

ЗМІСТ

<i>Передмова..</i>	10
--------------------	----

ЧАСТИНА І. ДАВНЬОГРЕЦЬКА ФІЗИКА

<i>1. Матерія та поезія</i>	17
<i>2. Музика та математика</i>	28
<i>3. Рух та філософія</i>	34
<i>4. Елліністична фізика та техніка</i>	42
<i>5. Стародавня наука та релігія.</i>	53

9 _____

ЧАСТИНА ІІ. ДАВНЬОГРЕЦЬКА АСТРОНОМІЯ

<i>6. Використання астрономії</i>	63
<i>7. Вимірювання Сонця, Місяця та Землі</i>	69
<i>8. Проблема планет</i>	81

ЧАСТИНА ІІІ. СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

<i>9. Араби</i>	103
<i>10. Середньовічна Європа.. ..</i>	121

ЧАСТИНА ІV. НАУКОВА РЕВОЛЮЦІЯ

<i>11. Розгадка Сонячної системи</i>	140
<i>12. Початок експериментів</i>	176
<i>13. Перегляд методу.</i>	187
<i>14. Ньютонівський синтез</i>	199
<i>15. Епілог. Велике спрощення</i>	234

<i>Подяки</i>	245
<i>Технічні примітки</i>	246
<i>Примітки</i>	333
<i>Бібліографія</i>	347

ПЕРЕДМОВА

10

Я фізик, а не історик, але з роками мене дедалі більше зачаровує історія науки. Це просто виняткова тема, одна з найцікавіших у людській історії. Це також історія, до якої науковці, як-от я, мають особистий інтерес. Знання минулого науки може допомогти в сучасних дослідженнях, проливши на них світло, а деяких учених воно мотивує в їхній нинішній роботі. Ми сподіваємося, що наші дослідження стануть частиною (хай навіть маленькою) великої історичної традиції природничих наук.

Там, де історії стосувалися мої попередні роботи, то була здебільшого сучасна історія фізики та астрономії з кінця XIX століття й дотепер. Хоч у цю епоху ми дізналися багато нового, завдання та стандарти фізичної науки суттєво не змінилися. Якби 1900 року фізікам якось розповіли про сучасну стандартну модель космології або фізику елементарних частинок, вони знайшли б для себе багато дивовижного, але сама ідея пошуку математично сформульованих та експериментально підтверджених об'єктивних принципів, що пояснюють широке розмаїття явищ, здалася б їм доволі знайомою.

Нещодавно я вирішив, що маю зануритися глибше, щоб більше дізнатися про давніші періоди історії науки, коли її завдання та стандарти ще не набули своєї нинішньої форми. Як цілком природно для університетського викладача, захотівши більше дізнатися про щось, я зголосився прочитати курс із цього предмета. Тож упродовж останнього десятиліття в Техаському університеті я періодично читав історію фізики та астрономії студентам-старшокурсникам, які не мали спеціальної підготовки з фізики, математики чи історії. З лекційних нотаток для тих курсів і виросла ця книжка.

Просуваючись у роботі над книжкою, я, схоже, зумів запропонувати щось, що трохи виходить за межі простої оповіді: погляд сучасного вченого на науку минулого. Я скористався цією можливістю, щоб пояснити свої уявлення про природу фізичної науки, а також про її безперервні заплутані зв'язки з релігією, технікою, філософією, математикою та естетикою.

Певна наука була й у доісторичні часи, адже природа постійно демонструвала людям розмаїття дивовижних явищ: вогонь, грози, мо-

ровиці, рух планет, світло, припливи тощо. Спостереження за подіями у світі привели до корисних узагальнень: вогонь пече, грім передвіщає дощ, а припливи найвищі, коли Місяць повний або новий тощо. Ці узагальнення стали частиною народної мудрості. Але то тут, то там деякі люди хотіли більшого, ніж просто збирати факти. Вони прагнули пояснювати світ.

Це було нелегко. Наші попередники не лише не мали теперішніх знань про світ — найважливіше, що вони зовсім не мали уявлень про те, що означає розуміти світ, а також як цього навчитися. Знову і знову, готуючи лекції для свого курсу, я був вражений, наскільки робота науковця в минулі століття відрізнялася від науки мого часу. Як говорять про це часто цитовані рядки роману Л. П. Гартлі: «Минуле — як закордон; вони там усе роблять інакше». Сподіваюсь, у цій книжці мені вдалося дати читачеві уявлення не лише про те, що відбувалося в історії точних наук, а й про те, як все це було нелегко.

