

# Великий замисел

**Автор:**

Стівен Млодинов

Великий замисел

Стивен Уильям Хокинг

Леонард Млодинов

Книжка написана живою мовою й розрахована на широке коло читачів без академічних знань з фізики. Це історія Всесвіту, в контексті якої автори спростовують традиційну теорію його появи, по-новому осмислюють теорію Великого вибуху та заперечують думку про те, що Земля – єдина планета, на якій є життя. Що, як окрім нашої галактики та всесвіту існує безліч інших унікальних космічних об'єктів?

Стивен Хокинг, Леонард Млодинов

Великий замисел

© Stephen Hawking and Leonard Mlodinow, 2010

© Peter Bollinger, original art, 2010

© Sciencecartoonsplus.com, cartoons

© Hemiro Ltd, видання українською мовою, 2018

\* \* \*

## 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 теорії[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.). 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 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 будує 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 досконалості? 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 інша[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).].

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 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 Скек 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 *homo sapiens* 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, лишився 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 говорить, 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 установленнями, 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» неодухотворені. 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 неодоухотворені] 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 головних 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 непростю. 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 фізики, спроможної давати кількісні передбачення. Він вважав, що без цього можна обійтися. Арістотель будував свою фізику на принципах, які приваблювали його інтелектуальною красою – відкидав «несуттєві» факти та цікавився передусім причинами того, що відбувається, ніж з'ясуванням, що ж саме відбувається. Він поправляв свої висновки, тільки якщо вони надто явно розбігалися з результатами спостережень, і дуже часто ці поправки стосувалися одного конкретного випадку і просто згладжували суперечність, а не знімали її. Хоч як сильно його теорія віддалялася від реальності, завжди можна було «підкрутити» її так, щоб вона виглядала адекватною і несуперечливою. Наприклад, арістотелівська теорія руху стверджувала, що тіла падають зі сталою швидкістю, яка пропорційна вазі тіла. На пояснення очевидного факту, що з падінням тіло явно набирає швидкість, Арістотель вивів новий простий принцип: наближаючись до природного стану спокою, тіла рухаються більш радісно, а тому прискорюються. Прекрасне пояснення, але воно більше підходить людям, аніж неживим предметам. Теорії Арістотеля погано передбачають, що не завадило їм грати в науці першу скрипку майже дві тисячі років.

Наступники античних греків християни відкинули ідею, що у Всесвіті панують байдужі закони природи. Думка, що людина не пуп Всесвіту, їм теж не подобалася. І хоч доба Середньовіччя не народила одної послідовної філософської системи, тодішні люди вважали, що Всесвіт – творіння Господа, а вивчати краще теологію, ніж явища природи. І справді, 1277 року єпископ паризький Темп'є за велінням папи римського Йоана XXI опублікував список із 219 богопротивних ересей. У списку значилася й віра в те, що в природі існують закони, бо це суперечило уявленню про всемогутність Господа. Цікаво, що через кілька місяців понтифік став жертвою закону земного тяжіння – на нього обвалився дах палацу.

Нинішнє уявлення про закони природи сформувалося в сімнадцятому столітті. У сучасному сенсі першим це поняття розумів, напевно, Кеплер, хоч, як ми вже говорили, він сповідував анімістичні погляди на світ (тобто вважав фізичні об'єкти одухотвореними). Галілео Галілей (1564–1642) не вживав поняття «закон» у наукових трактатах (хоч воно фігурувало в деяких перекладах його творів). Та саме він відкрив дуже багато законів і захищав важливі принципи, що суть науки – спостереження, а мета – пізнати кількісний вимір фізичних явищ. Чітко і строго концепцію законів природи, як ми розуміємо її сьогодні, першим висловив Рене Декарт (1596–1650).

«За все своє довге правління я зрозумів одне: стає спекотніше».

Декарт вважав, що всі фізичні явища треба пояснювати через зіткнення рухомих мас, які підлягають трьом законам – предтечам знаменитих ньютонівських законів руху. Він стверджував, що ці закони діють завжди і скрізь, і прямо заявляв, що рухомим тілам не треба мати розум, аби їм підлягати. Декарт також зрозумів значення того, що ми називаємо «початковими умовами» – тобто стану системи на початку проміжку часу, на який ми хочемо зробити прогноз. Знаючи початкові умови та закони природи, можна визначити, як система буде розвиватися в часі, але без початкових умов вивести це неможливо. Якщо, наприклад, у нульовий момент часу голуб прямо над головою зайнявся «точковим бомбометанням», то падіння «бомби» визначають закони Ньютона. Але результат буде дуже різний, залежно від того, що робив голуб у нульовий момент – сидів на телеграфному дроті чи пролітав зі швидкістю двадцять

кілометрів за годину. Щоб застосувати фізичні закони, треба знати, з чого починала система, принаймні її стан у певний момент часу. (Ці ж закони дозволяють простежити стан системи назад у часі.)

