

Стівен Гокінґ Леонард Млодінов Великий замисел

1. Загадка життя

Життя людське коротке, і, поки живемо, ми зможемо пізнати тільки крихітну частину Всесвіту. Але люди — створіння допитливі. Ми ставимо питання. Шукаємо відповідей. Прийшовши у величезний світ, то добрий, то злий до нас, вглядаючись у неозоре небо над головою, люди завжди замислювалися над питаннями: як зрозуміти світ, у якому ми опинилися? Як влаштовано Всесвіт? Що є реальністю? Звідки все взялося? Чи можливий Всесвіт без Бога? Ми не думаємо про це постійно, але кожна людина час від часу задається такими питаннями.

Заведено, що цими питаннями займається філософія, але вона мертва. Філософія безнадійно відстала від сучасної науки, особливо від фізики. Естафету знань тепер несуть науковці, а не філософи. Мета нашої книжки — дати відповіді на ці питання, спираючись на останні наукові

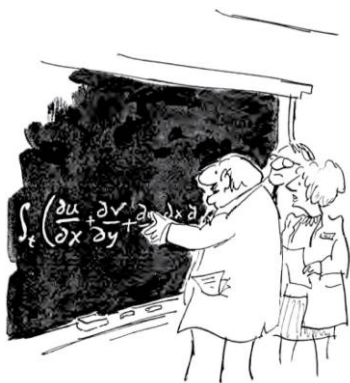
відкриття й теорії¹. Вони приводять нас до нової картини світу, яка дуже відрізняється від традиційної, навіть тієї, що ми малювали десять-двадцять років тому.

Однак перші ескізи цієї картини накреслено майже століття тому.

У традиційній концепції Всесвіту всі тіла рухаються по чітких траєкторіях і мають конкретну історію. Ми можемо визначити їхнє точне розташування в будь-який момент часу. Такий підхід цілком задовольняє наші повсякденні потреби, але у 1920-х роках з'ясувалося, що в «класичну» картину не вписуються дивні явища, які спостерігаються на атомному і субатомному

¹ Слово «теорія» у повсякденному житті та в науці має різні смислові обертони. У звичному лексиконі теорія — це щось «відмінне від практики», «недоведене», синонім гіпотези. Теорія в науці — це система найбільш достовірних уявлень про світ, яка виростає з гіпотез, перевірена експериментально і дає надійні передбачення; тобто наукова гіпотеза — не синонім наукової теорії. Простих людей збиває з пантелику слово «закон»: у Ньютона закон (щось твердо установлене), а в Дарвіна теорія (читай — щось недоведене). Тим часом закони Ньютона — це окремий випадок квантово-механічної теорії, а теорію Дарвіна (вона лежить в основі синтетичної теорії еволюції) підтверджує маса доказів, від палеонтологічних до молекулярно-генетичних. (*Тут і далі прим. перекл.* .)

рівнях. Довелося сформулювати іншу теорію, яку назвали квантовою фізикою. Квантові теорії дивовижно точно передбачали події у мікросвіті й водночас давали ті самі прогнози, що й старі класичні теорії, коли йшлося про звичайний макроскопічний світ. Та квантова й класична фізика спираються на абсолютно різні уявлення про фізичну реальність.



«...І це моя філософія».

Квантові теорії можна формулювати по-різному, але найбільш влучно їх підсумував Річард Фейнман, дуже колоритна особистість. Він працював у Каліфорнійському технологічному інституті й любив пограти на барабанах у місцевому стрип-клубі. Згідно з Фейнманом,

будь-яка система має не одну історію, а всі можливі історії. У пошуках відповідей на наші питання, ми докладно пояснимо, що Фейнман мав на увазі, і розглянемо ідею, що у Всесвіту немає однієї-єдиної історії, немає навіть незалежного існування. Навіть для багатьох фізиків це звучить радикально. Багато ідей у сучасній науці, здається, суперечать здоровому глузду, так і ця. Але здоровий глузд спирається на повсякденний досвід; у Всесвіту, про який ми дізнаємося завдяки дивовижним технологіям, що дозволяють зазирнути всередину атома або в початки часів, глузд зовсім інший.

