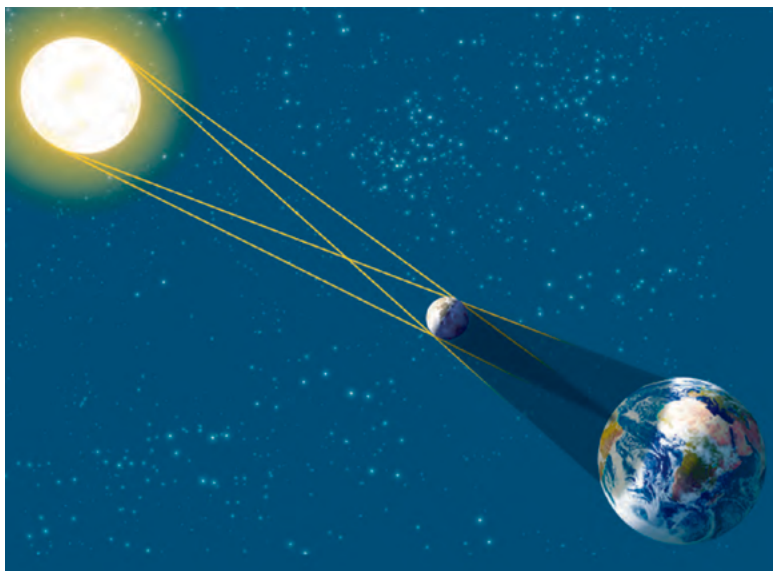


Скьоль ім'я вовка,  
Він женеться за богом осяйним  
До лісу спасіння.  
А інший — це Хате,  
Родвітнера син,  
Він ловить ясну наречену.  
*Мова Грімніра, Старша Едда*

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.

Люди досить рано навчилися передбачати рух небесних тіл, але більшість природних явищ здавалися



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

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 кількисот 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.

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



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

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 «закона 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 гор-

ловину, 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 припуслав 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 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» 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 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 непростюю. 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, аристотелівська 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). Галі-



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

лео 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