Коли більш-менш утвердилася віра в існування законів природи, з'явилися спроби якось узгодити їх із поняттям Бога. На думку Декарта, Бог міг на власний розсуд міняти істинність або хибність етичних положень і математичних теорем, але не законів природи. Декарт вважав, що Бог установив порядок у природі, але не міг вибирати її законів, бо вони єдино можливі. Може здаватися, що це замах на всемогутність Господа, але Декарт викрутився, заявивши, що закони природи незмінні, бо вони відображають внутрішню природу самого Бога. Якщо так, то Господь міг створити багато різних світів – у кожному свій набір законів, але Декарт і це заперечив. Незалежно від стану матерії на початку часів, доводив він, з часом неодмінно мав виникнути світ, ідентичний нашому. Мало того, Декарт вважав, що, запустивши світ у рух, Господь полишив його самого по собі.

Схожі погляди (за деякими винятками) сповідував Ісаак Ньютон (1643–1727). Він відкрив три закони руху і закон гравітації, які описували рух Землі, Місяця і планет та пояснювали такі явища, як морські припливи і відпливи. Завдяки Ньютону у світі утвердилося сучасне поняття наукового закону. Рівняння Ньютона і розроблений ним математичний апарат лягли в основу сучасної науки, їх досі вивчають у школі та повсюдно використовують: без них архітектор не збудує будинку, інженер не спроектує автомобіля, фізик не розрахує траєкторію запуску марсохода. Як написав англійський поет Александр Поуп:

Закони Всесвіту п'ятьма густа ховала.

«Хай буде Ньютон!» – Бог сказав. – І світло стало.

Сучасні вчені скажуть так: закон природи – це виведене на основі повторюваних спостережень регулярне правило, яке дає прогнози, що виходять за межі безпосередніх ситуацій, з яких його вивели. Наприклад, можна помітити, що сонце щоранку сходить на сході, і вивести правило: «сонце завжди сходить на сході». Це узагальнення виходить за межі наших спостережень і дає перевірюваний прогноз на майбутнє. А твердження «комп'ютери в нашій конторі чорні» не буде законом природи, бо воно стосується тільки комп'ютерів у нашій конторі та не забезпечує прогнозів типу такого: «Якщо контора купить новий

комп'ютер, він буде чорний».

Сучасний сенс поняття «закон природи» – предмет давніх філософських дискусій, це питання набагато тонше, ніж може здаватися. Наприклад, філософ Джон Керол порівняв твердження «всі золоті сфери – діаметром менше кілометра» з твердженням «всі сфери з урану-235 – діаметром менше кілометра». Наші спостереження кажуть, що не буває золотих сфер такого діаметра, і можна бути впевненим, що ніколи не буде. Але немає підстав думати, що їх не буває в принципі, тому таке твердження не вважається законом. З іншого боку, твердження «всі сфери з урану-235 – діаметром менше кілометра» можна вважати законом природи, бо, судячи з того, що нам відомо про ядерну фізику, сфера з урану-235 вибухне і знищить себе, якщо її діаметр перевищить певний поріг, сантиметрів п'ятнадцять. Отже, можна бути впевненим, що таких сфер не існує. (І що зробити таку сферу – ідея погана!) Це важливий момент: він показує, що не всі узагальнення, виведені зі спостережень, є законами природи; що більшість законів природи – елемент великої взаємопов'язаної системи.

Сучасна наука формулює закони природи мовою математики. Вони бувають точні й приблизні, але неодмінно спираються на спостереження і строго виконуються – якщо не скрізь і всюди, то принаймні за чітко окреслених умов. Наприклад, ми знаємо, що закони Ньютона не виконуються, якщо об'єкти рухаються зі швидкостями, близькими до швидкості світла. Та все ж це закони, бо вони прекрасно виконуються у повсякденному світі, де швидкості набагато нижчі.

Якщо природою керують закони, то постає три питання:

1. Звідки взялися закони?
2. Чи бувають винятки з цих законів, тобто дива?
3. Чи існує тільки один набір законів?

Над цими важливими питаннями замислювалися науковці, філософи, теологи. Традиційна відповідь на перше питання (відповідь Кеплера, Галілея, Декарта і Ньютона): закони установив Господь. По суті, це означає, що Бог – втілення законів природи. Якщо не наділяти його деякими іншими рисами, як-от у старозавітного Бога, то вважати Бога відповіддю на перше питання означає замінити одну загадку на іншу. Тоді виникне заковика з другим питанням: чи

існують дива, тобто винятки із законів?

