), Птолемей запропонував для обговорення геоцентричну теорію у формі, що панувала потім упродовж 1400 років.



Уявлення Птолемея про Сонце, планети та зорі давно спростоване, але наше сприйняття їх залишається птолемеївським. Ми дивимось на схід, щоб побачити світанок (хоча відносно Землі Сонце нерухоме); ми все ще спостерігаємо, як небеса рухаються над нами і використовуємо північний, південний, східний та західний напрямки, ігноруючи той факт, що наша Земля має форму кулі.

ВСТУП

«Якщо я бачив далі за інших, то лише тому, що стояв на плечах гігантів», — написав Ісаак Ньютон у листі до Роберта Гука 1676 року. Хоча ім'я Ньютона більше пов'язували з його відкриттями в оптиці, ніж його важливішою працею про силу тяжіння та закони руху, цей коментар чітко демонструє, що наука (та й уся цивілізація) — це низка покровових досягнень, кожне з яких базується на попередніх. Саме така тема цієї захопливої книжки, що за допомогою оригінальних текстів простежує розвиток нашої картини небес від революційного твердження Миколая Коперника, що Земля обертається навколо Сонця, до не менш революційного припущення Альберта Айнштайна, що простір і час вигнуті та викривлені масою й енергією. Це дуже цікава оповідь, бо Коперник та Айнштайн спричинили ґрунтовні зміни в баченні нашого місця в порядку речей. Не стало більше нашого привілейованого місця в центрі Всесвіту, вічності та визначеності, абсолютного часу та простору, яких замінили гумовими листами.

Не дивно, що обидві теорії наразилися свого часу на жорсткий спротив: інквізиції — у випадку Коперника та нацистів — у випадку Айнштайна. Сьогодні ми часто забуваємо, якою примітивною була раніша картина світу Арістотеля та Птолемея, де Земля містилася в центрі, а Сонце оберталося навколо неї. Проте не слід надто вже зневажливо ставитися до їхньої моделі, яка була аж ніяк не проста. Вона охоплювала висновок Арістотеля, що Земля — це кругла куля, а не пласка тарілка, і була неабияк точна у своєму головному призначенні, а саме передбаченні видних положень небесних тіл у небі для астрологічних цілей. Фактично вона була не менш точна, ніж єретичне припущення Коперника у 1543 році, що Земля та планети рухаються коловими орбітами навколо Сонця.

Галілей вважав припущення Коперника переконливим не тому, що воно краще відповідало спостереженням положень планет, а через його простоту та вишуканість, якщо порівняти зі складними епіциклами Птолемеєвої моделі. У творі Галілея «Дискурси й математичні докази щодо двох нових наук» персонажі Сальвіаті та Саґредо наводять переконливі аргументи на підтримку Коперника. Проте його третій персонаж Сімпліціо

продовжує захищати Арістотеля та Птолемея і наполягає, що насправді Земля нерухома, і це Сонце рухається навколо неї.

Свою вірогідність геоцентрична картина світу втратила лише після того, як праця Кеплера зробила геліоцентричну модель точнішою, а Ньютон доповнив її законами руху. Це неабияк змінило наше уявлення про Всесвіт: якщо ми — не в центрі, то чи має наше існування взагалі якесь значення? Навіщо Богам або законам природи перейматися подіями на третій каменюці від Сонця, де залишив нас Коперник? Сучасні науковці пішли далі за Коперника, шукаючи варіант Всесвіту, в якому Людина (у старому, дополітично правильному, сенсі) не відіграє взагалі жодної ролі. Хоча такий підхід успішно виявив об'єктивні безособові закони, що керують Всесвітом, він (принаймні поки що) не пояснив, чому Всесвіт такий, як він є, а не лише один з багатьох інших можливих всесвітів, що також відповідали б цим законам.

Деякі науковці можуть сказати, що ця невдача лише тимчасова і що коли ми знайдемо теорію великого об'єднання, вона однозначно описуватиме стан Всесвіту, силу тяжіння, масу та заряд електрона тощо. Проте багато властивостей Всесвіту (як і той факт, що ми перебуваємо на третій каменюці, а не другій чи четвертій) здаються довільними та випадковими, а не передбаченнями якогось серйозного рівняння. Багато людей (зокрема і я сам) вважає, що поява такого складного та структурованого Всесвіту з простих законів потребує залучення чогось під назвою антропний принцип, що повертає нас у центральне положення, на яке ми надто соромилися претендувати з часів Коперника. Антропний принцип базується на самоочевидному факті, що ми не ставили б питання про природу Всесвіту, якби Всесвіт не містив зорі, планети та стабільні хімічні сполуки, серед інших передумов (розумного?) життя, як ми його знаємо. Якби теорія великого об'єднання зробила унікальне передбачення щодо стану Всесвіту та його складників, було б дивовижним збігом, що цей стан був у тій невеличкій підмножині, де можливе життя.

Проте праця останнього мислителя в цій книжці Альберта Айнштайна підіймає нову можливість. Айнштайн відіграв дуже важливу роль у розробленні квантової теорії, яка говорить, що система не має єдиної історії, як можна було б подумати. Скорше вона має всі можливі історії з певною ймовірністю. Айнштайн

також майже одноосібно відповідальний за загальну теорію відносності, у якій простір і час вигнуті й стають динамічними. Це означає, що вони підпорядковані квантовій теорії і що Всесвіт як такий має всі можливі форми та історії. Більшість цих історій будуть не надто придатні для розвитку життя, але деякі все ж матимуть усі потрібні умови. Неважливо, якщо вони матимуть дуже низьку ймовірність відносно інших: безживні всесвіти не матимуть нікого, хто б за ними спостерігав. Достатньо, щоб там була хоча б одна історія, в якій розвивається життя, і ми самі доказ цього, хоча й, можливо, не інтелекту. Ньютон сказав, що *«стояв на плечах гігантів»*. Але як чудово ілюструє ця книжка, наше розуміння не просувається вперед лише через повільний і стабільний розвиток попереднього доробку. Іноді, як у випадку Коперника та Айнштейна, ми мусимо робити інтелектуальний стрибок до нової картини світу. Можливо, Ньютон мав би сказати: *«Я використав плечі гігантів як трамплін»*.

