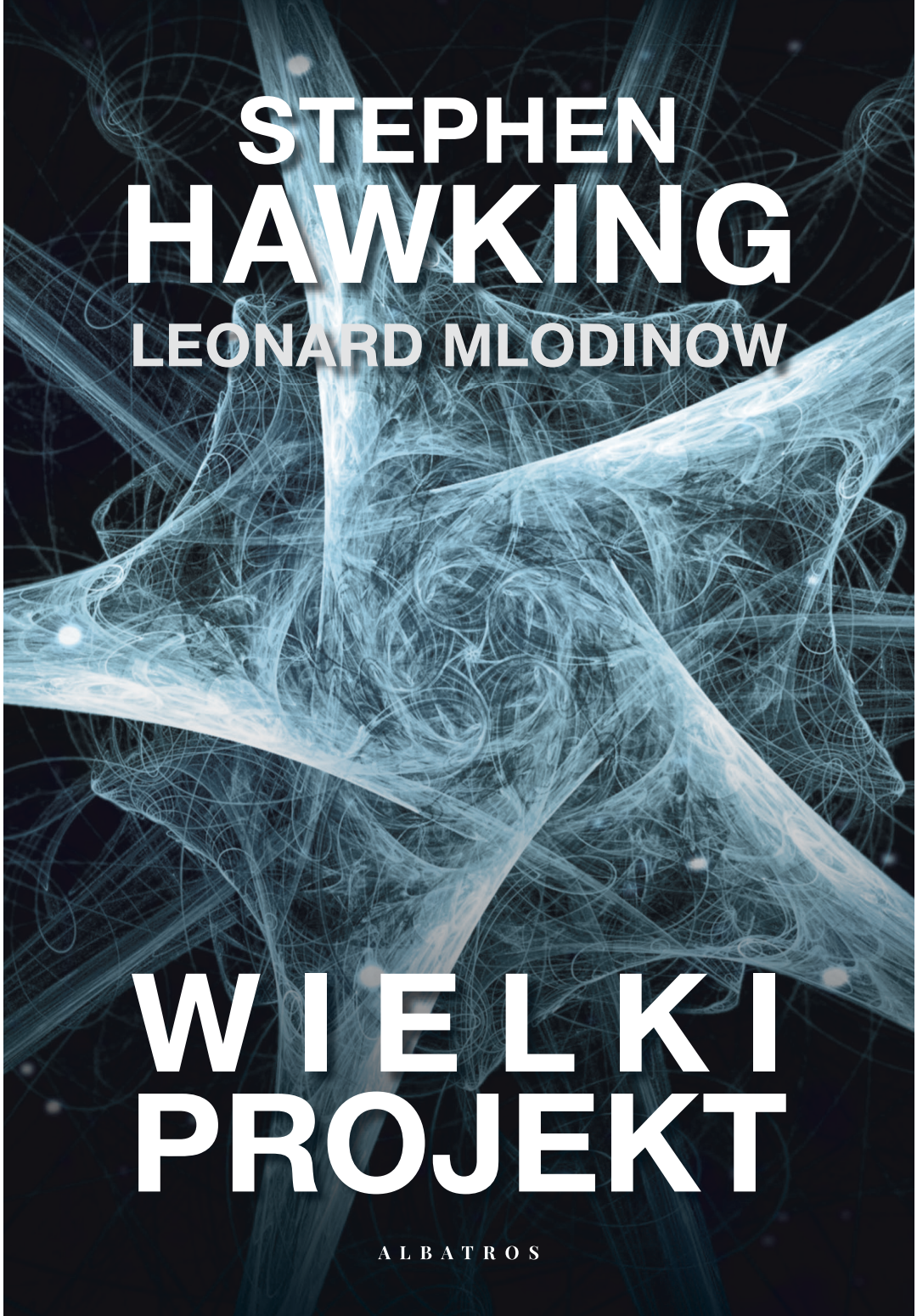




**STEPHEN
HAWKING**
LEONARD MLODINOW

**WIELKI
PROJEKT**

ALBATROS

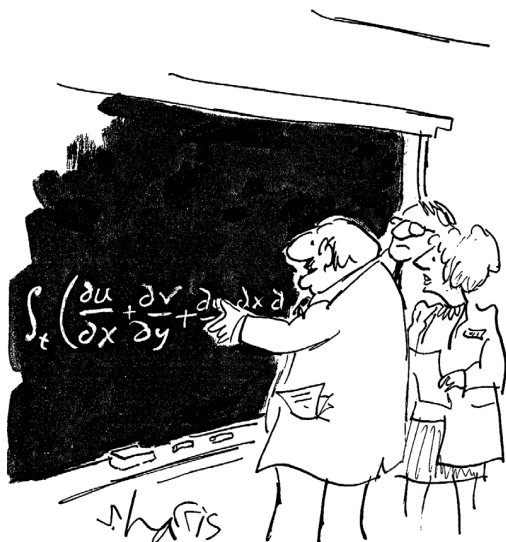
Każdy z nas istnieje bardzo krótko i w tym czasie może zbadać jedynie niewielki fragment całego Wszechświata. Ale człowiekowi nieodłącznie towarzyszy ciekawość. Dziwimy się, chcemy się dowiedzieć. Żyjąc w tym wielkim świecie, który bywa i dobry, i okrutny, i obserwując wspaniałe niebo ponad głowami, ludzie nieustannie zadawali niezliczone pytania. Czy możemy zrozumieć świat, w którym się znaleźliśmy? Jaki jest Wszechświat? Jaka jest natura rzeczywistości? Skąd się to wszystko wzięło? Czy Wszechświat wymaga stwórcy? Pytania te może nie zajmują nas przez cały czas, ale niemal każdy choć przez chwilę odczuwał za ich sprawą niepokój.