Відповіді на друге питання дуже розділилися. Платон і Арістотель, найвпливовіші мислителі античності, вважали, що закони не мають винятків. Але якщо йти за Біблією, то Господь не тільки установив закони, але й може у відповідь на молитву робити з них винятки: вилікувати смертельно хворого, зупинити посуху, повернути крокет в олімпійську програму. На відміну від Декарта, майже всі християнські мислителі вважали, що Господь здатен призупиняти дію законів і являти чудеса. У чудеса вірив навіть Ньютон. Він вважав, що орбіти планет мають бути нестабільні, бо гравітаційне тяжіння однієї планети до іншої впливатиме на орбіти, і з часом планети або впадуть на Сонце, або розлетяться з Сонячної системи. Він вірив, що Господь поправляє орбіти, «заводить небесний годинник». А от П'єр-Сімон, маркіз де Лаплас (1749–1827), якого зазвичай називають просто Лапласом, доводив, що порушення орбіт мають не накопичуватися, а бути періодичними, йти повторюваними циклами. Відповідно, Сонячна система здатна перезапуститися і без божественного втручання – це й пояснює, чому вона досі існує.

Вважається, що саме Лаплас першим сформулював принцип наукового детермінізму: якщо врахувати стан Всесвіту в конкретний момент часу, то повний набір законів природи визначить як його майбутнє, так і минуле. Цей принцип не передбачав існування див і активної ролі Бога. Сформульований Лапласом принцип наукового детермінізму і є відповіддю сучасного науковця на питання номер два. Власне, це фундамент усієї сучасної науки, на ньому ґрунтується і книжка, яку ви читаєте. Закон науки – не закон науки, якщо він виконується, тільки допоки яка-небудь надприродна істота не вирішить утруситися. Кажуть, ніби Наполеон, все зрозумівши, спитав Лапласа, як же в його картину вписується Господь.

«Сір, ця гіпотеза мені не знадобилася», – відповів Лаплас.

Раз люди живуть у Всесвіті та взаємодіють з іншими об'єктами, то принцип наукового детермінізму має стосуватися й людей. Однак багато хто вважає, що науковий детермінізм охоплює тільки фізичні явища, бо люди, на їхню думку, мають свободу волі. Наприклад, Декарт, захищаючи ідею свободи волі, стверджував, що людський розум і фізичний світ – це різні речі й розум не підлягає законам природи. На його думку, людина складається з двох сутностей – душі й тіла. Тіло – це просто механізм, а от душа не підпорядковується науковим законам. Декарт дуже цікавився анатомією

та психологією і вважав, що душа міститься у крихітній ділянці мозку, яку медики називають епіфізом, або шишкоподібною залозою – в епіфізі, мовляв, виникають думки, там джерело свободи волі.

Чи є в людей свобода волі? Якщо є, то на якому етапі еволюції виникає? А в бактерій або синьо-зелених водоростей? Чи їхні реакції «автоматичні» і підлягають законам природи? Може, свободу волі мають тільки багатоклітинні організми? Або тільки ссавці? Можна припустити, що свободу волі проявляє шимпанзе, коли вирішує з'їсти банан, або кіт, коли починає дерти диван. А круглий черв *Caenorhabditis elegans* – просте створіння, в якому 959 клітин? Навряд чи він думає: «О, яка смачна бактерія трапилася мені вчора на обід», але все одно має певні харчові вподобання і, залежно від недавнього досвіду, полізе шукати смачнішу їжу або вдовольниться тим, що є під боком. Чи можна це вважати проявом свободи волі?

«По-моєму, другий крок якийсь нечіткий».

Людині здається, що вона робить усвідомлений вибір, але, наскільки ми розуміємо молекулярні основи біології, біологічними процесами керують закони фізики й хімії, а отже, вони детерміновані так само, як орбіти планет. Новітні експерименти в неврології і когнітивістиці підтвердили, що нашими діями керує мозок, який підлягає відомим законам науки, а не якійсь силі, що існує поза сферою юрисдикції цих законів. Наприклад, дослідження, проведені над пацієнтами з ураженнями головного мозку, показали, що електричною стимуляцією певних ділянок мозку можна викликати бажання поворушити пальцями, рукою, ступнею або відкрити рот і щось сказати. Важко уявити собі свободу волі, якщо наші дії визначаються фізичними законами; схоже, що люди – це просто біологічні машини, а свобода волі – ілюзія.

Та навіть якщо визнати, що поведінку людини визначають закони природи, доведеться зробити висновок, що спрогнозувати її все одно неможливо: надто багато змінних і надто складний механізм. Для цього треба знати початковий стан усіх мільярд молекул людського тіла і розв'язати стільки ж рівнянь. На це піде не один мільярд років, так що людина трохи запізно ухилиться від

суперника, який зібрався зарядити її у пику.