МИКОЛАЙ КОПЕРНИК

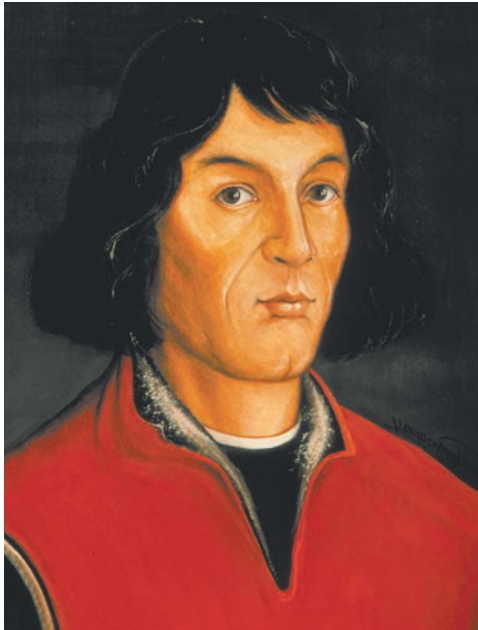
(1473—1543)

ЙОГО ЖИТТЯ ТА ДОРОБОК

Польського священника та математика XVI століття Миколая Коперника часто називають засновником сучасної астрономії. А все тому, що він перший дійшов висновку, що планети та Сонце не обертаються навколо Землі. Звісно, припущення про геліоцентричний (з Сонцем у центрі) Всесвіт існувало ще за часів Арістарха (230 рік до н. е.), але до Коперника цю ідею не сприймали серйозно. Втім, щоб зрозуміти внесок Коперника, важливо врахувати релігійні та культурні наслідки наукового відкриття в його час.

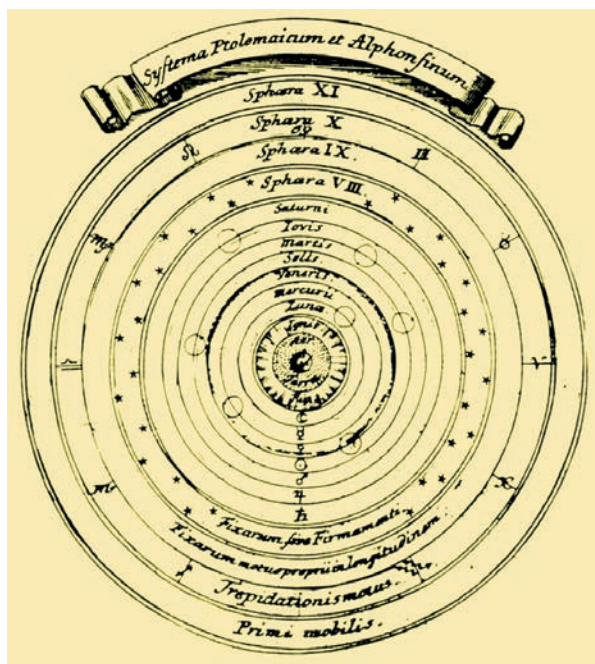
Ще в IV столітті до н. е. давньогрецький мислитель та філософ Арістотель (384—322 роки) розробив планетарну систему у своїй праці «Про небо» (*De Caelo*), зробивши висновок, що раз тінь Землі на Місяці під час затемнень завжди кругла, то світ має сферичну форму, а не плоску. Він також припустив, що Земля куляста, бо якщо спостерігати за кораблем у морі, помітно, що корпус судна зникає за горизонтом раніше, ніж вітрила.

У геоцентричному уявленні Арістотеля Земля була нерухома, а планети Меркурій, Венера, Марс, Юпітер та Сатурн, а також Сонце та Місяць рухалися коловими орбітами навколо Землі. Арістотель також вважав, що зорі нерухомо прикріплені до небесної сфери, а його масштаб Всесвіту означав, що ці прикріплені зорі не надто далі за орбіту Сатурна. Він вірив в ідеальні колові рухи і мав вагомий підставу вважати, що Земля перебуває



у спокої. Адже камінь, скинутий з вежі, падав вертикально вниз. Він не падав на захід, як можна було б від нього чекати, якби Земля оберталася з заходу на схід. (Арістотель не враховував, що камінь може брати участь в обертанні Землі). Намагаючись поєднати фізику з метафізикою, Арістотель розробив теорію «першорушії», за якою колові рухи, які він спостерігав, зумовлює якась загадкова сила, що стоїть за нерухомими зорями. Таку модель Всесвіту радо прийняли теологи, які часто тлумачили першорушіїв як ангелів, а тому уявлення Арістотеля закріпилося на довгі століття. Багато сучасних науковців вважають, що загальне визнання цієї теорії релігійною владою завадило науковому прогресові, бо кидати виклик теорії Арістотеля означало ставити під питання авторитет самої церкви.

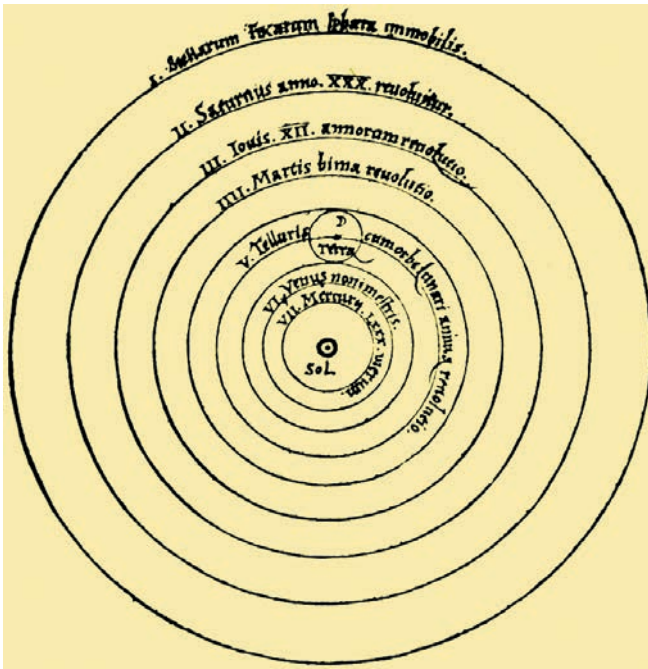
Через п'ять століть після смерті Арістотеля єгиптянин на ім'я Клавдій Птолемеус (Птолемеї) створив модель Всесвіту, що точніше передбачала рухи та поведінку небесних сфер. Як і Арістотель, Птолемеї вважав, що Земля нерухома. Предмети падають до центра Землі, зауважував він, бо та, мабуть, закріплена в центрі Всесвіту. Згодом Птолемеї розробив систему, в якій



Птолемеєва геоцентрична модель Всесвіту.