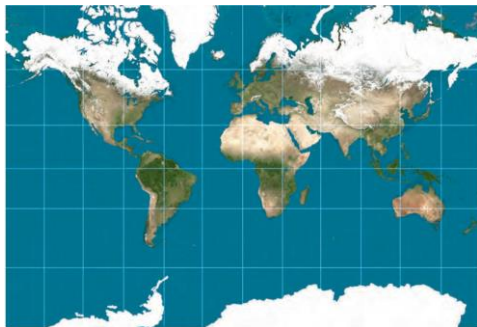
До виникнення сучасної фізики вважалося, що джерело знань про світ — спостереження, тобто речі такі, якими виглядають, якими ми їх сприймаємо через органи чуття. Але успіхи сучасної фізики, яка спирається на концепції типу фейнманівської і, здається, суперечить здоровому глузду, показали, що це не так. Простодушне сприйняття реальності не узгоджується з сучасною фізикою. Щоб якось дати раду таким парадоксам, ми будемо триматися підходу, який назвемо модель-залежним реалізмом. Річ у тому, що наш мозок інтерпретує сигнали органів чуття і буде модель світу. Коли така модель задовільно пояснює події, ми схильні наділяти її, а також елементи й концепції, з яких ця модель складається,

властивостями реальності, абсолютної істини. Але ж одне фізичне явище можна змоделювати по-різному, виходячи з різних фундаментальних засад і концепцій. Якщо дві фізичні теорії однаково точно передбачають одні й ті самі події, то чому одна реальніша за іншу? Ми цілком можемо використовувати ту, що зручніша.

Історія науки — це ланцюжок дедалі кращих теорій: від Платона до класичної фізики Ньютона і сучасних квантових теорій. Виникає питання: чи дійдемо ми коли-небудь до кінця ланцюжка, до фінальної теорії Всесвіту, яка охопить усі фізичні взаємодії і передбачить усі спостереження, чи будемо нескінченно покращувати теорії та наближатися до досконалої? Остаточної відповіді поки що немає, але є кандидат на фінальну теорію всього, якщо така існує, — це так звана М-теорія. Наразі це тільки модель, але вона має всі властивості, які мусить, на нашу думку, включати в себе фінальна теорія, — саме на М-теорію спирається більша частина цієї книжки.

М-теорія — не теорія у звичному значенні цього слова. Це комплект різних теорій, кожна з яких добре описує окремий клас фізичних явищ. Щось схоже на карту. Всі знають, що достовірно показати земну поверхню на одній карті неможливо. Звична проекція Меркатора, яку використовують на картах світу, перебільшує

площі (що далі на північ або південь, то більше), а полюсів і зовсім не показує. Щоб правильно показати земну поверхню, знадобиться набір карт — за фрагментами. Аркуші перекриватимуться і в місцях стиків показуватимуть один і той самий ландшафт. Так само й М-теорія: хай там як сильно відрізняються її складові, можна вважати, що все це різні іпостасі однієї загальної теорії, справедливі тільки в певному діапазоні величин, наприклад при малих енергіях. Ці теорії теж перекриваються, мов аркуші в проекції Меркатора, і передбачають однакові явища. Але як пласка карта не може правильно показати всю поверхню землі, так і одна теорія не може описати всі можливі спостереження.



Карта світу. Щоб адекватно описати Всесвіт, може знадобитися низка теорій, які перекриватимуться, мов аркуші в атласі світу.

