



Alan P. Lightman

Przypadkowy Wszechświat: kryzys wiary w nauce *

W piątym wieku p.n.e. filozof Demokryt stworzył koncepcję, zgodnie z którą cała materia składa się z maleńkich i niewidzialnych atomów, mających rozmaite rozmiary i strukturę — jedne twarde, inne miękkie, niektóre gładkie, a jeszcze inne chropowate. Atomy traktował on jako coś danego. W dziewiętnastym wieku naukowcy odkryli, że chemiczne własności atomów powtarzają się okresowo (aby opisać ten fakt, stworzyli okresowy układ pierwiastków), jednak pochodzenie takich wzorców pozostawało tajemnicą. Dopiero w dwudziestym wieku naukowcy dowiedzieli się, że własności atomu określane są przez liczbę i położenie jego elektronów, subatomowych cząstek orbitujących wokół jego jądra. Wiemy też, że wszystkie atomy cięższe od helu powstały w nuklearnych piecach gwiazd.

Historię nauki postrzegać można jako proces przemiany zjawisk uważanych niegdyś za przypadkowe w zjawiska pojmowalne w kategoriach fundamentalnych przyczyn i zasad. Lista zjawisk w pełni wyjaśnionych obejmuje między innymi: kolor nieba, orbity planet, kąt śladu torowego łodzi płynącej po jeziorze, sześciostronne wzorce płatków śniegu, ciężar dropia w locie, temperaturę wrzącej wody, wielkość kropli deszczu czy okrągły kształt Słońca. Te oraz wiele innych zjawisk, uznawanych kiedyś za ustalone od samego początku czasu lub za rezultat późniejszych zdarzeń losowych, zostało wytłumaczonych jako *konieczne* następstwa podstawowych praw przyrody — praw odkrytych przez ludzi.

* Alan P. LIGHTMAN, „The Accidental Universe: Science’s Crisis of Faith”, *Harper’s Magazine* December 2011, s. 34-40, <http://www.harpers.org/archive/2011/12/0083720> (08.07.2012). Za zgodą Autora i Redakcji z języka angielskiego przełożył: Dariusz SAGAN.

Ten długi i interesujący trend może dobiec końca. Spektakularny rozwój kosmologii sprawił, że niektórzy czołowi fizycy przyjęli pogląd, zgodnie z którym nasz Wszechświat jest tylko jednym z olbrzymiej liczby wszechświatów o bardzo różnych własnościach, a część najbardziej podstawowych cech naszego konkretnego Wszechświata jest zwyczajnie *przypadkowa* — jak losowy wynik rzutu kosmiczną kostką. W takim wypadku nie ma nadziei, że kiedykolwiek wyjaśnimy cechy naszego Wszechświata w kategoriach fundamentalnych przyczyn i zasad.

Stwierdzenie, jak bardzo odmienne od siebie mogą być różne wszechświaty albo czy istnieją one równocześnie, jest prawdopodobnie niemożliwe. W niektórych mogą występować podobne do naszych gwiazdy i galaktyki. W innych może ich nie być. Niektóre mogą mieć skończone, a inne nieskończone rozmiary. Cały zbiór wszechświatów nazywany jest przez fizyków „multiwersum”. Alan Guth, pionier myśli kosmologicznej, twierdzi, że „idea wielu wszechświatów nakłada poważne ograniczenie na możliwość zrozumienia świata dzięki fundamentalnym zasadom”. Filozoficzny etos nauki został oderwany od swoich korzeni. Jak powiedział mi ostatnio laureat Nagrody Nobla, fizyk Steven Weinberg — człowiek równie starannie dobierający słowa, jak przeprowadzający obliczenia matematyczne — „Znajdujemy się obecnie na rozstaju drogi, którą podążaliśmy, chcąc zrozumieć prawa przyrody. Jeżeli idea multiwersum jest słuszna, to styl uprawiania fundamentalnej fizyki ulegnie radykalnej zmianie”.

Naukowcami najbardziej zasmuconymi tego typu wizją, jaką prezentuje Weinberg, są fizycy teoretyczni. Fizyka teoretyczna to sięgająca najgłębiej i najczystsza gałąź nauki. To ostatni bastion nauki najbliższy filozofii i religii. Naukowcy eksperymentalni zajmują się obserwowaniem i pomiarami kosmosu, odkrywając, co istnieje, bez względu na to, jak bardzo może to być dziwne. Fizykom teoretycznym, z drugiej strony, nie wystarcza obserwowanie Wszechświata. Pragną wiedzieć, *dlaczego*. Wszystkie własności Wszechświata chcieliby wyjaśnić za pomocą kilku fundamentalnych zasad i parametrów. Owe fundamentalne zasady prowadzą z kolei do „praw przyrody”, które rządzą zachowaniem całej materii i energii. Oto przykład fundamentalnej zasady fizyki, zaproponowanej po raz pierwszy w 1632 roku przez Galileusza i rozszerzonej w 1905 roku przez Einsteina: wszyscy obserwatorzy podróżujący ze stałą prędkością

względem siebie powinny podlegać identycznym prawom przyrody. Z zasady tej Einstein wyprowadził szczególną teorię względności. Przykładem fundamentalnego parametru jest masa elektronu, uważanego za jedną z dwudziestu paru „cząstek” elementarnych w przyrodzie. Z punktu widzenia fizyków, im mniej fundamentalnych zasad i parametrów, tym lepiej. Zawsze żywili oni nadzieję i wierzyli, że te podstawowe zasady są tak restrykcyjne, że możliwy jest tylko jeden spójny Wszechświat, podobnie jak krzyżówka z tylko jednym rozwiązaniem. Tym jedynym Wszechświatem byłby oczywiście Wszechświat, w którym żyjemy. Fizycy teoretyczni są platonikami. Jeszcze do niedawna byli zgodni, że cały, jedyny Wszechświat wywodzi się z kilku prawd matematycznych i zasad symetrii z dodatkiem być może garści parametrów, jak masa elektronu. Wydawało się, że jesteśmy blisko uzyskania obrazu Wszechświata, w którym wszystko da się obliczyć, przewidzieć i zrozumieć.