небесні тіла рухалися по обводу власних епіциклів (це коло, по якому рухається планета і яке має центр, що сам водночас рухається по обводу більшого кола). Для цього він трохи посунув Землю від центра Всесвіту і назвав цей новий центр «еквантом» — уявною точкою, що допомогла йому пояснити спостережувані рухи планет. Дібравши розміри кіл, Птолемей зміг краще передбачати рухи небесних тіл. Західне християнство не надто заперечувало проти Птолемеєвої геоцентричної системи, що залишала у Всесвіті простір за нерухомими зорями для раю та пекла, а тому церква схвалила Птолемеєву модель Всесвіту як правдиву.

Картина космосу Арістотеля та Птолемея панувала, з небагатьма серйозними модифікаціями, понад тисячу років. Лише 1514 року польський священник Миколай Коперник відродив геліоцентричну модель Всесвіту. Коперник запропонував її просто як модель обчислення положень планет, бо був переконаний, що церква може затаврувати його як єретика, якщо він запро-



Коперникова геліоцентрична модель Всесвіту.

понує її як опис дійсності. Завдяки власному вивченню рухів планет, Коперник пересвідчився, що Земля — це просто ще одна планета, а центр Всесвіту — Сонце. Ця гіпотеза стала відома як геліоцентрична модель. Відкриття Коперника стало одним з найбільших зсувів парадигми у світовій історії, відкривши шлях до сучасної астрономії та широко вплинувши на наукові знання, філософію та релігію. Немолодий уже священник довго не наважувався оприлюднити свою теорію, щоб не проковувати церковну владу на якусь гнівну відповідь, а тому приховував свою працю від усіх, крім кількох астрономів. Знакова робота Коперника «Про обертання» (*De Revolutionibus*) була опублікована, коли він уже перебував на смертному одрі, у 1543 році. Він не дожив до того, щоб стати свідком хаосу, який спричинить його геліоцентрична теорія.

Народився Коперник 19 лютого 1473 року в місті Торуні, Польща, у родині купців та муніципальних службовців, які високо шанували освіту. Його вуйко Лукаш Ватценроде, князь-єпископ



Вперше інтерес Коперника до астрономії стимулювало місячне затемнення 1500 року.

вармійський, потурбувався про те, щоб його небіж здобув найкращу академічну освіту, доступну тоді в Польщі. 1491 року Коперник вступив до Краківського університету, де він чотири роки проходив загальноосвітній курс, після чого поїхав до Італії вивчати право та медицину, що було звичайною практикою серед тогочасної польської знаті. Під час навчання в Болонському університеті (де він згодом стане професором астрономії), Коперник столувався в будинку Доменіко Марії де Новари, відомого математика, учнем якого Коперник врешті-решт став. Новара критикував Птолемея, до астрономії II століття якого ставився скептично. У листопаді 1500 року Коперник спостерігав у Римі місячне затемнення. І хоча дальші кілька років він провів в Італії, вивчаючи медицину, та прихильності до астрономії вже ніколи не втрачав.

Після здобуття ступеня доктора церковного права у 1503 році Коперник повернувся до Польщі й оселився в палаці свого вуйка в Лідзбарку-Вармінському, де займався медичною практикою при єпископському дворі. Його послугами користувалися члени королівської родини та вище духовництво, але більшу частину

свого часу Коперник витрачав на допомогу бідним. Він багато займався адміністративними питаннями єпархії, а також був радником свого вуйка. Після смерті Ватценроде в 1512 році Коперник переселився до Фромборку, де провів решту свого життя на церковній службі. Але цей знавець математики, медицини та теології тоді лише починав роботу, за яку він стане найвідомішим.

У березні 1513 року Коперник придбав 800 будівельних каменів та діжку вапна, щоб побудувати вежу для спостережень. Там він використовував астрономічні інструменти, як-от квадранти, паралактичні устави та астролібії, щоб спостерігати за Сонцем, Місяцем та зорями. Наступного року він написав «Малий коментар про гіпотези щодо небесних рухів» (*De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*), але відмовився публікувати рукопис і лише обережно розповсюдив його серед своїх найдовірениших друзів. Цей «Коментар» був першою спро-

бою винести на обговорення астрономічну теорію, що рухається саме Земля, а Сонце залишається нерухомим. Коперника перестала задовольняти астрономічна система Арістотеля — Птолемея, що панувала в західній науковій думці впродовж століть. Він вважав, що центр Землі — не центр Всесвіту, а лише центр орбіти Місяця. Коперник дійшов висновку, що видимі пертурбації у спостережуваному русі планет — це наслідок обертання самої Землі навколо своєї осі та руху орбітою. «Ми обертаємося навколо Сонця, — зауважив він у «Коментарі», — як і будь-яка інша планета».

Попри гіпотезу про геліоцентричний Всесвіт, яку висловив ще Арістарх у III столітті до н.е., теологи та інтелектуали почувалися



Птолемей з астролібією
Птолемея часто плутали з єгипетськими царями, тому зображували з короною на голові.

зручніше з геоцентричною теорією, і ту гіпотезу мало хто сприймав серйозно. Коперник розважливо утримувався від публічного розголошення своїх поглядів, віддаючи перевагу розробленню нових ідей тихо й спокійно за допомогою математичних обчислень та складних діаграм, і не дозволяючи своїм теоріям виходити за межі групи обраних друзів. Коли 1514 року папа Лев X запропонував єпископові Павлу Фоссомбронському залучити Коперника до участі в реформі церковного календаря, польський астроном відповів, що знати рухи Сонця та Місяця стосовно до тривалості року недостатньо, щоб якось вплинути на реформу. Проте цей виклик, мабуть, захопив Коперника, бо пізніше він



Дискурс теології та астрономії. Церква сподівалася, що теорії астрономії збігатимуться з офіційними доктринами теології.