Оскільки практичного сенсу прогнозувати людську поведінку за допомогою основних фізичних законів немає, ми вдаємося до так званої «ефективної теорії». Ефективна теорія у фізиці – це концептуальна основа, достатня для того, щоб змоделювати спостережувані явища в цілому, не вдаючись у дрібні деталі процесів, які лежать у їхній основі. Наприклад, ми не можемо розв'язати всіх рівнянь, які описують гравітаційну взаємодію кожного атома людського тіла з кожним атомом Землі. Але, щоб описати дію земного тяжіння на людину, на практиці цілком вистачить кількох чисел, тут достатньо загальної маси тіла людини. Так само ми не можемо розв'язати рівнянь, які описують поведінку атомів і молекул, але сформулювали ефективну теорію, яка називається хімією, – вона цілком адекватно описує суть і перебіг хімічних реакцій без потреби враховувати всі деталі цього процесу. Так само й із людиною: розв'язати рівняння, що описують її поведінку, нам не до снаги, тому ми керуємося ефективною теорією, що людина має свободу волі. Свободу волі та пов'язану з нею людську поведінку вивчає наука психологія. Економіка – це теж ефективна теорія, яка виходить із того, що люди мають свободу волі та оцінюють гіпотетичні варіанти дій, обираючи той, що здається найвигіднішим. Ця ефективна теорія не дозволяє успішно спрогнозувати поведінку, бо, як ми всі знаємо, людина не завжди раціональна і буває неправильно оцінює ситуації. Ось чому у світі такий гармидер.

Трете питання: чи унікальні закони, яким підпорядковується Всесвіт і поведінка людини? Іншими словами, якщо на перше питання, звідки взяли закони, ви сказали, що їх придумав Бог, то питання – був у нього вибір чи ні. Арістотель, Платон, Декарт, а згодом і Ейнштейн вважали, що закони природи існують «з необхідності», бо це єдині закони, які мають логічний сенс. Арістотель і його послідовники вірили в те, що закони природи логічні, і вважали, що їх можна «вивести» уможлядно, не переймаючись спостереженням за тим, як насправді веде себе природа. Арістотель більше думав над тим, чому об'єкти підпорядковуються законам, а не над тим, у чому ці закони полягають, і формулював здебільшого якісні положення, часто помилкові; і хоч вони домінували в західній науці багато століть, користі з них виходило мало. Минуло багато часу, поки люди типу Галілея наважились поставити під сумнів авторитет Арістотеля і почали спостерігати, що насправді робиться у природі, а не сушити голову над тим, що велить їй робити абстрактна «причина».

Наша книжка спирається на концепцію наукового детермінізму, а отже, відповідь на друге питання: ні, див не буває – закони природи не знають винятків. Але ми докладно розглянемо перше і третє питання – звідки взялися ці закони природи і чи існують альтернативні? Та спершу давайте розглянемо, що саме описують закони природи (про це в наступному розділі). Більшість учених скажуть, що закони природи – це математичне вираження зовнішньої реальності, яка існує незалежно від спостерігача, який її бачить. Але якщо задуматися над способом, якими людина робить спостереження і буде концепції про довколишній світ, то постане питання – чому ми вважаємо, що об'єктивна реальність існує?

### 3. Що є реальність?

Кілька років тому влада італійського містечка Монца заборонила тримати рибок в акваріумах сферичної форми. Ініціатори постанови пояснили, що тримати рибок у таких акваріумах жорстоко, бо, дивлячись назовні, рибка бачить спотворену картинку. А звідки нам самим знати, що наша картина реальності справжня, неспотворена? Може ми теж існуємо всередині величезного сферичного акваріума й бачимо все крізь гігантське вигнуте скло? Реальність акваріумної рибки виглядає не так, як наша, але як ми знаємо, що вона менш реальна?

Рибка бачить світ не так, як ми, але вона теж могла б сформулювати наукові закони, які керують рухом об'єктів, спостережуваних поза акваріумом. Наприклад, для нас об'єкт рухається по прямій, а для рибки через викривлення, що його створює вигнуте скло, – по кривій. Однак ніщо не заважає рибці сформулювати наукові закони у своїй, викривленій системі координат – вони завжди виконуватимуться, і на основі цих законів можна буде робити надійні передбачення про рух об'єктів поза акваріумом. Ці закони будуть складніші, ніж наші, але простота – справа смаку. Якби рибка сформулювала таку теорію, нам довелось б визнати, що її картина реальності нічим не гірша за нашу.

Знаменитий приклад іншої картини реальності – модель небесної механіки Птолемея (85–165), сформульована близько 150 року нашої ери. Птолемей

написав трактат з астрономії у тринадцяти частинах, його найчастіше згадують під арабською назвою «Альмагест». Птолемеєм починав із пояснення, чому Землю слід вважати нерухомою сферою в центрі Всесвіту, крихітно малою, порівняно з відстанню до небес. Попри те, що існувала геліоцентрична модель Арістарха, більшість освічених греків прийняли ідеї Птолемея, принаймні з часів Арістотеля, який з містичних резонів вважав, що Земля має бути центром Всесвіту. У моделі Птолемея Земля стояла в центрі, а планети й зорі рухалися довкола неї по складних орбітах-епіциклах, мов рухоме колесо в рухомому колесі.