Tradycyjnie rzecz ujmując, są to pytania z obszaru filozofii, ale dziś filozofia jest martwa, nie nadąża za rozwojem współczesnej nauki, zwłaszcza fizyki. To uczeni niosą obecnie zniczy odkrycia w naszych poszukiwaniach wiedzy. Celem tej książki

jest przedstawienie rozwiązań wynikających z najnowszych odkryć i teorii. Wyłania się z nich nowy obraz Wszechświata, a nasze miejsce w nim jawi się zupełnie odmiennie, niż sądziliśmy jeszcze niedawno, dziesięć czy dwadzieścia lat temu. Niemniej pierwszy zarys tych koncepcji pojawił się przed niemal stu laty.

Według tradycyjnych poglądów na Wszechświat obiekty w nim poruszają się po dobrze określonych trajektoriach i mają jednoznaczne historie. W dowolnym momencie czasu możemy podać ich dokładne położenie. Chociaż taki opis wystarcza dla celów życia codziennego, w latach dwudziestych XX wieku odkryto, że w ramach tego „klasycznego” obrazu nie da się wytłumaczyć dziwnego zachowania obserwowanego na poziomach atomowym i subatomowym. Pojawiła się konieczność odmiennego podejścia nazwanego fizyką kwantową. Okazało się, że teorie kwantowe są niezwykle dokładne w prognozowaniu wydarzeń na tych poziomach istnienia i że jednocześnie dają takie same przewidywania, co stare teorie klasyczne, gdy stosuje się je do makroskopowego świata życia codziennego. A przecież fizyka kwantowa i fizyka klasyczna wywodzą się z odmiennych koncepcji rzeczywistości.

Teorie kwantowe można formułować na wiele różnych sposobów, ale bodaj najbardziej intuicyjny opis zawdzięczamy Richardowi (Dickowi) Feynmanowi, barwnej postaci – fizykowi pracującemu w California Institute of Technology i grywającemu na bębnach bongo w przydrożnych klubach ze striptizem. Według Feynmana system nie ma jednej historii, lecz wszystkie



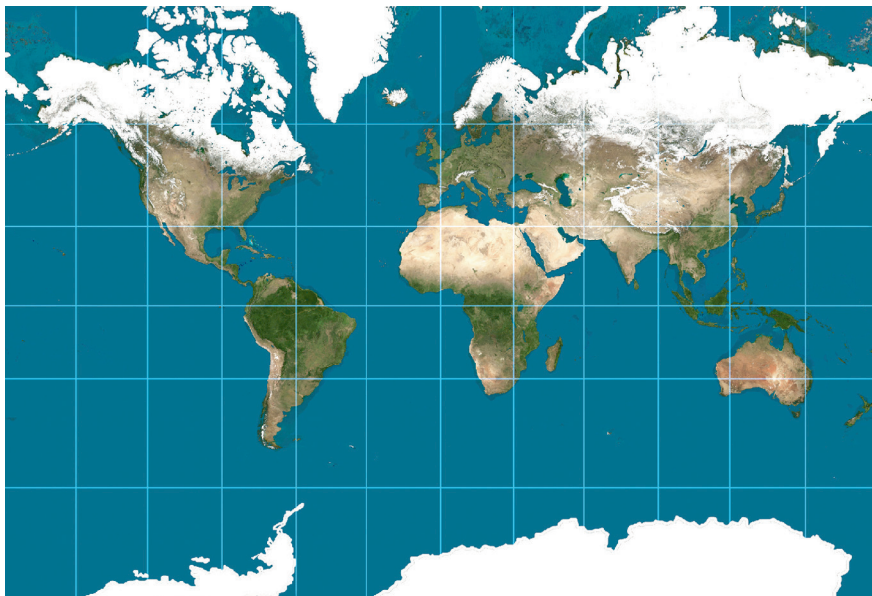
Oto moja filozofia...

możliwe. Poszukując odpowiedzi na nasze pytania, przedstawimy szczegółowo podejście Feynmana i wykorzystamy je do zgłębienia koncepcji, zgodnie z którą sam Wszechświat nie posiada jednej historii, a nawet – nie istnieje niezależnie. Spora liczba fizyków uważa tę koncepcję za radykalną. Rzeczywiście, jak wiele pomysłów pojawiających się w dzisiejszej nauce, wydaje się ona sprzeczna ze zdrowym rozsądkiem. Zdrowy rozsądek jednak bazuje na doświadczeniach życia codziennego, a nie na naszej wiedzy o Wszechświecie, zdobywanej za pomocą cudownej techniki, umożliwiającej zajrzenie w głąb atomu lub cofnięcie się do czasów, gdy Wszechświat był bardzo młody.

Przed pojawieniem się fizyki współczesnej sądzono powszechnie, że wiedzę o świecie można osiąść poprzez bezpo-

średnią obserwację i że rzeczy są takie, jakimi się wydają, gdy doświadczamy ich zmysłami. Jednakże spektakularny sukces fizyki współczesnej, u której podstaw leżą między innymi koncepcje Feynmana pozostające w sprzeczności z doświadczeniem życia codziennego, pokazał, że jest inaczej. Naiwny obraz rzeczywistości nie współgra z dzisiejszą fizyką. Aby zmierzyć się z takimi paradoksami, musimy zastosować podejście, które nazwaliśmy realizmem zależnym od modelu. Bazuje on na pomysle, że nasze mózgi interpretują sygnał wejściowy dostarczany przez zmysły, tworząc model świata. Kiedy taki model z sukcesem wyjaśnia zdarzenia, mamy skłonność do przypisywania mu – jak również jego elementom i składającym się na niego pojęciom – atrybutu rzeczywistości czy też prawdy absolutnej. Tę samą sytuację fizyczną można jednak modelować na różne sposoby, odwołując się do różnych podstawowych składników i pojęć. Jeżeli dwie takie teorie fizyczne dokładnie przewidują te same wydarzenia, to nie można powiedzieć, która z nich jest bliższa rzeczywistości. Powinniśmy raczej posłużyć się tym modelem, który bardziej nam odpowiada.