Засуджених інквізицією людей спалювали.

написав папі Павлу III, тому самому, який залучив Мікеланджело до розпису Сікстинської капели, виклавши деякі спостереження, що згодом допомогли сформувати основу григоріанського календаря через сімдесят років.

Проте Коперник боявся наразитися на осуд громадськості та церкви, і багато років працював над покращенням та доповненням свого «Коментаря» конфіденційно. Результатом стала праця «Про обертання небесних сфер» (*De Revolutionibus Orbium Coelestium*), яку він завершив 1530 року, але не публікував цілих тринадцять років. До речі, ризик осуду церкви був не єдиною причиною Коперникових вагань щодо публікації. Він був перфекціоніст і вважав, що його спостереження постійно потребують перевірки та перегляду. Він продовжував виступати з лекціями про принципи своєї планетарної теорії, навіть перед папою Климентом VII, який схвалив його працю. 1536 року Климент офіційно запропонував опублікувати теорію Коперника. Але переконати свого вчителя опублікувати «Про обертання» зміг лише колишній учень Коперника 25-річний Георг Йоахім



Коперник з моделлю своєї геліоцентричної теорії Всесвіту.

Ретік з Німеччини, який покинув катедру математики у Віттенберзі, щоб навчатись у Коперника. 1540 року Ретік допоміг у редагуванні цієї праці й передав рукопис до лютеранської друкарні в Нюрнберзі, що згодом приведе до початку Коперникової революції.

Коли праця «Про обертання» нарешті вийшла 1543 року, її відразу атакували протестантські теологи, які вважали, що ідея про геліоцентричний Всесвіт суперечить Біблії. Вони стверджували, що теорії Коперника можуть привести людей до віри, що вони — лише частина якогось природного порядку, а не володарі природи і не центр, навколо якого впорядкована природа. Через цей клерикальний спротив, а може, й загальний скептицизм щодо перспектив негеоцентричного Всесвіту між 1543 та 1600 роками теорію Коперника прийняли менш ніж десятком науковців. Однак Коперник нічого не зробив для розв'язання

головної проблеми, з якою стикалася будь-яка система, у якій Земля оберталася навколо своєї осі (та навколо Сонця), а саме: як так, що земні тіла залишаються із Землею, що обертається. Відповідь запропонував Джордано Бруно, італійський науковець та щирий прибічник Коперника, який припускав, що простір може не мати меж, а наша Сонячна система може бути лише однією з багатьох подібних до неї систем у Всесвіті. Бруно також розширив деякі суто спекулятивні сфери астрономії, які Коперник не розглядав у трактаті «Про обертання». У своїх працях та лекціях італійський науковець стверджував, що у Всесвіті існує безліч світів з розумним життям, деякі, можливо, навіть з істотами, що перевершують людей. Така сміливість привернула до Бруно увагу інквізиції, яка піддала його тортурам та засудила за єретичні переконання на смерть. 1600 року його живцем спалили на багатті.

Однак загалом цей твір не мав безпосереднього впливу на сучасну астрономічну науку. У праці «Про обертання» Коперник насправді пропагує не геліоцентричну систему, а скорше геліостатичну. Він вважав, що Сонце розташоване не точно в центрі Всесвіту, а лише близько до нього, що пояснює варіації у спостережуваній ретрогресії (зворотному руху) та яскравості небесних тіл. Він стверджував, що Земля робить один повний оберт навколо своєї осі на день і обертається навколо Сонця раз на рік. У першому з шести розділів книги він заперечує Птолемеєву систему, що розміщала всі небесні тіла на орбіті навколо Землі, і встановлює правильний геліоцентричний порядок: Меркурій, Венера, Марс, Юпітер та Сатурн (шість планет, відомих на той час). У другому розділі Коперник використовує математику (а саме епіцикли та екванти) для пояснення рухів зір та планет і стверджує, що рух Сонця збігається з рухом Землі. Третій розділ дає математичне пояснення прецесії рівнодень, яку Коперник приписує обертанню Землі навколо її осі. Решта розділів праці «Про обертання» зосереджені на рухах планет і Місяця.

Коперник перший правильно розташував Венеру та Меркурій, напрочуд точно встановивши порядок відомих планет і відстань між ними. Він побачив, що ці дві планети (Венера та Меркурій) ближчі до Сонця, і зазначив, що вони обертаються всередині орбіти Землі швидше.

До Коперника Сонце вважали ще однією планетою. Розташування Сонця у віртуальному центрі планетарної системи стало початком Коперникової революції. Посунувши Землю з центра Всесвіту, де вона нібито закріплювала всі небесні тіла, Коперник мусив звернутися до теорій гравітації. Попередні гравітаційні пояснення говорили про єдиний центр тяжіння (Землю), але Коперник вивів, що кожне небесне тіло може мати власні гравітаційні якості, і заявив, що важкі тіла скрізь тяжіють до власного центра. Ця думка згодом приведе до появи теорії всесвітнього тяжіння, але її вплив не був безпосередній.

До 1543 року Коперникові спаралізувало праву частину тіла, що позбавило його фізичних і моральних сил. Явний перфекціоніст, він більше не міг контролювати свій рукопис «Про обертання» на останніх етапах друку, довіривши його своєму учневі Георгу Ретіку. Але коли Ретік мусив залишити Нюрнберг, рукопис потрапив до рук лютеранського теолога Андреаса Озіандера. Сподіваючись заспокоїти прихильників геоцентричної теорії, Озіандер вніс до тексту кілька змін без відома та згоди Коперника. Озіандер помістив на титульній сторінці слово «гіпотеза», видалив кілька важливих уривків і додав власні сентенції, що послабили ефект і переконливість праці. Подейкують, що Коперник отримав примірник уже надрукованої книжки у Фромборзі на смертному одрі, навіть не підозрюючи про виправлення Озіандера. Його ідеї жевріли у відносній невідомості ще близько ста років, але XVII століття побачило таких людей, як Галілео Галілей, Йоганн Кеплер та Ісаак Ньютон, що на підставі Коперникових теорій про геліоцентричний Всесвіт ефективно спростовували ідеї Арістотеля. Про цього скромного польського священника, який змінив уявлення людей про Всесвіт, написано багато, але найкрасномовніше про внесок Коперника сказав, мабуть, німецький письменник та науковець Йоганн Вольфганг фон Гете:

З усіх відкриттів та думок, жодна, мабуть, не мала більшого впливу на людський дух, аніж доктрина Коперника. Світ тількино став відомий як круглий та самодостатній, як його попросили відмовитися від величезного привілею бути центром Всесвіту. Мабуть, на людство ще ніколи не покладали більшої вимоги —

адже через це визнання так багато всього зникало в тумані та серпанку! Що стало з Едемом, нашим світом невинності, благочестя та поезії; свідченням органів чуття; впевненістю в поетично-релігійній вірі? Не дивно, що сучасники не бажали допустити всього цього і якомога противилися доктрині, що вимагала від своїх палких прихильників свободи поглядів та величі думок, про які ніхто раніше не відав, ба навіть не мріяв.

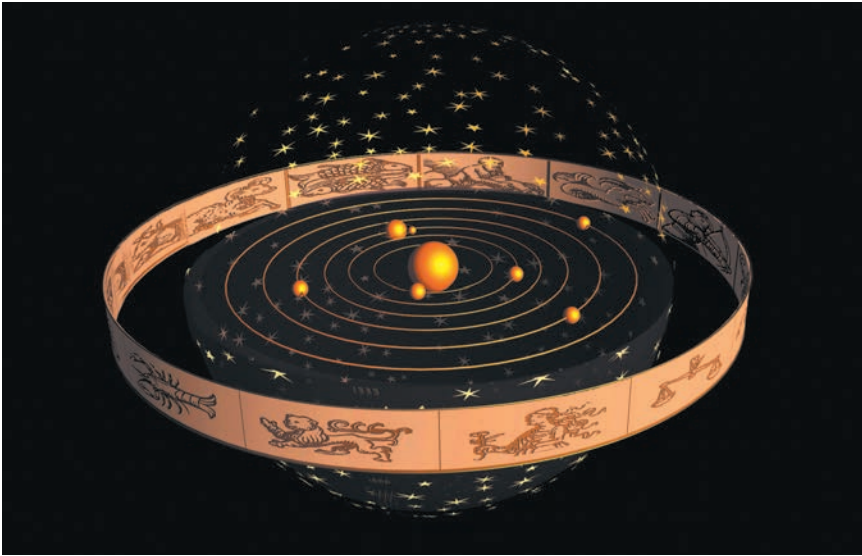
Йоганн Вольфганг фон Гете



ПРО ОБЕРТАННЯ НЕБЕСНИХ СФЕР

ЗВЕРНЕННЯ ДО ЧИТАЧА ЩОДО ГІПОТЕЗИ ЦІЄЇ ПРАЦІ¹

Після того, як новизна гіпотез цієї праці (що урухомлює Землю, а в центр Всесвіту поміщає нерухоме Сонце) вже здобула неабияку відомість, я не сумніваюся, що деякі учені мужі дуже ображені і вважають неправильним здійсмати будь-яке збурення серед давно усталених вільнодумних дисциплін. Проте, якщо вони захочуть уважно розглянути матеріал цієї праці, то виявлять, що автор не зробив нічого вартого осуду. Адже це робота астронома — використовувати копітку та кваліфіковане спостереження у складанні історії небесних рухів, а потім, якщо він не може ніякими міркуваннями досягти справжніх причин цих рухів, — вигадувати або будувати будь-які причини чи гіпотези, які йому подобаються, щоб, припускаючи ці причини, ті самі рухи можна було розрахувати, виходячи з принципів геометрії для минулого, а також майбутнього. Автор цієї праці досяг успіху в і тому, і в тому: адже не потрібно, щоб ці гіпотези були істинні чи навіть ймовірні; достатньо, щоб вони давали розрахунки, що відповідають спостереженням — хіба що тільки якимось дивом хтось такий невіглас у геометрії та оптиці, щоб вважати епіцикл Венери ймовірним та вірити, що це причина, чому Венера то передує Сонцю, то слідує за ним на кутовій відстані до 40° і більше. Бо хто ж не розуміє, що з цього припущення неодмінно випливає, що діаметр планети в перигеї має здаватися більш ніж учетверо, а тіло більш ніж ушістнадцятеро більшим, ніж в апогеї? Однак досвід усіх віків суперечить цьому². Ця дисципліна має також інші аспекти, що не менш абсурдні, але вивчати їх просто зараз немає потреби. Адже достатньо ясно, що ця наука абсолютно та глибоко не знає про причини видних нерівномірних рухів. І якщо вона конструює та вигадує ці причини (а вона, безумовно, вигадує їх чимало), вона все ж вигадує їх, не щоб переконати когось у їхній правильності, а лише щоб вони могли створити правильну базу для розрахунків. Але, враховуючи, що для одного й того самого руху, час від часу пропонують різні гіпотези, як-от ексцентриситет або епіцикл для руху Сонця, то астроном віддасть перевагу тій, яку найлегше сприй-



Всесвіт в уяві Коперника з прив'язкою до астрології

*Для тих, хто вивчав «небеса»,
астрономія нічим не відрізнялася від астрології.
Їх обидві називали «небесні науки».*

няти. Філософ, можливо, вимагатиме натомість імовірності, але жоден з них не сприйме нічого певного і не передасть це далі, якщо тільки це не буде для нього божественним одкровенням. Тож дозволимо цим новим гіпотезам явитися публіці серед старих, які самі з себе не ймовірніші, особливо враховуючи, що вони чудові та прості і несуть із собою величезну кількість наукових спостережень. А щодо гіпотез, не слід очікувати від астрономії чогось певного, адже вона не здатна запропонувати нам нічого певного, бо інакше, якщо сприймати за правду те, що сконструйоване з іншою ціллю, можна вийти з цієї дисципліни більшим дурнем, ніж увійти до неї. Нехай щастить.