Всесвіт за Птолемеєм. Він вважав, що люди живуть у центрі Всесвіту.

Ця модель здавалася достовірною, адже ми не відчуваємо, що Земля під ногами рухається (хіба що під час землетрусу або в моменти сильних емоцій). Пізніша європейська освіта спиралася на вцілілі грецькі джерела, тож ідеї Арістотеля і Птолемея лягли в основу західної думки. Птолемеївську модель космосу прийняла католицька церква, і чотирнадцять століть вона лишалася офіційною доктриною Ватикану. Альтернативна модель з'явилася аж 1543 року, коли було опубліковано трактат польського астронома і священника Миколая Коперніка «Про обертання небесних сфер» (це сталося у рік смерті Коперніка, а розвивав він свою теорію кілька десятиліть). Через тисячу сімсот років після Арістарха Копернік описав світ, у центрі якого стоїть Сонце, а планети обертаються довкола по кругових орбітах. Ідея була не нова, але зустріли її шаленим опором. Коперніківська модель нібито суперечила Біблії, і хоч у ній ніде прямо не написано, що планети обертаються довкола Землі, саме так витлумачували Святе Письмо. (А насправді-то в біблійні часи люди вважали, що Земля пласка.) Ідеї Коперніка породили запеклі дискусії – рухається Земля чи ні. Кульмінацією цих гарячих суперечок став суд над Галілео Галілеєм 1633 року. Галілея звинуватили в ересі за те, що він захищав погляди Коперніка і вважав, що можна обстоювати думку навіть після того, як було офіційно визнано, що вона суперечить Святому Письму. Галілея визнали винним, присудили довічний домашній арешт і змусили зректися своїх поглядів. За легендою, він прошепотів: «*Errur si muove*» («Та все ж вона рухається»).

1992 року католицька церква визнала суд над Галілеєм помилкою.

То яка ж система реальна – Коперніка чи Птолемея? Іноді кажуть, що Копернік довів помилку Птолемея, але це не зовсім так. Тут та сама дилема, що між людиною і рибкою: обидві системи можуть бути моделлю Всесвіту, бо пояснити астрономічні спостереження можна, як допустивши, що Земля обертається довкола Сонця, так і навпаки – що Сонце довкола Землі. Крім того, що коперніківська система спонукала до філософських дискусій про природу Всесвіту, у неї була ще одна незаперечна перевага – якщо припустити, що в центрі Сонце, то рівняння руху виходять набагато простіші.

Інший тип реальності показано у фантастичному фільмі «Матриця» – люди не усвідомлюють, що живуть у віртуальній реальності, створеній комп'ютерами для того, щоб підкорити людей і жити біоелектричною енергією їхніх тіл (що б це не означало). Не таке вже й перебільшення, якщо врахувати, скільки людей зависають на сайтах типу Second Life. Як знати, що ми не персонажі згенерованого комп'ютером серіалу? Якби ми жили у створеному, уявному світі, то подіям не обов'язково розвиватися за певною логікою або підлягати законам. Уявімо, що таким світом керують інопланетяни: їм було б цікаво й весело спостерігати нашу реакцію, якби, наприклад, Місяць розколовся навпіл, або всіх, хто сидить на дієті, охопило нездоланне бажання з'їсти шоколадний торт. А от якби вони задали сувору систему законів, то ми не змогли б визначити, що за межами штучно створеної існує ще якась реальність. Легко сказати, що світ, у якому живуть інопланетяни, «реальний», а створений ними – «примарний». Та якщо істоти у створеному світі не можуть подивитися на свій Всесвіт збоку, то в них не буде причин сумніватися у власній картині реальності, – так само й людина. Так сучасними словами можна висловити ідею, що всі ми персонажі чужого сну.

Ці приклади підводять до висновку, дуже важливого в контексті нашої книжки: не існує концепції реальності, незалежної від теорії або картини світу. Ми натомість будемо триматися погляду, який назвемо «модель-залежним реалізмом»: будь-яка фізична теорія або картина світу – це модель (зазвичай математична) і набір правил, які поєднують елементи моделі з даними спостережень. Саме в таких концептуальних рамках функціонує сучасна наука.

З часів Платона філософи дискутують про природу реальності. Класична наука виходить із того, що існує реальний зовнішній світ, властивості якого чітко визначені й не залежать від спостерігача. Згідно з класичною наукою, у світі існують об'єкти і в них є фізичні властивості з конкретними значеннями, наприклад швидкість і маса. Відповідно, наші теорії – це спроби описати об'єкти

і визначити їхні властивості, для цього люди проводять вимірювання і спостереження. Спостерігач і спостережуване – частини одного світу, який існує об'єктивно, будь-яка різниця між ними не має вирішального значення. Іншими словами, якщо ви бачите, як дві зебри б'ються за місце на парковці, то за місце на парковці справді б'ються дві зебри. Всі інші спостерігачі побачать те саме, а зебри матимуть певні властивості, незалежно від того, дивиться на них хтось чи ні. У філософії подібні погляди називають реалізмом.