Nauka w swoim historycznym rozwoju odkrywała coraz lepsze teorie i modele, od Platona przez klasyczną teorię Newtona do współczesnych teorii kwantowych. Nasuwa się pytanie: czy w tym ciągu pojawi się punkt końcowy, ostateczna teoria Wszechświata, która zawrze w sobie wszystkie oddziaływania i przewidzi wynik każdej obserwacji, czy też poszukiwania lepszych teorii będą trwały wiecznie i zawsze będzie można znaleźć teorię pełniejszą od poprzedniej? Nie znamy jeszcze



Mapa świata. Opisanie Wszechświata może wymagać szeregu częściowo zachodzących na siebie teorii, tak jak dzieje się to w przypadku powierzchni Ziemi.

odpowiedzi na to pytanie, ale dysponujemy kandydatką na ostateczną teorię wszystkiego – jeśli rzeczywiście coś takiego istnieje. M-teoria, bo tak się ona nazywa, to jedyny model zawierający w sobie wszystkie własności, które powinna, jak sądzimy, mieć teoria końcowa, i to właśnie posiłkując się tą teorią, będziemy snuli nasze rozważania.

M-teoria nie jest teorią w zwykłym znaczeniu tego słowa. To cała rodzina różnych teorii, a każda z nich opisuje w dobry sposób obserwacje należące jedynie do pewnego ograniczonego zbioru sytuacji fizycznych. Przypomina to trochę mapę. Jak wiadomo, nie da się pokazać całej powierzchni Ziemi na jednej

mapie. Zwykły rzut Merkatora, wykorzystywany przy tworzeniu mapy świata, sprawia, że obszary na dalekiej Północy i Południu stają się coraz bardziej rozciągnięte i brakuje miejsca dla biegunów północnego oraz południowego. Do wiernego odwzorowania całej Ziemi potrzeba zbioru map pokrywających ograniczone obszary. Mapy zachodzą na siebie i tam, gdzie się to dzieje, ukazują powierzchnię tak samo. Podobnie jest z M-teorią. Teorie należące do rodziny M-teorii wyglądają bardzo różnie, ale można je uważać za przejawy jednej teorii podstawowej. To wersje jednej teorii, stosowne w ograniczonych zakresach, na przykład wtedy, gdy pewne wartości, jak chociażby energia, są małe. Podobnie jak zachodzące na siebie mapy w rzucie Merkatora, tam, gdzie teorie te się na siebie nakładają, przewidują te same zjawiska. Ale tak jak nie ma płaskiej mapy, która w dobry sposób odwzorowywałaby całą powierzchnię Ziemi, tak nie istnieje jedna teoria, która dobrze opisuje obserwacje we wszystkich sytuacjach.

Przedstawimy w tej książce, w jaki sposób M-teoria może dawać odpowiedzi na kwestię stworzenia świata. Według M-teorii nasz Wszechświat nie jest jedynym wszechświatem, przeciwnie, wynika z niej, że z niczego wyłoniła się olbrzymia mnogość wszechświatów. Powołanie ich do życia nie wymagało interwencji istoty nadprzyrodzonej czy Boga. Te liczne wszechświaty wynikają w naturalny sposób z prawa fizyki. Ich istnienie przewiduje nauka. Każdy wszechświat ma wiele możliwych historii i wiele możliwych stanów w późniejszych czasach, to znaczy takich jak obecne, na długo po powstaniu. Większość

tych stanów nie będzie przypominała obserwowanego przez nas Wszechświata i nie będzie sprzyjała istnieniu jakichkolwiek form życia. Tylko w garstce będą mogły pojawić się istoty podobne do nas. A zatem nasza obecność wyróżnia w tym rozległym zbiorze jedynie te wszechświaty, które pozostają w zgodzie z faktem naszego istnienia. Mimo że jesteśmy wąтли i nic nie znaczymy w skali kosmosu, stajemy się w pewnym sensie panami stworzenia.

Aby dogłębnie zrozumieć Wszechświat, musimy wiedzieć nie tylko, jaki on jest, lecz także dlaczego taki jest.

Dlaczego istnieje raczej coś niż nic?

Dlaczego my istniejemy?

Dlaczego właśnie ten konkretny zbiór praw, a nie inny?

Oto Ostateczna Zagadka Życia, Wszechświata i Wszystkiego. Postaramy się rozwikłać ją w tej książce. I nasza odpowiedź, w przeciwieństwie do odpowiedzi przedstawionej w książce *Autostopem przez galaktykę*, nie będzie brzmiała „42”.