Ми розкажемо, які відповіді про створення світу дає М-теорія. Згідно з М-теорією, наш Всесвіт — не єдиний. Вона передбачає, що з нічого виникла величезна кількість всесвітів і для цього не потрібне втручання Бога, надприродної істоти. Вони виникають природним шляхом за законами фізики. Їх передбачає наука. У кожного всесвіту багато можливих історій і багато можливих станів у пізніші часи, як-от нинішній, тобто через тривалий час після того, як вони виникли. Більшість цих станів зовсім не схожі на видимий нами Всесвіт і абсолютно не надаються для будь-яких форм життя. Тільки в дуже небагатьох станах можуть теоретично існувати схожі на людей істоти. Сама наша присутність вибирає з гігантського набору всесвітів тільки ті, які сумісні з нашим існуванням. І хоча в масштабах космосу людина мізерна, це в певному сенсі робить її володаркою творіння.

Щоб зрозуміти Всесвіт на найглибшому рівні, нам треба знати не тільки *як* його влаштовано, а й *чому*.

Чому є щось, а не нічого?

Чому ми існуємо?

Чому існує саме цей набір законів, а не інший?

Ось Головне питання Життя, Всесвіту і Всякого Такого. Ми спробуємо на нього

відповісти. Автостопери по галактиці знають відповідь — «42», але наша інша².

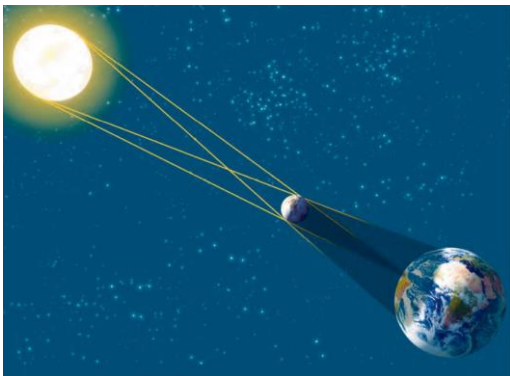
2. Влада закону

*Скьоль ім'я вовка,
Він женеться за богом осяйним
До лісу спасіння.
А інший — це Хате,
Родвітнера син,
Він ловить ясну наречену.*
Мова Грімніра, Старша Едда

У скандинавській міфології вовки Скьоль і Хате полювали на сонце й місяць. Коли вовк наздоганяв свою жертву, траплялося сонячне або місячне затемнення. Тоді люди кидалися рятувати небесне світило, здіймаючи галас, щоб налякати й відігнати вовків. Схожі міфи є й у інших культурах. З часом люди не могли не помітити, що сонце й місяць повертаються після затемнення, незалежно

² Алюзія на гумористичний роман британського фантаста Дугласа Адамса «Автостопом по галактиці» (1979). Штучний інтелект на «Головне питання Життя, Всесвіту і Всякого Такого», подумавши мільйони років, відповів «42». Це число в субкультурах стало мемом (безглузда відповідь на риторичне питання).

від того, рятували їх криком і стуком чи ні. Мали вони помітити й те, що затемнення трапляються не спонтанно, а регулярно, з певною періодичністю. Найлегше було помітити закономірність місячних затемнень — давні вавилоняни навчилися досить точно їх передбачати, хоч і не розуміли, чому вони відбуваються (Земля заступає світло Сонця). Сонячні затемнення передбачати важче, бо із Землі їх добре видно тільки у вузькій смузі завширшки кілометрів п'ятдесят. Та все ж було очевидно, що затемнення залежать не від примхи богів, а підлягають якимсь законам.



***Затемнення** . Люди в давнину не розуміли, чому відбуваються затемнення, але помітили в них певну систему та періодичність.*