Реалізм може здаватися очевидним і спокусливим, але якщо врахувати те, що каже сучасна фізика, то обороняти його позиції непросто. Наприклад, згідно з постулатами квантової фізики, а вона точно описує природу, у частинки немає ні положення, ні швидкості, поки їх не виміряв спостерігач. А отже, твердження, що вимірювання дає такий-то результат тому, що вимірювана величина в момент вимірювання має таке-то значення, неправильне. Насправді у деяких випадках окремі об'єкти навіть не існують самі по собі, а тільки в складі певного ансамблю. Якщо теорія, яка називається голографічним принципом, виявиться правильною, то ми і наш чотиривимірний світ будемо тінями на краю більшого п'ятивимірного часопростору. У такому разі становище людини у Всесвіті нічим, по суті, не відрізнятиметься від становища рибки в акваріумі.

Строгі реалісти стверджують: критерій того, що наукова теорія відображає реальність, – успішна практика. Але різні теорії можуть однаково добре описувати одне й те саме явище в абсолютно різних концептуальних рамках. В історії науки було багато теорій, які вважалися адекватними, але згодом поступилися місцем новим, так само адекватним теоріям, що ґрунтувалися на цілковито іншому розумінні реальності.

Тих, хто не приймає реалізму, зазвичай називають антиреалістами. Вони вважають, що між емпіричним і теоретичним знанням є різниця, і доводять, що на першому місці мають стояти спостереження й експеримент, а теорії – це просто корисний інструмент, який не втілює собою глибших істин, що лежать в основі спостережуваних явищ. Деякі антиреалісти навіть доводили, що наука має займатися тим і тільки тим, що можна спостерігати. Так у дев'ятнадцятому столітті багато людей заперечували ідею атомів на тій підставі, що ми їх ніколи не побачимо. А Джон Берклі (1685–1753) навіть заявляв, що існує нічого, крім свідомості й думок. Коли хтось із приятелів сказав англійському літераторові

й лексикографу Самуелю Джонсону (1709–1784), що твердження Берклі неможливо спростувати, той підійшов до каменя й ударив його зі словами: «Ось як я його спростовую».

Звісно, біль, який Самуель Джонсон відчув у нозі, – теж реакція свідомості, так що ідей Берклі він цим не спростував. Але його жест ілюстрував погляди шотландського філософа Дейвіда Г'юма (1711–1776) – той вважав, що, хоч і немає раціональних підстав вірити в об'єктивну реальність, у нас не лишається вибору: на практиці треба виходити з того, що вона існує.

«У нас багато спільного. Доктор Дейвін відкрив частинку, якої ніхто не бачив, а професор Хігбі відкрив галактику, якої ніхто не бачив».

Модель-залежний реалізм знімає всі ці суперечки між реалістами й антиреалістами: немає сенсу питати, реальна модель чи ні, важливе інше – чи відповідає вона спостереженням. Якщо дві моделі однаково узгоджуються зі спостереженнями, як ото в рибки і в людини, то неможливо сказати, що одна модель реальніша за іншу. Можна брати ту, що зручніша в конкретній ситуації. Наприклад, якщо ви всередині сферичного акваріума, то краще працюватиме модель рибки, але якщо ви зовні й описуєте події з погляду далекої галактики, то «рибна» модель – ще та морока, адже акваріум разом із Землею обертається довкола Сонця, а Земля довкола своєї осі.

Ми створюємо моделі не тільки в науці, а й у повсякденному житті. Модель-залежний реалізм стосується не тільки наукових моделей, а й свідомих і підсвідомих ментальних моделей, через які ми інтерпретуємо і розуміємо повсякденний світ. Неможливо відокремити спостерігача – нас самих – від процесу сприйняття світу, який відбувається через відчуття, мислення й умовиводи. Людське сприйняття (а отже, й спостереження, на яких ми будуємо свої теорії) не безпосереднє, людина сприймає все через своєрідну лінзу – інтерпретаційні структури свідомості та мозку.

Модель-залежний реалізм співвідноситься з тим, як людина сприймає об'єкти. Коли ми бачимо щось, мозок отримує сигнали через оптичний нерв. Але ці сигнали не дають картинки, мов на екрані телевізора. Там, де оптичний нерв

поєднується з сітківкою, існує сліпа пляма, а поле зору чітко тільки у вузькій смузі по центру сітківки, завширшки близько градуса, – це десь товщина великого пальця, якщо дивитися на відстані витягнутої руки. Так що необроблені дані надходять у мозок у дуже розмитому вигляді, та ще й із діркою. На щастя, мозок уміє обробляти ці дані: він об'єднує інформацію від обох очей і заповнює прогалини, інтерполюючи установку, що візуальні властивості сусідніх ділянок схожі. Мало того, він зчитує з сітківки двовимірні дані та моделює тривимірну картину. Іншими словами, мозок будує ментальну картину, модель.