2



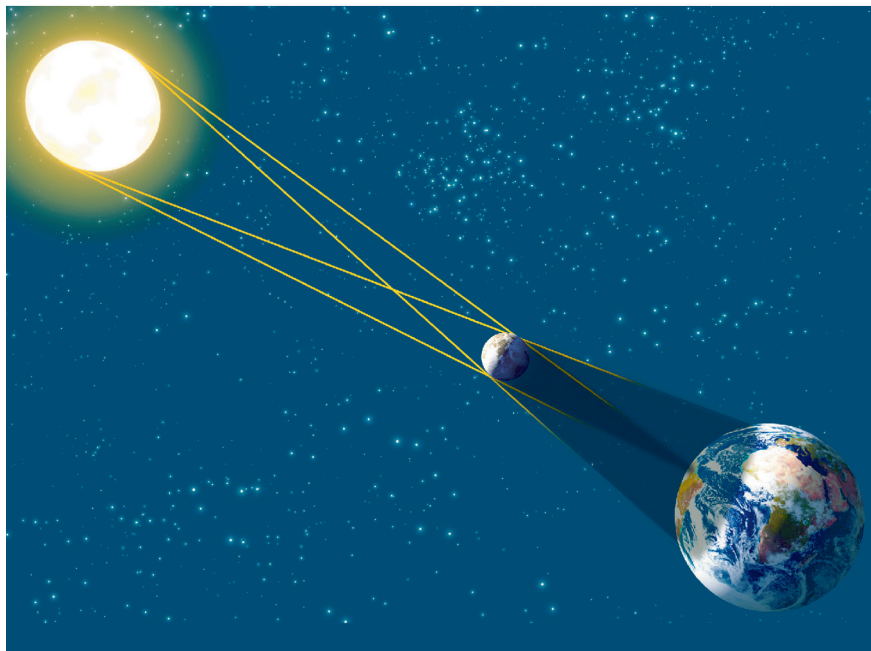
RZĄDY PRAWA

*Sköll zwie się wilk, Światłej towarzyszy
Do lasu Żelaznego,
A wrogi Hati, Hrodwitnira syn
Okrąża przejasną niebios pannę.*

GRIMNIRA PIEŚŃ, EDDA POETYCKA *

W mitologii wikingów wilki Sköll i Hati towarzyszyły Słońcu i Księżycowi. Kiedy schwytały któregoś z tych ciał niebieskich, następowało zaćmienie, a wówczas ludzie na Ziemi pędzili uwolnić Słońce lub Księżyc, czyniąc tyle hałasu, ile się tylko da, by odstraszyć wilki. W innych kulturach istniały podobne mity. Po pewnym czasie ludzie musieli jednak spostrzec, że Słońce i Księżyc wyłaniają się po zaćmieniu, niezależnie od tego, czy mieszkańcy Ziemi biegają wkoło, krzycząc i bębniąc w co popadnie. Po jakimś czasie zauważyli też, że zaćmienia nie przydarzają się losowo: występują regularnie, w powtarzalnych sekwencjach. Sekwen-

* Przekł. Apolonia Załuska-Strömberg, wyd. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław–Kraków 1986.



Zaćmienie. Starożytni nie wiedzieli, co powoduje zaćmienia, ale zauważyli, że pojawiają się one regularnie.

cje te łatwiej było odkryć w przypadku zaćmień Księżyca i starożytni Babilończycy nauczyli się przewidywać te zjawiska całkiem dokładnie, chociaż nie zdawali sobie sprawy, że powoduje je Ziemia przesłaniająca światło słoneczne. Z zaćmieniami Słońca było trudniej, ponieważ są one widoczne na Ziemi jedynie w wąskim pasie o szerokości kilkudziesięciu kilometrów. Niemniej, kiedy wreszcie odkryto sekwencję słonecznych zaćmień, stało się jasne, że nie zależą one od kaprysów istot nadprzyrodzonych, lecz że rządzą nimi określone prawa.

Dość wczesne sukcesy w przewidywaniu ruchów ciał niebieskich nie zmieniły tego, że naszym przodkom większość zjawisk przyrody wydawała się nieprzewidywalna. Wybuchy wulkanów, trzęsienia ziemi, burze, zarazy i wrastające paznokcie pojawiały się bez oczywistej przyczyny i przypadkowo. W starożytności gwałtowne zjawiska natury przypisywano panteonowi psotnych lub złych bóstw. Katastrofy często uznawano za oznakę gniewu bogów. Dla przykładu około 4800 roku p.n.e. w Oregonie wybuchł wulkan Mount Mazama, wyrzucając latami skały i płonące popioły, co wywołało w końcu długotrwałe deszcze, które ostatecznie wypełniły wodą krater – tak powstało Jezioro Kraterowe. Indianie Klamath z Oregonu przekazują legendę, która wiernie podąża śladami wydarzeń geologicznych, dramatyzując jednak historię poprzez uznanie ludzi za przyczynę katastrofy. Ludzka skłonność do obwiniania się jest zakorzeniona bardzo głęboko. Według legendy władca świata podziemnego Llaol zakochał się w pięknej córce wodza Klamathów. Dziewczyna jednak wzgardziła nim i w odwecie Llaol próbował zniszczyć Indian ogniem. Na szczęście, jak głosi legenda, Skell, władca nieba, uzalił się nad ludźmi i wyzwał na pojedynek swojego odpowiednika spod ziemi. Koniec końców zraniony Llaol upadł na Mount Mazama, wybijając olbrzymią dziurę – krater, który napełnił się wodą.

Brak wiedzy o tym, jak funkcjonuje natura, sprawił, że w dawnych czasach człowiek wymyślił bogów, którzy mieli władać każdym aspektem ludzkiego życia. Byli bogowie miłości i wojny; Słońca, ziemi i nieba, mórz i rzek, deszczu i burz,

nawet trzęsień ziemi i wulkanów. Zadowoleni bogowie zsyłali ludziom dobrą pogodę oraz pokój i nie nękali ich katastrofami czy chorobami. Kiedy bogowie byli niezadowoleni, nadciągały susza, wojna, zaraza i epidemie. Ponieważ ludzie nie dostrzegali powiązań między przyczyną i skutkiem, bogowie wydawali się tajemniczy, a człowiek był zdany na ich łaskę. Ale około 2600 lat temu, za sprawą Talesa, zaczęło się to zmieniać. Pojawiła się myśl, że przyrodą rządzą logiczne zasady, które można odkryć. W ten sposób rozpoczął się długi proces zastępowania fantazji o władzy bogów koncepcją Wszechświata rządzonego prawami natury i powstałego według planu, który kiedyś uda nam się zrozumieć.