Отже, ця книжка не лише про те, як ми дійшли до розуміння різноманітних речей про світ. Цілком природно, що це розглядає будь-яка історія науки. Натомість у цій книжці я зосередився на дещо іншому — на тому, як ми навчилися пізнавати світ.

Я цілком усвідомлюю, що слово «пояснюючи» в заголовку цієї книжки порушує проблеми для філософів науки. Вони вже заявляли, що складно провести чітку межу між поясненням та описом (мені доведеться трохи поговорити про це в розділі 8). Але ця книжка більшою мірою з історії, ніж із філософії науки. Пояснення я розумію як щось заздалегідь не визначене, так само, як у звичайному житті, коли ми намагаємося пояснити, чому якийсь кінь виграв перегони або чому якийсь літак розбився.

Слово «відкриття» в підзаголовку також проблематичне. Я думав використати підзаголовок «Винайдення сучасної науки». Зрештою, наука навряд чи була б можлива без людських істот, які її практикують. Я вибрав «відкриття» замість «винайдення», щоб показати, що наука така, яка є, не так через різноманітні випадкові історичні винаходи, як через особливості самої природи. Попри всю свою недосконалість, сучасна наука — це техніка, достатньо добре налаштована на природу, щоб працювати; це практика, завдяки якій ми можемо отримувати достовірні знання про світ. У цьому сенсі це техніка, що чекала, поки її відкриють люди.

Отже, про відкриття науки можна говорити в такому самому ключі, як історик може говорити про відкриття сільського господарства.

Попри всю свою різноманітність та недосконалість, сільське господарство таке, яке воно є, бо його практики доволі добре налаштовані на біологічні реалії, щоб працювати, — вони дають нам змогу вирощувати харчові продукти.

Цим підзаголовком я також хотів дистанціюватися від небагатьох соціальних конструктивістів, які ще залишилися: соціологів, філософів та істориків, що намагаються пояснити не лише процес, а й результати науки як продукти конкретного культурного середовища.

Серед усіх галузей науки ця книжка акцентуватиме увагу на фізиці та астрономії. Саме у фізиці, особливо в її застосуванні до астрономії, наука вперше набула своєї сучасної форми. Звісно, є певні межі, у яких науки на кшталт біології (принципи якої дуже залежать від історичних випадковостей) можна або варто моделювати за фізикою. Утім, у певному сенсі розвиток наукової біології, а також хімії в XIX і XX століттях можна вкласти в модель революції у фізиці XVII століття.

Сьогодні наука є міжнародним — можливо, найбільш міжнародним — аспектом нашої цивілізації, але відкриття сучасної науки сталося в місці, яке можна умовно назвати Заходом. Сучасна наука засвоїла свої методи з досліджень, здійснених у Європі під час наукової революції, які, у свою чергу, виникли з роботи, проведеної в Європі та арабських країнах за часів Середньовіччя, а також, врешті-решт, з ранньої давньогрецької науки. Багато наукових знань Захід запозичив звідусіль: геометрію — з Єгипту, астрономічні дані — з Вавилону, техніки арифметики — з Вавилону та Індії, магнітний компас — з Китаю тощо. Однак, як мені відомо, Захід не імпортував *методів* сучасної науки. Тому ця книжка виділятиме Захід (включно із середньовічним ісламським світом) саме в тому ключі, проти якого Освальд Шпенглер та Арнольд Тойнбі: я мало що казатиму про науку за межами Заходу, а також взагалі нічого не казатиму про цікавий, але абсолютно ізольований прогрес, досягнутий у доколумбовій Америці.

Розповідаючи про це, я близько підходитиму до небезпечної зони, якої старанно уникають сучасні історики, — судження про минуле за мірками теперішнього. Особливо церемонитися я не маю наміру. Я не боюся критикувати методи й теорії минулого із сучасного погляду. Я навіть знайшов певне задоволення в розкритті деяких помилок, яких припустилися видатні діячі науки і про які історики чомусь не згадують.

Історик, що присвячує роки вивченню праць якоїсь великої людини минулого, може дійти до перебільшення справжніх досягнень сво-

го героя. Я спостерігав це на прикладі досліджень про Платона, Арістотеля, Авіценну, Гросетеста й Декарта. Але моєю метою тут є не звинувачувати якихось натурфілософів минулого в дурості. Радше, показуючи, які далекі ці дуже розумні люди були від нашого нинішнього поняття про науку, я хочу продемонструвати, як складно було відкрити сучасну науку, які неочевидні її практики та стандарти. Це також є попередженням, що наука, можливо, ще не набула своєї остаточної форми. У кількох місцях цієї книжки я припускаю, що який би великий не був прогрес, досягнутий у наукових методах, сьогодні ми, можливо, повторюємо окремі помилки минулого.