Люди досить рано навчилися передбачати рух небесних тіл, але більшість природних явищ здавалися непередбачуваними. Виверження вулкана, землетрус, буря, епідемія, врослий у палець ноги ніготь — усе це відбувалося без видимої причини й закономірності. У давнину подібні напасті звикли приписувати волі злостивих і мстивих божеств. У катаклізмах люди часто бачили знак того, що чимось розгнівали богів. Наприклад, близько 5600 років до нашої ери почалося виверження вулкана Мазама, що на території сучасного штату Орегон. Воно тривало кілька років і спричинило невпинні дощі, які врешті-решт заповнили кратер, і утворилося озеро Крейтер-Лейк. В індіанців племені кламатів є легенда, яка докладно описує цю геологічну подію і додає драматичних деталей — винна у всьому людина. Люди завжди знайдуть на свою голову провину, тут у нас справжній талант. Легенда розповідає, що вождь Нижнього світу Лао закохався у доньку вождя кламатів. Вона відмовила йому, і, прагнучи помсти, Лао захотів знищити кламатів вогнем. Та вождь Вишнього світу Скел пожалів людей і вступився за них: почалася велика битва. Врешті-решт поранений Лао втік у гору Мазама, лишивши великий кратер, який заповнився водою.

Не знаючи законів природи, стародавні люди придумували богів, які керували всіма проявами людського життя. Існували боги любові, війни, сонця, землі, неба, океану, річок, дощу, грому, були навіть боги вулканів і землетрусів. Коли боги в доброму гуморі, вони дають людям хорошу погоду й мир, не допускають природних катастроф і пошестей. Розгнівавшись, вони насилають посуху, війну, мор та епідемії. Люди не бачили зв'язку причин і наслідків у природі, тому воля богів здавалася незбагненною і лишалося покладатися на їхню милість. Та десь 2600 років тому, починаючи з Фалеса Мілетського (бл. 624 — бл. 546 до н. е.), люди почали дивитися на світ по-іншому. З'явилася ідея, що в природі діють певні принципи і їх можна розшифрувати. Почався довгий процес пізнання — божественний промисел помалу поступався місцем уявленню про Всесвіт, яким керують закони природи, створений за задумом, який люди колись розгадають.

Якщо взяти всю історію людства, то наука — явище досить нове. Наш вид гомо сапієнс виник в африканській савані близько 200 000 років тому. Писемність з'явилася десь за 7000 років до нашої ери в рільничих суспільствах. (У найстаріших зразках писемності, які до нас дійшли, є згадки про денну норму пива на людину.) Найдавніші писемні зразки великої старогрецької цивілізації сягають

дев'ятого століття до нашої ери, але її розквіт, «класичний період», почався на кількасот років пізніше, у п'ятому столітті до нашої ери. Саме тоді, за словами Арістотеля (384–322 до н. е.), Фалес першим припустив, що світ пізнаваний, а все розмаїття подій можна звести до простих принципів і пояснити їх без міфічних і божественних конструкцій.

Вважається, що Фалес першим передбачив сонячне затемнення 585 року до нашої ери, але, швидше за все, йому просто пощастило точно вгадати. Він волів жити «в тіні» й не лишив по собі текстів. Дім Фалеса був одним з інтелектуальних центрів Іонії, області в Малій Азії, яку колонізували греки, — вплив Іонії сягав від сучасної Туреччини до Італії. Іонійська наука шукала фундаментальних законів природи і стала яскравою сторінкою в інтелектуальній історії людства. Представники цієї школи сповідували раціональний підхід і в багатьох випадках дійшли висновків, дивовижно схожих на сучасні, отриманих за допомогою значно складнішого інструментарію. Це був великий початок. Та з часом здобутки іонійської школи пішли в забуття — все це довелося винаходити і відкривати знову, іноді не один раз.



Іонія. Учені стародавньої Іонії першими пояснювали природні явища дією законів природи, а не міфами та релігією.

За легендою, перше математичне вираження «закону природи» дав іонієць Піфагор (бл. 580 — бл. 490 до н. е.). Усі знають про знамениту теорему, названу його іменем: квадрат гіпотенузи (довгої сторони) прямокутного трикутника дорівнює сумі квадратів катетів (двох інших сторін). Вважається, що Піфагор відкрив математичне співвідношення між довжиною струни музичного інструмента і висотою звука. Говорячи сучасною мовою, частота коливань струни за певної напруги (тобто кількість вібрацій за секунду) обернено пропорційна її

довжині. Це пояснює, чому в бас-гітари мають бути довші струни, ніж у звичайної. Цілком може бути, що все це відкрив не Піфагор і теорему Піфагора вивів не він, але є свідчення, що про зв'язок довжини струни і висоти звука в його часи знали. У такому разі цю просту математичну формулу можна вважати першим зерном теоретичної фізики.