Він настільки майстерно будує моделі, що, коли людина надягне окуляри, які перевертають зображення, мозок невдовзі змінить модель так, що картинка виглядатиме «правильно». Якщо потім зняти такі окуляри, то світ знову стане перевернутим, але мозок ще раз переналаштує картинку. А отже, коли хтось говорить «я бачу стілець», це означає тільки те, що його мозок, сприймаючи через око світло, яке відбивається від стільця, будує у свідомості образ, модель цього стільця. Якщо модель перевернуто, то можна сподіватися, що мозок поправить її до того, як людина сяде на цей стілець.

Ще одна проблема, яку розв'язує (або принаймні знімає) модель-залежний реалізм – це проблема існування. Звідки мені знати, що стіл існує, навіть коли я вийшов із кімнати і його не бачу? Що означає, що існують речі, яких ми не можемо побачити: наприклад, електрони або кварки – частинки, з яких складаються протони і нейтрони. Можна взяти модель, у якій стіл зникає, коли я виходжу з кімнати, і з'являється на тому ж місці, коли повертаюся, але в ній є слабке місце: а якщо, поки мене немає, щось станеться, наприклад упаде стеля? Як тоді пояснити той факт, що, коли я повертаюся, стіл не зламаний і не завалений штукатуркою? Модель, у якій стіл нікуди не дівається, простіша й узгоджується зі спостереженнями. Ось і все.

У випадку субатомних частинок, яких ми не можемо побачити, електрон – це модель, яка пояснює результати спостережень типу слідів у камері Вільсона[3 - Пристрій, розроблений шотландським фізиком Чарльзом Вілсоном у 1910–1912 роках. Являє собою камеру, наповнену перенасиченою парою води, спирту або ефіру. Пролітаючи через камеру, заряджені частинки залишають іони, на яких конденсується пара, і виникає видимий слід.], плям світла на телевізійній трубці та багато інших явищ. Вважається, що електрон відкрив 1897 року британський фізик Джозеф Томсон у Кавендішівській лабораторії в Кембриджі. Він пропускав електричний струм крізь порожні скляні трубки, спостерігаючи явище, яке назвали катодними променями. Досліди підштовхнули

Його до сміливого припущення, що загадкові промені складаються з крихітних «корпускул», частинок атомів, які доти вважалися неподільними одиницями матерії. Томсон не «бачив» атома, експеримент не показав його здогадки в якомусь безпосередньому однозначному вигляді. Але його модель довела життєздатність у різних сферах – від фундаментальної науки до інженерної справи. І сьогодні ніхто з фізиків не сумнівається в існуванні електронів, хоч ніхто їх не бачив.

Катодні промені. Ми не можемо побачити електронів, але бачимо прояви їхнього існування.

Кварки, яких ми теж не бачимо, – це модель, яка пояснює властивості протонів і нейтронів у ядрі атома. Вважається, що протони і нейтрони складаються з кварків, але ми ніколи не зможемо побачити один кварк, бо сила, яка їх зв'язує, зростає при розділенні, тому окремих, незв'язаних кварків у природі не буває. Вони існують групами по три (протони і нейтрони) або парами кварк – антикварк і поводяться, ніби зв'язані гумкою.

Чи можливо сказати, що кварки існують, якщо неможливо виділити один кварк, – коли вперше сформулювали модель кварка, це питання ще довго лишалося предметом дискусій. Ідея, що деякі частинки складаються з різних комбінацій кількох субсуб'ядерних частинок, виводила на принцип, який давав просте й задовільне пояснення їхніх властивостей. Та хоч фізики і звикли мати справу з частинками, чие існування висновували зі статистичних особливостей даних про розсіювання інших частинок, думка про існування частинки, яку неможливо спостерегти в принципі, багатьом здалася «перебором». Але з роками, коли модель кварка почала давати дедалі точніші передбачення, опиратися цій ідеї перестали. Цілком можливо, що які-небудь інопланетяни з сімнадцятьма руками, інфрачервоним зором і звичкою плюватися вершками через вуха провели ті самі спостереження, що й ми, але пояснили результати, не вдаючись до кварків. Та згідно з модель-залежним реалізмом, кварки існують у моделі, яка узгоджується зі спостереженнями поведінки субатомних частинок.

Кварки. Концепція кварків дуже важлива у фундаментальній фізиці, хоч ми й не можемо побачити окремого кварка.