Деякі історики науки неначе змовилися не згадувати, вивчаючи науку минулого, нинішні наукові знання. Натомість я надаю особливого значення використанню теперішніх знань, щоб зрозуміти минуле наук. Наприклад, спроби зрозуміти, як елліністичні астрономи Аполлоній та Гіппарх розробили теорію обертання планет навколо Землі петельними епіциклічними орбітами, використовуючи лише доступні їм дані, можуть бути дуже цікавою інтелектуальною вправою. Але це просто неможливо, бо багато з тих даних назавжди втрачені. Однак ми знаємо, що в стародавні часи Земля та планети оберталися навколо Сонця майже круговими орбітами так само, як і сьогодні, і за допомогою цих знань можемо зрозуміти, як дані, доступні давнім астрономам, підказали їм їхню теорію епіциклів. У будь-якому разі, як можна сьогодні, читаючи про давню астрономію, забувати наші знання про те, що насправді обертається навколо чого в Сонячній системі?

Для читачів, які хочуть глибше зрозуміти, як міркування науковців минулого відповідають тому, що існує в природі, наприкінці цієї книжки наведені «Технічні примітки». Щоб стежити за основним текстом книжки, читати ці примітки необов'язково, але деякі читачі можуть дізнатися з них кілька цікавих моментів із фізики та астрономії, як це зробив я сам, коли їх готував.

Сьогодні наука не є тим, чим була на початку свого розвитку. Її результати стали неупередженими. Натхнення та естетичне судження в розвитку наукової теорії важливі, але підтвердження цих теорій покладається зрештою на об'єктивні експериментальні перевірки їхніх передбачень. Хоч у формулюванні фізичних теорій та розробленні їхніх наслідків використовують математику, наука не є галуззю математики, а наукові теорії не можна вивести внаслідок суто математичних міркувань. Наука й техніка ідуть на користь одна одній, але наукові

дослідження на їхньому найфундаментальнішому рівні не мають якоїсь практичної мети. Хоча наука не має однозначних відповідей на запитання про існування Бога або життя після смерті, її метою є пошук суто натуралістичних пояснень природних явищ. Науці властиво накопичувати знання: кожна нова теорія містить успішні попередні теорії як окремі випадки й навіть пояснює, чому й за яких умов ці теорії працюють.

Ніщо з цього не було очевидним для вчених Стародавнього світу або Середньовіччя, і все це було лише з великими складнощами засвоєне під час наукової революції XVI і XVII століть. Від самого початку нічого схожого на сучасну науку не планували. То як же тоді ми дійшли до наукової революції та вийшли за її межі, де й перебуваємо нині? Саме це ми маємо спробувати дізнатися, вивчаючи відкриття сучасної науки.

Частина I

ДАВНЬОГРЕЦЬКА ФІЗИКА

[>>> Купити книгу на сайті kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

Під час або ще до розквіту давньогрецької науки суттєві внески до техніки, математики й астрономії робили вавилоняни, китайці, єгиптяни, індійці та інші народи. Однак Європа взяла свою модель та натхнення саме з Греції, і саме в Європі почалася сучасна наука, тому давні греки відіграли у відкритті науки особливу роль.

Можна нескінченно сперечатися про те, чому саме давні греки досягли так багато. Можливо, на це вплинуло те, що давньогрецька наука зародилася, коли греки жили невеликими незалежними містами-державами, у багатьох із яких панувала демократія. Але, як ми побачимо нижче, своїх найбільш неймовірних наукових успіхів давні греки досягли вже після того, як ці невеличкі держави були поглинуті потужними силами — елліністичними царствами, а потім Римською імперією. В елліністичні та римські часи давні греки зробили до науки та математики такі внески, які не були суттєво перевершені аж до наукової революції XVI і XVII століть у Європі.

Ця частина моєї розповіді про давньогрецьку науку присвячена фізиці, тоді як астрономію розглянуто у другій частині. Я поділив першу частину на п'ять розділів, присвячених у більш чи менш хронологічному порядку п'яти способам мислення, з якими була узгоджена наука: поезії, математиці, філософії, техніці та релігії. Тема взаємозв'язків науки з цими п'ятьма інтелектуальними «сусідами» виникатиме знову й знову впродовж усієї книжки.