КНИГА ПЕРША³

Серед багатьох різноманітних літературних та наукових досліджень, які живлять природні таланти людини, я вважаю, насамперед слід обирати та займатися з найбільшою любов'ю й турботою тими, що пов'язані з речами, дуже гарними та дуже



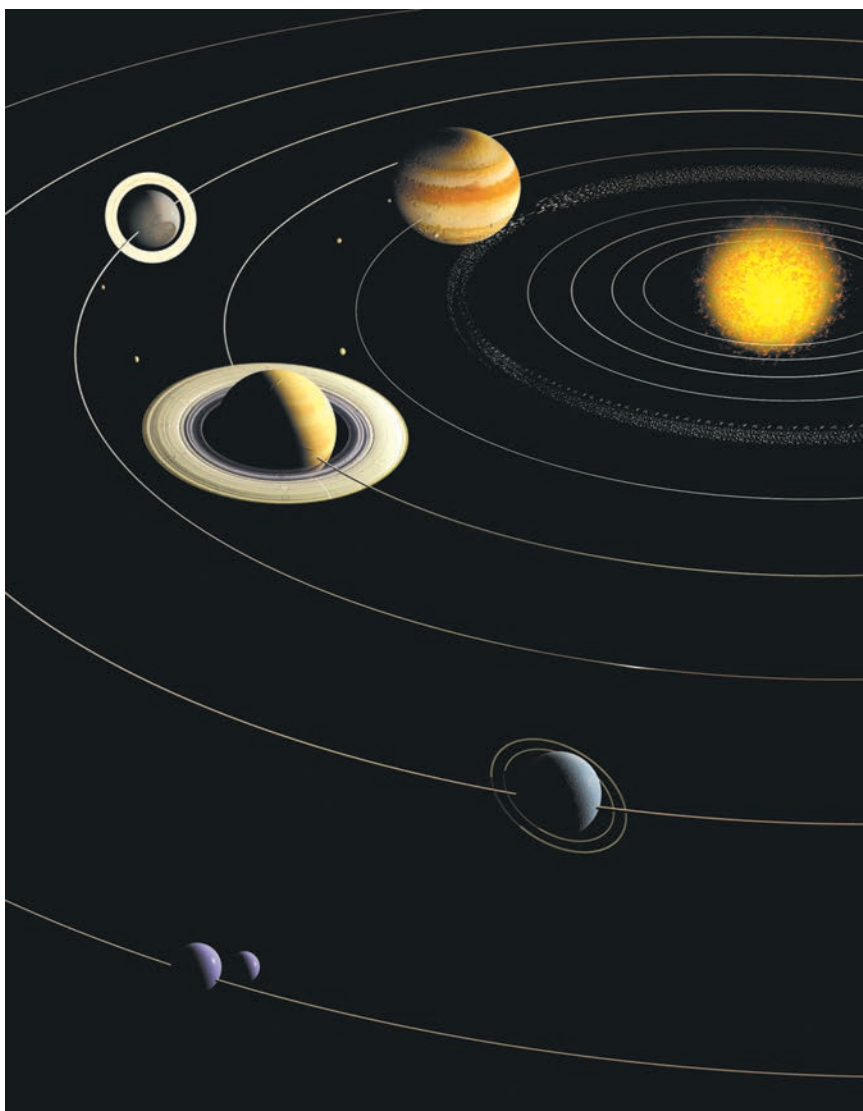
Коперник починав свої дослідження Всесвіту з астролябій, компасів, квадрантів та паралактичних устав. Ми продовжуємо ці дослідження за допомогою технологій, про які Коперник і не мріяв, на кшталт Міжнародного ультрафіолетового дослідника (IUE), що вивчає Всесвіт в ультрафіолетовому діапазоні.

вартими пізнання. Це дослідження, що мають справу з божественними коловими рухами світу та обертанням зір, їхніми параметрами, відстанями, сходами й заходами, а також причинами інших небесних явищ; і які, врешті-решт, пояснюють усю форму. Адже що може бути гарнішим за небо, що містить усе гарне? Про це ясно говорять самі назви: *Caelum* (небо) означає щось гарно вирізьблене, а *Mundus* (світ) — чистоту та вишуканість. Багато філософів називали світ видним богом через його надзвичайну досконалість. Тому, якщо оцінювати вартісність

наук предметом їхнього розгляду, ця наука (яку одні називають астрономією, інші — астрологією, а багато давніх — досконалою математикою) буде найвидатніша. Ця наука, що, безумовно, стоїть на чолі всіх вільнодумних наук і одна з найвартісніших для вільної людини, спирається майже на всі інші напрямки математики. Арифметика, геометрія, оптика, геодезія, механіка та будь-які інші — всі вони роблять до неї свій внесок. А що ціль усіх хороших наук — відвернути розум людини від пороків та спрямувати його до кращого, то ці науки здатні робити це масштабніше, на додачу до неймовірної втіхи розуму (якої вони завдають). Адже чи не прокинеться людина, після присвяти себе тому, що вона вважає частиною найкращого порядку, керованою божественним керуванням, завдяки старанному спогляданню та певному звиканню, до кращого і чи не дивуватиметься вона Творцеві всього суцього, у якому все щастя та благо? Адже божественний псалміст, безумовно, не дарма сказав, що він черпає задоволення у працях Божих і насолоджується діяннями рук Його, якщо тільки за допомогою цього, неначе за допомогою якогось засобу, ми досягнемо споглядання найвищого блага.

А тепер щодо їхньої користі й краси для спільного блага, якщо не брати до уваги безліч переваг, які вони дають окремим громадянам. Про це надзвичайно добре сказав Платон, який у сьомій книзі «Законів» зазначає, що цим вивченням слід займатися особливо, бо завдяки його впорядкуванню днів у місяці та роки і визначенню часу для урочистостей та жертвоприношень держава може залишатися живою та пильною. Він також каже, що якщо хтось заперечує, що це вивчення потрібне людині, що збирається осягнути якусь найвищу сферу знань, така особа мислить нерозумно. Платон вважає, що неможливо стати богоподібним або називатися так, якщо не мати потрібних знань про Сонце, Місяць та зорі.