W perspektywie historii ludzkości nauka jest bardzo młodym przedsięwzięciem. Nasz gatunek *homo sapiens* pojawił się w subsaharyjskiej Afryce około 200 000 lat p.n.e. Słowo pisane wynalezione zostało mniej więcej 7000 lat p.n.e. przez społeczeństwa uprawiające zboża. (Jedne z najstarszych zachowanych zapisów mówią o dziennych racjach piwa przynależnych członkom wspólnoty). Najdawniejsze źródła pisane wielkiej cywilizacji starożytnej Grecji są datowane na IX wiek p.n.e., ale jej rozkwit, okres klasyczny, nastąpił kilkaset lat później, rozpoczynając się niedługo przed 500 rokiem p.n.e. Według Arystotelesa (384–322 p.n.e.) to właśnie Tales z Miletu (ok. 624–ok. 546 p.n.e.) pierwszy zaczął rozwijać myśl, że świat można pojąć umysłem i że złożoność rzeczy dziejących się wokół nas da się zredukować do prostszych zasad i wytłumaczyć bez odwoływania się do wyjaśnień mitycznych czy teologicznych.

Talesowi przypisuje się dokonanie pierwszej dokładnej przepowiedni zaćmienia Słońca w 585 roku p.n.e., ale był to zapewne szczęśliwy traf. Uczony ten pozostaje tajemniczą postacią, nie pozostawił po sobie żadnych pism. Mieszkał w jednym z intelektualnych ośrodków Jonii, która została skolonizowana przez Greków i której wpływy rozciągały się od obszarów dzisiejszej Turcji po Italię na zachodzie. Jońską naukę naznaczyły zdecydowane próby odkrycia najważniejszych praw leżących u podstaw zjawisk przyrody – olbrzymi krok w historii myśli. Podejście Greków odwoływało się do racjonalnego rozumowania i w wielu wypadkach prowadziło do wniosków zdumiewająco podobnych do tych, które uzyskujemy dziś za pomocą bardziej wyrafinowanych metod. Był to wielki początek. Jednakże w ciągu następnych stuleci nauka jońska została w dużej mierze zapomniana. W późniejszych czasach odkrywano ją ponownie, i to niejednokrotnie.

Legenda głosi, że pierwsze matematyczne sformułowanie prawa natury, tak jak rozumiemy to obecnie, zawdzięczamy Jończykowi Pitagorasowi (ok. 580–ok. 490 p.n.e.) znanemu dzięki twierdzeniu noszącemu jego imię: kwadrat przeciwprostokątnej (najdłuższego boku) w trójkącie prostokątnym równa się sumie kwadratów dwóch pozostałych boków. Pitagorasowi przypisuje się odkrycie związków liczbowych między długością strun używanych w instrumentach muzycznych i harmonijnie współbrzmiającymi dźwiękami. W języku współczesnym możemy opisać ten związek, mówiąc, że częstość – liczba drgań w ciągu sekundy – struny wibrującej pod pewnym naprężeniem jest



Jonia. Uczeni ze starożytnej Jonii jako pierwsi zaczęli wyjaśniać zjawiska przyrody za pomocą praw natury, odrzucając mity i teologię.

odwrotnie proporcjonalna do jej długości. Wyjaśnia to na przykład, dlaczego krótsze struny gitarowe dają wyższe dźwięki niż struny dłuższe. Pitagoras prawdopodobnie tego nie odkrył – nie był też autorem twierdzenia, które nosi jego imię – ale istnieją dowody na to, że w jego czasach znano pewne związki między długością struny i wysokością dźwięku. Jeżeli tak było, możemy uznać tę prostą matematyczną formułę za początek tego, co dziś nazywamy fizyką teoretyczną.

Oprócz prawa Pitagorasa dotyczącego strun jedynymi zasadami fizyki, które starożytni znali we właściwej postaci, były

trzy prawa opisane przez Archimedesesa (ok. 287–ok. 212 p.n.e.), zdecydowanie najwybitniejszego fizyka starożytności. W terminologii współczesnej zasada dźwigni wyjaśnia, że za pomocą mniejszej siły można podnieść większy ciężar, ponieważ dźwignia potęguje działanie siły w zależności od odległości do punktu podparcia. Prawo wyporu stwierdza, że każdy obiekt zanurzony w cieczy będzie doświadczał działającej do góry siły, równej wadze wypartej cieczy. Natomiast zgodnie z prawem odbicia kąt między padającym promieniem światła i zwierciadłem jest równy kątowi pomiędzy zwierciadłem i promieniem odbitym. Jednakże Archimedes nie używał terminu „prawa”, nie odnosił ich też do obserwacji i pomiaru. Traktował je, jakby były czysto matematycznymi twierdzeniami w aksjomatycznym systemie przypominającym geometrię Euklidesa.

Rozwój jońskiej myśli sprawił, że pojawili się inni myśliciele, którzy dostrzegali we Wszechświecie wewnętrzny ład możliwy do pojęcia na drodze obserwacji i rozumowania. Anaksymander (ok. 610–ok. 546 p.n.e.), przyjaciel i zapewne uczeń Talesa, dowodził, że ponieważ ludzkie noworodki są po przyjściu na świat bezradne, gdyby pierwszy człowiek pojawił się na Ziemi pod postacią noworodka, nie przeżyłby. Ludzie zatem, rozumował dalej Anaksymander, bodaj po raz pierwszy w historii nawiązując do koncepcji ewolucji, musieli mieć za przodków zwierzęta, których małe są odporne od pierwszych dni życia. Sycylijczyk Empedokles (ok. 490–ok. 430 p.n.e.) obserwował, w jaki sposób używa się klepsydry. Czasami służyła za chochlę – sfera z otwartą szyjką i dziurkami na dnie.