Матерія та поезія

Спочатку підготуймо сцену. До VI століття до н.е. західне узбережжя нинішньої Туреччини було впродовж деякого часу населене давніми греками, що переважно говорили іонійським діалектом. Найбагатшим та наймогутнішим з іонійських міст був Мілет, заснований у природній гавані поблизу місця, де річка Меандр впадає в Егейське море. Саме в Мілеті більш ніж на століття раніше за часи Сократа давні греки почали розмірковувати про основну субстанцію, з якої складається світ.

Уперше я дізнався про мілетців, ще будучи студентом Корнельського університету й вивчаючи курси історії та філософії науки. На лекціях я чув, як мілетців називали «фізиками». У той час я також відвідував заняття з фізики, зокрема лекції із сучасної атомної теорії матерії. Мені тоді здалося, що між мілетською та сучасною фізикою дуже мало спільного. Не те щоб мілетці не мали рації щодо природи матерії; радше я просто не міг зрозуміти, як вони дійшли своїх висновків. Історичні записи про давньогрецькі ідеї щодо цього до часів Платона фрагментарні, але я був цілком упевнений, що в архаїчну та класичну епохи (приблизно з 600 до 450 і з 450 до 300 року до н. е. відповідно) ані мілетці, ані якісь інші давньогрецькі дослідники природи зовсім не міркували так, як це роблять сучасні науковці.

Перший мілетець, про якого щось відомо, — Фалес, що жив приблизно на два століття раніше за Платона. Він начебто передбачив сонячне затемнення, яке, як ми знаємо, сталося в 585 році до н. е. і яке було видно з Мілета. Навіть якщо врахувати вавилонські записи про затемнення, малоімовірно, що Фалес міг би зробити таке передбачення, бо будь-яке сонячне затемнення видно лише з обмеженого географічного району. Однак той факт, що Фалесу його приписували, демонструє, що він, мабуть, жив на початку 500-х років до н. е. Ми не знаємо, чи виклав Фалес якісь зі своїх ідей на папері. У будь-якому разі нічого з його творів не збереглося навіть у згадках пізніших авторів.

Він є легендарною постаттю, одним із тих (як і його сучасник Солон, який начебто створив Афінську конституцію), кого за часів Платона називали одним із «семи мудреців» Греції. Наприклад, Фалес мав репутацію людини, що довела або ж привезла з Єгипту відому геометричну теорему (див. технічну примітку 1). Для нас тут важливо те, що Фалес, як вважають, дотримувався думки, що вся матерія складається з єдиної основної субстанції. Згідно з «Метафізикою» Арістотеля, «більшість перших філософів вважала основи природи матерії єдиними основами всіх речей... Натомість Фалес, засновник цієї філософської школи, говорить, що основою є вода»¹. Набагато пізніше (близько 230 року н. е.) Діоген Лаертський, біограф давньогрецьких філософів, писав: «Його доктриною було те, що універсальною первинною субстанцією є вода і що світ живий та повний божеств»².

Чи мав на увазі Фалес, говорячи про «універсальну первинну субстанцію», що вся матерія складається з води? Якщо так, то ми жодним чином не можемо пояснити, як він дійшов такого висновку, але якщо хтось переконаний, що вся матерія складається з єдиної спільної субстанції, тоді вода — це непоганий кандидат. Вода існує не лише у формі рідини, її також можна легко перевести у твердий стан унаслідок заморожування або в пару внаслідок кип'ятіння. Вода також, безумовно, необхідна для життя. Проте ми не знаємо, чи вважав Фалес, що каміння, наприклад, дійсно сформоване зі звичайної води, або лише припускав, що є щось основне, що пов'язує каміння та всі інші тверді тіла із замерзлою водою.

Фалес мав учня чи помічника Анаксимандра, який дійшов іншого висновку. Він теж вважав, що є якась єдина початкова субстанція, але не асоціював її з жодним звичайним матеріалом. Радше Анаксимандр ідентифікував її як якусь загадкову субстанцію, яку називав безмежною, або нескінченною. Щодо цього ми маємо опис його поглядів у викладі Сімплікія — неоплатоніста, що жив приблизно на тисячу років пізніше. Сімплікій наводить начебто пряму цитату з Анаксимандра, позначену тут курсивом:

З тих, хто говорить, що [основа] єдина, рухома й безмежна, Анаксимандр, син Праксіада, мілетець, наступник та учень Фалеса, вважав, що безмежними є і основа, і елемент всього сущого. Він казав, що це ані вода, ані якийсь інший із так званих елементів, а якась інша безмежна природа, з якої народжуються небеса та світи в них; і що речі, з яких відбувається народження всього