Крім «закону струн» Піфагора, у правильному вигляді стародавні люди знали тільки три фізичні закони. Їх вивів Архімед (бл. 287 — бл. 212 до н. е.), поза сумнівом найвидатніший фізик античності. Сучасне вираження «закону важеля»: мала сила може підняти велику вагу тому, що важіль збільшує силу пропорційно відстані від плеча до точки опори. Згідно із «законом плавучості», на будь-яке тіло, занурене в рідину, діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі витисненої цим тілом рідини. А «закон відбиття» стверджує, що кут між променем світла і дзеркалом дорівнює куту між дзеркалом і відбитим променем світла. Утім, Архімед не називав їх законами і не пояснював на основі спостережень і вимірювань. Він розумів їх як математичні теореми, елементи аксіоматичної системи по типу тієї, що Евклід сформулював у геометрії.

З утвердженням іонійського впливу з'являлися й інші вчені, які теж вважали, що у Всесвіті існують внутрішні принципи, порядок,

який можна зрозуміти через спостереження і умовиводи. Анаксимандр (бл. 610 — бл. 546 до н. е.), друг і, можливо, учень Фалеса, говорив, що раз людське немовля безпорадне, то перша людина не могла з'явитися немовлям, бо не вижила б. На думку Анаксимандра, люди мали розвинутися з інших тварин, які дають більш загартоване потомство — у цій думці можна побачити перший натяк на теорію еволюції.

На Сицилії чоловік на ім'я Емпедокл (бл. 490 — бл. 430 до н. е.) спостерігав, як працює клепсидра, цей інструмент іноді використовували як черпак. Клепсидра — це сферична посудина з відкритою горловиною і дрібними дірочками у дні. Якщо клепсидру занурити у воду, вона набереться, а якщо потім закрити горловину, то вода при підйомі не витече. Емпедокл помітив: якщо закрити горловину до того, як занурити клепсидру, вона не набереться. Він зробив висновок, що воді заважає увійти в дірочки щось невидиме — і відкрив матеріальну субстанцію, яку ми називаємо повітрям.

Приблизно в той самий час Демокріт (бл. 460 — бл. 370 до н. е.) з іонійської колонії в Північній Греції міркував, що відбувається, коли предмет ділять на частини. Він дійшов висновку, що нескінченно ділити неможливо і все, навіть живі істоти, складається з елементарних частинок, які

далі вже не діляться. Він назвав ці частинки «атомами», що грецькою означає «неподільний». Демокріт вважав, що всі явища матеріального світу — це результат взаємодії атомів. У його теорії, названій атомізмом, усі атоми рухаються у просторі і, якщо їх не чіпати, можуть рухатися по прямій нескінченно. Зараз ми називаємо це «законом інерції».

Революційну думку, що люди — звичайні собі істоти, а не якісь суперстворіння, наділені привілеєм жити в центрі Всесвіту, вперше висловив Арістарх (бл. 310 — бл. 230 до н. е.), один з останніх учених іонійської школи. Зберігся тільки один його розрахунок — складний геометричний аналіз спостережень розміру тіні Землі на Місяці під час місячного затемнення. Із цих спостережень він робив висновок, що Сонце має бути значно більшим за Землю. Арістарх першим висловив думку, що Земля — не центр світу, а разом з іншими планетами обертається довкола Сонця; можливо, його надихала ідея, що маленькі об'єкти мають рухатися довкола великих, а не навпаки. Від усвідомлення, що Земля — звичайна планета, лишався один крок до ідеї, що й у Сонці немає нічого особливого. Арістарх щось таке й припускав і вважав, що зорі на небі — це просто дуже далекі сонця.