Модель-залежний реалізм дає змогу підійти до питань типу такого: що було до моменту сотворення світу? Святий Августин (354–430) відповідав: річ не в тому, що Господь приготував місце в пеклі для тих, хто ставить такі питання, а в тому, що час – це властивість сотвореного Господом світу і до сотворення, яке, на думку філософа, відбулося не так давно, часу не існувало. Це одна з можливих моделей, її, наприклад, підтримують ті, хто вірить у букву Книги Буття, хоч на планеті є скам'янілі рештки та інші свідчення, що світ набагато старший, ніж сказано у Святому Письмі. (Воістину їх хтось підкинув, щоб нас обдурити!) А хтось вважає правильною іншу модель – що час триває 13,7 мільярда років, від Великого вибуху. Ця модель пояснює більшість наших нинішніх спостережень, зокрема історичні й геологічні свідчення, і найкраще описує минуле. Вона пояснює існування викопних решток, радіовуглецевий розпад, те, що до нас доходить світло далеких галактик. Тому-то ця модель – теорія Великого вибуху – корисніша, ніж біблійна. Але не можна сказати, що одна модель реальніша за іншу.

Дехто підтримує модель, у якій час існує і до Великого вибуху. Але поки що не зрозуміло, наскільки краще вона пояснює нинішні спостереження, бо, судячи з усього, в момент Великого вибуху закони розвитку Всесвіту мали кардинально змінитися. А раз так, то немає сенсу створювати модель, у якій час існує до Великого вибуху, бо все, що існувало тоді, не матиме спостережуваних наслідків зараз, тож можна спокійно вважати, що Великий вибух – це момент створення світу.

Модель хороша, якщо вона:

1. Елегантна.
2. Обходиться мінімумом довільних і уточнювальних елементів.
3. Узгоджується зі спостереженнями і пояснює їх.
4. Дає докладні передбачення результатів майбутніх спостережень, які спростують модель, якщо не підтвердяться.

Наприклад, теорія Арістотеля, що світ складається з чотирьох елементів (земля, вода, повітря і вогонь), а об'єкти поводяться згідно з призначенням, – елегантна і не має уточнювальних елементів. Але вона не давала конкретних передбачень, а коли й давала, то вони розходилися зі спостереженнями. Передбачення, наприклад, говорило, що важчі об'єкти мають падати швидше, бо їхнє призначення – впасти. І схоже, що до Галілея нікому не спадало на думку це перевірити. Вважають, що він проводив досліди, кидаючи предмети з нахиленої Пізанської вежі, але, найімовірніше, це легенда. Однак достеменно відомо, що Галілей спостерігав, як скочуються предмети різної ваги по нахиленій дошці, і побачив, що вони прискорюються однаково, а це суперечило передбаченню Арістотеля.

Ці критерії якості моделі очевидно суб'єктивні. Елегантність, наприклад, не виміряєш, але науковці дуже її цінують, бо закони природи економні – вона підпорядковує багато окремих випадків одній простій формулі. Вишуканість стосується форми теорії, але важливий момент – відсутність уточнювальних елементів, адже теорію, яка стоїть на милицях уточнень, не назвеш елегантною. Перифразуючи Ейнштейна: теорія має бути максимально простою, але не простішою. Птолемеєм додав до кругових орбіт небесних тіл епіцикли, щоб модель точно описувала їхній рух. Було б іще точніше, якби додати епіцикли до епіциклів, а тоді епіцикли до епіциклів епіциклів. Ускладнивши модель, можна зробити її точнішою, але науковці вважають, що модель, яку «підкрутили» під спостереження, більше схожа на каталог даних, ніж на теорію, яка дає корисний принцип.

У розділі п'ятому ми покажемо, чому багатьом людям здається неелегантною «стандартна модель», яка описує взаємодію елементарних частинок у природі. Та ця модель набагато краща, ніж епіцикли Птолемея. Вона передбачила існування кількох нових частинок до того, як їх виявили, і дуже точно описала результати багатьох експериментів, що їх учені проводили впродовж кількох десятиліть. Але в ній є десятки уточнювальних параметрів – їхні значення задають науковці, щоб вписатися у спостереження, вони не впливають із самої теорії.

Кінець ознакомительного фрагмента.

## Виноски

### 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.)

### 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).

### 3

Пристрій, розроблений шотландським фізиком Чарльзом Вілсоном у 1910–1912 роках. Являє собою камеру, наповнену перенасиченою парою води, спирту або ефіру. Пролітаючи через камеру, заряджені частинки залишають іони,

на яких конденсується пара, і виникає видимий слід.

----

Купить: [https://telnovel.me/mlodinov\\_st-ven/velikiy-zamisel](https://telnovel.me/mlodinov_st-ven/velikiy-zamisel)

надано

Прочитайте цю книгу цілком, купивши повну легальну версію: [Купити](#)