Проте й ця скорше божественна, ніж людська наука, що вивчає найвище, не позбавлена складнощів. Зокрема, ми бачимо, що серед її принципів та припущень, що їх давні греки називали «гіпотези», багато з тих, хто до них брався, не доходили згоди, а тому використовували неоднакові методи обчислень. Крім того, курси планет та обертання зір не можна визначати точними розрахунками та зводити до ідеальних знань, якщо



Зображення Сонячної системи, як ми її бачимо сьогодні, багато в чому підтверджує уявлення Коперника.

тільки з плином часу та за допомогою багатьох попередніх спостережень їх не можна, так би мовити, передати у спадок. Бо навіть якщо Клавдій Птолемей Александрійський, який стоїть далеко попереду всіх інших завдяки своїй чудовій старанності

та працьовитості, за допомогою понад сорока років спостережень вивів цю науку на таку висоту, що, здавалося, не залишилося нічого, чого б він ще не зачепив, ми все одно бачимо, що дуже багато чого не узгоджується з рухами, які мають впливати з його вчення, а скорше з рухами, відкритими пізніше та невідомими йому. Тому навіть Плутарх, говорячи про відновний сонячний рік каже: «Наразі рух зір не піддається засобам математики». І якщо взяти за приклад сам рік, я думаю, добре відомо, скільки різних думок існує про нього, тому багато людей вже й не сподівається ризикнути точно його визначити. Аналогічно, щодо інших планет я спробую (з Божою допомогою, без якої ми ні на що не здатні) вивчити їх детальніше, бо що більший проміжок часу між нами та засновниками цієї науки (відкриття яких ми можемо порівняти з новими, які зробили самі), то більше засобів ми маємо на підтримку власної теорії. Ба більше, я зізнаюся, що трактуватиму багато чого інакше, ніж мої попередники — хоча й з їхньою допомогою, бо це вони першими відкрили шлях до вивчення цих аспектів.



Доказ того, що Земля куляста, Петер Аніан, XVI століття.

1. ПРО ТЕ, ЩО СВІТ СФЕРИЧНИЙ

Спершу ми маємо зазначити, що світ має форму кулі: або тому, що ця фігура найдосконаліша з усіх, бо нероздільно ціла і не потребує жодного з'єднання, або тому, що лише ця фігура має найбільший об'єм, а отже особливо придатна для того, що має охоплювати та зберігати все, чи навіть тому, що окремі частини світу, як-от Сонце, Місяць та зорі, мають вигляд такої форми, або тому, що все у світі тяжіє до обмеження такою формою, як

помітно у крапель води та інших рідин, коли вони обмежують самі себе. А тому будь-хто без коливань скаже, що таку форму повинні мати й небесні тіла.

2. ПРО ТЕ, ЩО ЗЕМЛЯ ТАКОЖ СФЕРИЧНА

Земля також має форму кулі, бо вона з усіх боків спирається на свій центр. Але її не сприймають відразу як ідеальну сферу, через велику висоту гір та низькість долин, хоча ті змінюють її загальну округлість лише дуже незначною мірою.

Це стає ясно далі. Коли люди подорожують звідкись на північ, північна вершина осі добового обертання поступово підіймається над головою, а інша опускається вниз тією самою мірою; багато зір, розташованих на півночі, видно, що більше не заходять, а багато на півдні не сходять. Тому Італія не бачить Каноус, який бачить Єгипет. Натомість Італія бачить останню зорю Річки Йордан, яку не бачать райони, розташовані в холоднішій зоні. І навпаки, для людей, які подорожують на південь, друга група зір стає вищою в небі, тоді як високі для нас стають нижчими.

Ба більше, нахили полюсів мають скрізь однакове відношення що стосується місць на рівних відстанях від полюсів Землі, і цього немає в жодній іншій фігури, крім кулястої. Звідси випливає, що Земля сама міститься між полюсами, а отже вона куля.

Додайте до цього факту, що мешканці Сходу не помічають вечірніх затемнень Сонця та Місяця; як і мешканці Заходу — вранішніх затемнень; тоді як з мешканців проміжних районів одні бачать їх раніше, а інші пізніше.

Ба більше, мореплавці помічають, що води теж обмежені цією фігурою; наприклад, коли сушу не видно з палуби корабля, її можна побачити з верхівки щогли і навпаки, якщо прикріпити до верхівки щогли щось блискуче, людям на березі здаватиметься, що воно поступово опускається з віддаленням корабля від землі, поки врешті-решт не сховається, неначе заходячи.

Крім того, визнано, що вода, яка від природи тече, завжди шукає нижчі місця (так само, як земля) і не підіймається берегом вище, ніж дає можливість його опуклість. Саме тому суша так вище там, де вона підіймається з океану.



*Вигляд Землі з космосу, що показує,
як суша та вода утворюють єдину кулю.*

3. ПРО ТЕ, ЯК СУША ТА ВОДА УТВОРЮЮТЬ ЄДИНУ КУЛЮ

А отже океан, що омиває сушу, несе свої води скрізь і заповнює ними глибші порожнини. Відповідно, води повинно було бути менше, ніж суші, щоб уся Земля не була просочена водою (бо вони обидві тяжіють до одного центра через свою вагу), щоб залишились якісь частини суші — як-от помітні тут і там острови — для збереження живих істот. Адже що таке континент та світ взагалі, як не острів, що більший за решту? Не слід слухати деяких перипатетиків, які стверджують, що води вдесятеро