Zanurzona w wodzie napelniała się nią i jeśli zakryło się szyjkę, można ją było podnieść do góry, a woda nie wyciekała przez dziurki. Empedokles zauważył, że jeśli zakryje się szyjkę przed zanurzeniem w wodzie, klepsydra się nie napelni. Doszedł do wniosku, że wodę przed wpłynięciem przez dziurki do środka musi powstrzymywać coś niewidzialnego – odkrył w ten sposób materialną substancję, którą nazywamy powietrzem.

Mniej więcej w tym samym czasie Demokryt (ok. 460–ok. 370 p.n.e.) z jońskiej kolonii w północnej Grecji zastanawiał się, co się stanie, kiedy będziemy cięli jakiś przedmiot na kawałki. Utrzymywał, że nie da się tego robić bez końca. Twierdził, że wszystko, łącznie z istotami żywymi, zbudowane jest z podstawowych cząstek, których nie da się rozciąć lub rozbić na drobniejsze kawałki. Nazwał te cząstki atomami, od greckiego określenia „niepodzielny”. Demokryt wierzył, że każde zjawisko świata materialnego jest wynikiem zderzeń atomów. W jego wizji, zwanej atomizmem, wszystkie atomy poruszały się w przestrzeni i jeśli nie doznawały zaburzeń – biegły po torach prostych w nieskończoność. Obecnie nazywamy to zasadą bezwładności.

Rewolucyjnego poglądu, że jesteśmy zwykłymi istotami we Wszechświecie, a nie wybrańcami zamieszkującymi jego środek, pierwszy bronił Arystarch (ok. 310–ok. 230 p.n.e.), jeden z ostatnich jońskich uczonych. Zachował się tylko jeden przykład jego obliczeń – złożona geometryczna analiza starannych obserwacji wielkości cienia Ziemi na tarczy Księżyca podczas jego zaćmienia. Na podstawie tych informacji Arystarch doszedł

do wniosku, że Słońce musi być znacznie większe od Ziemi. Zainspirowany przypuszczalnie pomysłem, że to mniejszy obiekt powinien krążyć wokół wielkiego, a nie odwrotnie, stał się pierwszym człowiekiem dowodzącym, iż Ziemia nie jest środkiem naszego systemu, lecz tak jak inne planety obiega znacznie większe Słońce. Pogląd, że Ziemia jest jedną z planet, dzieli od zrozumienia, iż Słońce też nie należy do wyróżnionych ciał niebieskich, mały krok. Arystarch wykonał ten krok i wierzył, że widziane na nocnym niebie gwiazdy to w istocie odległe słońca.

Uczni z Jonii stworzyli jedną z wielu szkół filozoficznych działających w starożytnej Grecji i często różniących się czy wręcz głoszących przeciwstawne opinie. Niestety, jońskie poglądy na природę – przekonanie, że można ją objaśniać za pomocą ogólnych praw i zredukować do prostego zbioru zasad – wywierały istotny wpływ na myśl zaledwie przez kilka stuleci. Odchodzono od takich poglądów między innymi dlatego, że często uważano, iż nie ma w nich miejsca na wolną wolę lub celowość czy też bogów wpływających na funkcjonowanie świata. Te alarmujące braki wielu greckich myślicieli uznawało – podobnie jak wiele osób dzisiaj – za wysoce niepokojące. Filozofowi Epikurowi (341–270 p.n.e.) na przykład przypisuje się stwierdzenie, że lepiej uznać prawdziwość mitologicznych opowieści o bogach, niż stać się niewolnikiem przeznaczenia filozofów przyrody. Arystoteles odrzucał koncepcję atomów, gdyż nie potrafił zaakceptować wizji, w której istoty ludzkie byłyby zbudowane z obiektów pozbawionych duszy i nieoży-

wionych. Jońska propozycja, że człowiek nie stanowi centrum Wszechświata, była kamieniem milowym w naszych poglądach na przyrodę, ale została odrzucona i powrócono do niej, by wreszcie powszechnie ją zaakceptować, dopiero dzięki Galileuszowi, niemal dwadzieścia wieków później.

Mimo że niektóre spekulacje starożytnych Greków na temat przyrody okazały się bardzo wnikliwe, większość ich pomysłów nie spełnia kryteriów naukowości w dzisiejszym rozumieniu tego słowa. Ponieważ Grecy nie wynaleźli metody naukowej, tworzyli swoje teorie nie po to, by dowieść ich słuszności na drodze eksperymentalnej. Jeśli zatem pewien uczony twierdził, że atom porusza się po linii prostej dopóty, dopóki nie zderzy się z innym atomem, a drugi utrzymywał, iż atom biegnie po linii prostej, aż nie stuknie w cyclopa, to nie istniał obiektywny sposób rozstrzygnięcia tego sporu. Nie odróżniano także jednoznacznie praw ludzkich od praw przyrody. W V wieku p.n.e. Anaksymander napisał na przykład, że wszystko powstało z pierwotnej substancji i do niej powróci, żeby nie „płacić kary i pokuty za niesprawiedliwość”. A według jońskiego filozofa Heraklita (ok. 535–ok. 475 p.n.e.) Słońce zachowuje się tak a nie inaczej, aby bogini sprawiedliwości nie straciła go z nieba. Kilkaset lat później stoicy – grecka szkoła filozoficzna, która ukształtowała się w III wieku p.n.e. – wprowadzili rozróżnienie między statusem człowieka a prawami przyrody, ale włączyli zasady ludzkiego zachowania, które uważali za uniwersalne – takie jak oddawanie czci Bogu i posłuszeństwo rodzicom – do kategorii praw przyrody. I na odwrót, stoicy często opisywali

procesy fizyczne w terminach prawniczych i wierzyli, że wymagają one wprowadzenia w życie, mimo iż obiekty, które miały „przestrzegać” tych praw, były nieożywione. Jeżeli sądzisz, że trudno jest wymóc na ludziach, by stosowali się do zasad ruchu drogowego, to wyobraź sobie proces namawiania planetoidy, żeby poruszała się po elipsie.