Крім іонійської, існували й інші школи грецької філософії — кожна мала свою думку про світ. На жаль, вплив іонійських поглядів на природу (що її можна пояснити загальними законами і звести до кількох принципів) протримався недовго, століття-два. Зокрема тому, що в іонійських теоріях не лишалося місця для таких понять, як «свобода волі», «призначення», «божественний промисел», а саме вони, як здавалося давнім людям, правлять світом. Грецьких мислителів ці лакуни непокоїли так само, як і багатьох наших з вами сучасників. Наприклад, філософ Епікур (341–270 до н. е.) заперечував атомізм на тій підставі, що «краще триматися міфів про богів, ніж стати «рабом» долі натурфілософів». Арістотель теж не прийняв концепцію атомів — йому здавалася дивною думка, що людина складається з мертвих неодухотворених частинок. Здогадка іонійських мудреців, що людина не є центром Всесвіту, — важлива віха в розумінні космосу, але вона не знайде відгуку в сучасників, забудеться і повернеться аж через двадцять століть, в епоху Галілея.

Давні греки висловили багато проникливих припущень про світ, але більшість їхніх ідей у наші дні не вважалися б науковими. По-перше, греки не сформулювали наукового методу і їхні теорії не передбачали експериментальної перевірки. Якщо

один учений говоритиме, що атом рухається по прямій, поки не зіштовхнеться з іншим атомом, а опонент заперечить, що атом рухається по кривій, поки не зіштовхнеться з циклопом, то не існувало об'єктивного способу визначити, хто має рацію. По-друге, греки не розрізняли природних і людських законів. Наприклад, у п'ятому столітті до нашої ери Анаксимандр писав, що все суще виникає з першооснови і повертається в неї, щоб «заплатити належне і прийняти кару за кривди свої». А іонійський філософ Геракліт (бл. 535 — бл. 475 до н. е.) вважав, що Сонце «поводиться» так, а не інакше, через страх перед богинею справедливості. Школа стоїків, яка сформувалася у третьому столітті до нашої ери, провела нарешті різницю між законами природи і людськими установами, але до законів природи стоїки зарахували норми поведінки, які здавалися їм універсальними, наприклад шанування богів або синівський послух. І навпаки, вони мислили природні процеси в «юридичному» ключі та вважали, що до законів природи можна примусити, навіть якщо об'єкти «примусу» неодоухотворені. Тут людей до правил дорожнього руху не привчиш, а уявіть примусити астероїд рухатися по еліпсу!

Ця традиція впливала на вчених упродовж багатьох століть. У тринадцятому столітті християнський філософ Тома Аквінський

(бл. 1225–1274) у схожому ключі доводив існування Бога: «Очевидно, що тіла неодухотворені рухаються до своєї мети не випадково, а згідно з певним наміром... А отже, існує розумна істота, яка направляє усе в природі». Ще в кінці шістнадцятого століття великий німецький астроном Йоганн Кеплер (1571–1630) вважав, що планети «сприймають» і свідомо дотримуються законів руху, які засвоїли «умом».

Уявлення про те, що законам природи слід свідомо коритися, пов'язане з тим, що стародавні люди передусім замислювалися над питанням, чому природа поводить себе саме так, а не інакше, а не питанням, як саме поводить себе природа. Одним із головним пропагандистів такого підходу був Арістотель — він заперечував науку, яка на перше місце принципово ставить спостереження. У кожному разі точні вимірювання і математичні обрахунки у давні часи були справою непростою. Зручна і звична нам десяткова система числення склалася аж у сьомому-восьмому століттях нашої ери, коли індійці придумали, як зробити з чисел потужний інструмент обрахунку. Знаки «плюс» і «мінус» виникли аж у п'ятнадцятому столітті. А знак «дорівнює» і годинник із секундною стрілкою у шістнадцятому.

А от Арістотель не бачив у вимірюваннях і обрахунках великої проблеми для розвитку