більше, ніж суші, і які роблять такий висновок, бо у процесі перетворення елементів зрідження однієї частини Землі дає десять частин води. І вони кажуть, що суша піднялася на певну відстань тому, що маючи порожнини всередині, незбалансована скрізь щодо ваги, а тому центр ваги відрізняється від центра величини. Але вони помиляються через незнання геометрії, бо не знають, що не може бути всемеро більше води, ніж суші, і якась частина землі все одно залишається сухою, якщо тільки земля не полишить свого центра ваги і не поступиться місцем водам як важчим. Адже кулі відносяться одна до одної як куби їхніх діаметрів. Тому якби було сім частин води і одна частина суші, діаметр суші не міг бути більшим за радіус кулі вод. Тому ще менш можливо, щоб води було вдесятеро більше. Вивести, що немає різниці між центрами величини та ваги Землі, можна з того факту, що опуклість суші, яка виступає з океану, не рівномірна, бо в такому разі вона відбивала б морські води якнайбільше і ніяк не дала б пробитися внутрішнім морям та величезним затокам. Ба більше, від берега глибина безодні не переставала б зростати, а тому людям, що запливали б дуже далеко, не трапився б жоден острів, риф чи якийсь клаптик суші. Проте добре відомо, що практично в центрі світу між Єгипетським та Червоним морем немає і двох миль. Натомість Птолемей у своїй «Космографії» продовжує населені землі аж до середнього кола і залишає цю частину Землі як невідому, куди потім додали Китай та інші величезні райони до 60° довготи, так що населена суша продовжується за довготою далі за решту океану. А якщо додати до цього острови, відкриті в наш час під орудою Іспанії та Португалії, а особливо Америки (названої на честь капітана корабля, який її відкрив), яку вважають новим світом через її безмежні простори, крім багатьох інших островів, поки невідомих, нас не надто здивує, якщо там будуть антиподи чи антихтони. З геометричних міркувань мусимо вважати, що Америка розташована діаметрально протилежно Індії Гангу.

І з усього цього я роблю висновок, що суша та вода спираються на один центр ваги, такий самий, як центр величини суші, бо суша важча; що частини суші, які неначе роззявлені, заповнені водою і що, відповідно, води проти суші мало, навіть якщо більша частина поверхні, видається, вкрита водою.



Уявлення Коперника про розподіл суші та води було напрочуд точне для його часу.

Тепер потрібно, щоб суша та навколишні води мали фігуру, яку відкидає тінь Землі, бо та затемнює Місяць, проєктуючи на нього ідеальний круг. Отже, Земля не площина, як вважали Емпедокл та Анаксімен, не схожа на тимпан, як у Левкіппа, не схожа на човен, як у Геракліта, не вигнута якимось інакше, як у Демокріта, не циліндрична, як у Анаксимандра, і не нескінченна у своїй нижній частині, що густішає в бік коріння, як вважав Ксенофан, а ідеально кругла, як вбачали її філософи.

4. ПРО ТЕ, ЩО РУХ НЕБЕСНИХ ТІЛ РІВНОМІРНИЙ, КОЛОВИЙ ТА ВІЧНИЙ АБО УТВОРЕНИЙ З КОЛОВИХ РУХІВ

Після цього згадаймо, що рух небесних тіл коловий. Адже рух сфери — це обертання по колу, бо сама ця дія відображує її форму в найпростішому тілі, де початок та кінець не можна виявити чи відрізнити один від одного, коли вона рухається через одні й ті самі частини сама в собі.

Але рухів багато, з огляду на велику кількість сфер чи орбітальних кіл⁴. Найочевидніше з усіх добове обертання — яке давні греки називали *νυχθημερον*, тобто таке, що має часовий проміжок дня і ночі. За допомогою такого руху начебто переміщується зі сходу на захід весь світ — за винятком Землі. Цей рух беруть як загальний показник усіх рухів, бо навіть самий час ми вимірюємо здебільшого кількістю днів.

Далі ми бачимо інші, неначе протилежні обертання, тобто із заходу на схід, з боку Сонця, Місяця та мандрівних зір. Тож Сонце дає нам рік, Місяць — місяці, найпоширеніші періоди часу, а кожна з інших п'яти планет дотримується власного циклу. Проте ці рухи багато в чому відрізняються від першого руху. Насамперед тим, що вони не обертаються навколо тих самих полюсів, як за першого руху, а тримаються нахиленої екліптики, а також тим, що вони, схоже, не рухаються своїми орбітами рівномірно. Адже спостереження показують, що Сонце та Місяць часом рухаються повільніше, а часом швидше. І ми помічаємо, що п'ять мандрівних зір іноді навіть рухаються в зворотний бік, зупиняючись проміж цих двох рухів. І хоча Сонце завжди рухається прямо своїм маршрутом, вони мандрують по-різному, іноді відхиляючись на південь, а іншим разом на північ — чому їх і називають мандрівні зорі або «планети». Додайте до цього факту, що іноді вони ближче до Землі (і тоді кажуть, що вони в перигеї), а іншим разом далі (і тоді кажуть, що вони в апогеї).

Однак ми мусимо визнати, що ці рухи колові або утворені з багатьох колових рухів, бо вони зберігають свої нерівномірності згідно з незмінним законом та фіксованими періодичними зворотними рухами: а цього б не могло бути, якби вони не були колові. Бо лише коло може повернути те, що минуло та пішло; і тому, наприклад, Сонце рухом, утвореним з колових

ЗМІСТ

| | |
|------------------------------------|-----|
| <i>Примітка до текстів</i> | 5 |
| <i>Вступ</i> | 7 |
| Миколай Коперник (1473—1543) | 10 |
| Галілео Галілей (1564—1642)..... | 48 |
| Йоганн Кеплер (1571—1630) | 94 |
| Ісаак Ньютон (1642—1727)..... | 144 |
| Альберт Айнштайн (1879—1955)..... | 188 |
| Стівен Гокінг | 247 |
| <i>Додаткові пояснення</i> | 249 |
| <i>Подяки за ілюстрації</i> | 252 |

Популярне видання

ГОКІНГ Стівен
На плечах гігантів.
Величні прориви у фізиці та астрономії

Головний редактор *С. І. Мозгова*
Відповідальний за випуск *О. М. Шелест*
Редактор *О. В. Телемко*
Художній редактор *А. О. Попова*
Технічний редактор *В. Г. Євлахов*
Коректор *Т. О. Іванченко*

Підписано до друку 18.02.2021.
Формат 60x90/16. Друк офсетний.
Гарнітура «Georgia». Ум. друк. арк. 16.
Наклад 2000 пр. Зам. № .

Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля»
Св. № ДК65 від 26.05.2000
61001, м. Харків, вул. Б. Хмельницького, буд. 24
E-mail: cor@bookclub.ua

Віддруковано з готових діапозитивів на ПП «ЮНІСОФТ»
Свідоцтво ДК №3461 від 14.04.2009 р. www.unisoft.ua
61036, м. Харків, вул. Морозова, 13Б

UNISOFT