Tradycja ta wywierała wpływ na myślicieli, którzy przyszli po Grekach, przez wiele stuleci. W XIII wieku chrześcijański filozof Tomasz z Akwinu (ok. 1225–1274) zapożyczył ten pogląd i posłużył się nim, próbując udowodnić istnienie Boga: *Jasne więc, że [ciała naturalne] nie dochodzą do celu mocą przypadku, ale w sposób zamierzony. [...] A więc istnieje ktoś myślący, kto kieruje wszystkimi naturalnymi rzeczami ku celowi – i jego to zwiemy Bogiem**. Nawet jeszcze na przełomie XVI i XVII wieku wielki niemiecki astronom Johannes Kepler (1571–1630) wierzył, że planety są obdarzone zmysłami i światłomie poddają się prawom ruchu pojmowanym przez ich „umysł”.

Przekonanie, że w przestrzeganiu praw przyrody kryje się jakiś cel, odzwierciedla starożytne zainteresowanie tym, dlaczego natura zachowuje się tak a nie inaczej, nie zaś problemem, jak się zachowuje. Do najważniejszych zwolenników takiego podejścia należał Arystoteles, odrzucając koncepcję nauki bazującej przede wszystkim na obserwacjach. Zwłaszcza że w starożytności dokładne pomiary i obliczenia matematyczne jeszcze

* Św. Tomasz z Akwinu *Suma teologiczna*, przekł. O. Pius Bełch OP, Katolicki Ośrodek Wydawniczy „Veritas”, Londyn 1986.

się nie rozwinęły. System dziesiętny, który wydaje nam się tak wygodny w arytmetyce, pojawił się dopiero około 700 roku, kiedy Hindusi zaczęli nad nim pracę, przekształcając w potężne narzędzie. Znaki plus i minus wprowadzono w XV stuleciu. Natomiast znak równości i zegary, które mogły mierzyć czas z dokładnością do sekundy, to zdobycze już XVI wieku.

Dla Arystotelesa problemy z pomiarami i obliczeniami nie stanowiły jednak przeszkody. On po prostu nie widział potrzeby mierzenia i rachowania. Zbudował bowiem swoją fizykę na zasadach, które przemawiały do jego umysłu. Przestał uwzględniać nieinteresujące go fakty i skupił swoje wysiłki na zrozumieniu przyczyn stawania się rzeczy, stosunkowo mało uwagi poświęcając wnikaniu w szczegóły tego, co się stało. Arystoteles korygował swoje wnioski, kiedy nie dało się ignorować ich jawnej rozbieżności z obserwacjami. Były to jednak często wyjaśnienia *ad hoc*, które służyły głównie zakamuflowaniu sprzeczności. W ten sposób bez względu na to, jak poważnie jego teoria odstawała od rzeczywistości, zawsze mógł ją tak zmodyfikować, by konflikt wydawał się zażegnany. Na przykład według jego teorii ruchu ciężkie ciała spadały ze stałą prędkością proporcjonalną do ich wagi. Aby wyjaśnić obserwowany fakt, że ciała zwiększają prędkość w czasie spadania, Arystoteles wprowadził nową zasadę: ciała biegą coraz radośniej, zbliżając się do naturalnego miejsca swojego spoczynku – spostrzeżenie znacznie trafniejsze w odniesieniu do niektórych osób niż obiektów nieożywionych. Chociaż z teoriami Arystotelesa zwykle nie wiązały się jakieś sprawdzalne przewidywania, tego

rodzaju podejście do nauki zdominowało myśl Zachodu na niemal dwa tysiąclecia.

Chrześcijańscy następcy Greków odrzucili koncepcję, według której Wszechświat poddany był działaniu obojętnych praw przyrody, jak również pomysł, że człowiek nie zajmuje w nim uprzywilejowanego miejsca. I choć w średniowieczu nie panował jeden spójny system filozoficzny, wszędzie przewijał się wątek Wszechświata jako boskiego domu dla lalek, a zgłębianie religii stawiano ponad badaniem zjawisk przyrody. W 1277 roku biskup Paryża Tempier, działając zgodnie z instrukcjami papieża Jana XXI, upublicznił listę 219 potępionych błędów i herezji. Wśród herezji znalazło się twierdzenie, że przyrodą rządzą prawa natury, gdyż kolidowało ono z prawdą wiary o boskiej wszechmocy. Co ciekawe, papież Jan zginął kilka miesięcy później w wyniku działania prawa powszechnego ciężenia, gdy został przywalony przez strop swojego pałacu.

Nowożytna koncepcja praw przyrody pojawiła się w XVII wieku. Wydaje się, że Kepler był pierwszym uczonym rozumiejącym ten termin we współczesnym znaczeniu, chociaż, jak już powiedzieliśmy wcześniej, spoglądał na obiekty fizyczne z pozycji animistycznych. Galileusz (1564–1642) właściwie nie posługiwał się w swoich dziełach naukowych określeniem „prawo” (mimo że pojawia się ono w niektórych przekładach tych dzieł). Niemniej, niezależnie od tego, czy używał tego terminu, czy nie, odkrył bardzo wiele praw i bronił ważnej zasady, że obserwacja leży u podstaw nauki, której celem jest ustalenie ilościowych związków pomiędzy zjawiskami fizycz-



Jeśli nauczyłem się czegoś podczas moich długich rządów,
to tego, że ciepło się unosi.

nymi. Jednakże osobą, która sformułowała koncepcję praw przyrody po raz pierwszy wprost i dokładnie, był René Descartes (1596–1650).

Descartes wierzył, że wszystkie zjawiska fizyczne należy wyjaśniać poprzez zderzenia poruszających się mas, których zachowanie podlegało trzem prawom – prekursorom słynnych praw ruchu Newtona. Utrzymywał, że prawa te obowiązują wszędzie i zawsze, oraz stwierdzał wprost, iż zachowanie zgodne z tymi prawami nie oznacza, że owe poruszające się ciała są

rozumne. Descartes rozumiał również znaczenie tego, co dziś nazywamy warunkami początkowymi. Opisują one stan układu na początku jakiegoś interwału czasowego, w którym będą czynione przewidywania. Gdy znane są warunki początkowe, prawa natury określają, jak układ będzie ewoluował w czasie; bez warunków początkowych nie jesteśmy w stanie opisać takiej ewolucji. Jeśli na przykład w chwili zero gołąb bezpośrednio nad naszą głową coś upuści, tor lotu tego spadającego obiektu określają prawa Newtona. Wynik jednak będzie bardzo różny w zależności od tego, czy w chwili zero gołąb siedział na drucie telefonicznym, czy leciał z prędkością trzydziestu kilometrów na godzinę. Aby móc zastosować prawa fizyki, musimy wiedzieć, jak układ wystartował, a przynajmniej znać jego stan w pewnej określonej chwili. (Prawa można też wykorzystać do śledzenia zachowania się układu wstecz w czasie).

Za odnowioną wiarą w istnienie praw przyrody poszły nowe wysiłki pogodzenia ich z koncepcją Boga. Według Descartes'a Bóg, jeśli chce, może wpływać na prawdziwość lub fałszywość kwestii etycznych czy twierdzeń matematycznych, lecz nie przyrody. Francuski uczony wierzył, że Bóg ustanowił prawa przyrody, ale nie miał wyboru; wybrał właśnie te, gdyż doświadczane przez nas prawa są jedynymi możliwymi. Mogłoby się wydawać, że godzi to w boski autorytet, lecz Descartes obszedł tę rafę, dowodząc, iż praw nie da się zmienić, ponieważ są odbiciem wewnętrznej natury Boga. Gdyby tak było, można by sądzić, że Bóg wciąż ma wybór – wystarczy stwarzać światy, które różnią się warunkami początkowymi – ale i to Descartes

odrzucił. Niezależnie od rozkładu materii na początku Wszechświata – dowodził – z biegiem czasu ukształtowałyby się świat taki sam jak nasz. Co więcej, Descartes sądził, że kiedy Bóg stworzył już świat, pozostawił go samemu sobie.

Podobne poglądy podzielał Izaak Newton (1643–1727). Uczony ten jest powszechnie uznawany za twórcę współczesnej koncepcji prawa naukowego za sprawą swoich trzech zasad ruchu i prawa powszechnego ciężenia, którego wynikiem są orbity Ziemi, Księżyca oraz planet i które wyjaśnia takie zjawiska jak pływy. Newton pozostawił garść równań i na ich podstawie stworzyliśmy misterną konstrukcję matematyczną – wykorzystywaną po dziś dzień, kiedy na przykład architekt projektuje budynek, a inżynier samochód, lub gdy fizyk oblicza, jak wycelować rakietę, aby wylądowała na Marsie. Jak ujął to poeta Alexander Pope:

*Przyrodę i przyrody prawa krył nocy cień,
Rozkazał Bóg: „Niech będzie Newton!”. I stał się dzień.*

Współczesny uczony powiedziałby, że prawo natury to wysnuta na podstawie zaobserwowanej powtarzalności reguła i że wynikają z niej przewidywania wykraczające poza sytuacje, które posłużyły do jego sformułowania. Możemy na przykład zauważyć, że w ciągu naszego życia Słońce każdego ranka pojawia się na wschodzie, i zaproponować następujące prawo: „Słońce zawsze wschodzi na wschodzie”. To uogólnienie wykracza poza nasze ograniczone obserwacje wschodzącego Słoń-

ca i proponuje przewidywania, które można w przyszłości zweryfikować. Z drugiej strony stwierdzenie w rodzaju „Komputery w tym biurze są czarne” nie jest prawem przyrody, ponieważ nie oferuje żadnych przewidywań w rodzaju: „Kiedy moje biuro kupi nowy komputer, będzie on czarny”.

Na temat znaczenia terminu „prawo przyrody” filozofowie wciąż prowadzą dyskusje. To problem subtelniejszy, niż mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka. Filozof John W. Carroll na przykład porównał stwierdzenie „Wszystkie złote kule mają średnicę mniejszą niż 1,5 kilometra” ze zdaniem „Wszystkie kule uranu 235 mają średnicę mniejszą niż 1,5 kilometra”. Z naszych obserwacji wynika, że na świecie nie występują złote kule o średnicy większej niż 1,5 kilometra, i możemy być raczej pewni, iż nigdy się takie nie pojawiają. Niemniej nie mamy powodu, by wierzyć, że taki obiekt nie może istnieć, a zatem stwierdzenie to nie jest prawem. Z drugiej strony stwierdzenie „Wszystkie kule uranu 235 mają średnicę mniejszą niż 1,5 kilometra” zasługuje na miano prawa przyrody, albowiem z naszej wiedzy fizycznej wynika, że gdyby kula uranu 235 osiągnęła średnicę około 15 centymetrów, uległaby zniszczeniu w wybuchu jądrowym. Dlatego mamy pewność, że kule o średnicy 1,5 kilometra nie istnieją. (Nie byłoby też dobrym pomysłem próbować zrobić taką kulę!). Przedstawiona różnica ma istotne znaczenie, gdyż ilustruje, że nie każde uogólnienie można uznać za prawo przyrody i że większość praw przyrody jest częścią większego, wzajemnie ze sobą połączanego systemu praw.