Jednakże dwie teorie fizyczne — teoria wiecznej inflacji i teoria strun — sugerują, że *te same* fundamentalne zasady, z których wywodzą się prawa przyrody, mogą być źródłem wielu *różnych* spójnych wszechświatów z wieloma różnymi parametrami. To tak, jakby pójść do sklepu obuwniczego, zmierzyć wielkość stóp i odkryć, że równie dobrze pasują na nie buty w rozmiarach 35, 40 i 45. Takie niejednoznaczne wyniki doprowadzają fizyków teoretycznych do rozpacz. Najwyraźniej podstawowe prawa przyrody nie określają jednego, unikatowego Wszechświata. Obecnie wielu fizyków sądzi, że żyjemy w jednym z ogromnej liczby wszechświatów. Żyjemy w przypadkowym Wszechświecie — we Wszechświecie wymykającym się obliczeniom naukowym.

„W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych dwudziestego wieku”, mówi Alan Guth, „czuliśmy, że jesteśmy tak mądrzy, że rozumiemy już niemal wszystko”. Fizycy znali już wtedy bardzo dokładne teorie trzech z czterech oddziaływań fundamentalnych w przyrodzie: silnego oddziaływania jądrowego, które wiąże ze sobą jądra atomowe, oddziaływania słabego odpowiedzialnego za pewne formy rozpadu promieniotwórczego oraz oddziaływania elektromagnetycznego między naładowanymi elektrycznie cząstkami. Istniała też szansa na połączenie teorii zwanej fizyką kwantową z Einsteinowską teorią czwartego oddziaływania — grawitacji — dzięki czemu wszystkie one byłyby ujęte w ramy czegoś, co fizycy nazywają Teorią Wszystkiego lub Teorią Ostateczną. Teorie z tamtych lat wymagały specyfikacji dwudziestu kilku parametrów odpowia-

dających masom cząstek elementarnych oraz około pół tuzina parametrów odpowiadających siłom oddziaływań fundamentalnych. Następnym krokiem byłoby wyprowadzenie większości mas cząstek elementarnych z jednej lub dwóch mas podstawowych, a także zdefiniowanie wszystkich oddziaływań fundamentalnych w kategoriach jednego oddziaływania fundamentalnego.

Istniały dobre powody, by sądzić, że fizycy byli gotowi na wykonanie tego następnego kroku. Od czasów Galileusza fizyka niebywale skutecznie odkrywała zasady i prawa, w których występuje coraz mniej wolnych parametrów i które charakteryzują się bardzo dużą zgodnością z faktami. Na przykład obserwowana rotacja elipsoidalnej orbity Merkurego, wynosząca 0,012 stopnia na sto lat, została z powodzeniem obliczona za pomocą ogólnej teorii względności, zaś obserwowaną siłę magnetyczną elektronu, równą 2,002319 magnetonu, wyprowadzono za pomocą teorii elektrodynamiki kwantowej. W fizyce, znacznie częściej niż w innych naukach, obserwujemy wiele przypadków dużej zgodności teorii z wynikami eksperymentów.

Guth, obecnie sześćdziesięcioletni profesor MIT, rozpoczął karierę fizyka w tym pogodnym świecie nauki. Miał nieco ponad trzydzieści lat, gdy zaproponował gruntowną rewizję teorii Wielkiego Wybuchu, wysuwając koncepcję tak zwanej inflacji. Dysponujemy już wieloma świadectwami wskazującymi, że na początku, około 14 miliardów lat temu, nasz Wszechświat był niesamowicie gęstą i gorącą kulą, a od tamtej pory rozszerzał się, rozrzedzał i stygł. Teoria inflacji głosi, że kiedy nasz Wszechświat liczył jedynie około jedną bilionową bilionowej bilionowej sekundy, pewien szczególny rodzaj energii spowodował, że kosmos rozszerzał się bardzo szybko. Małe ułamek sekundy później ekspansja Wszechświata znów miała spokojniejsze tempo, przewidywane przez standardowy model Wielkiego Wybuchu. Teoria inflacji rozwiązała wiele nierozstrzygniętych wcześniej problemów kosmologii — na przykład, dlaczego Wszechświat jest jednorodny w większych skalach.

Gdy pewnego chłodnego dnia odwiedziłem Gutha w jego znajdującym się na trzecim piętrze gabinecie w MIT, ledwie byłem w stanie dostrzec go za stertami papierów i pustych butelek po dietetycznej coli na jego biurku. Jeszcze więcej stert papierów i dziesiątki czasopism znajdowało się na podłodze. Kilka lat wcześniej Guth wygrał nawet sponsorowany przez *Boston Globe* konkurs na

najbardziej niechlujny gabinet w mieście. Nagrodą były jednodniowe usługi specjalistki od organizacji miejsca pracy. „Okazała się bardziej uciążliwa niż pomocna. Wzięła sterty kopert z podłogi i zaczęła sortować je według rozmiaru”. Guth nosi okulary w stylu lotniczym, ma długie włosy i pije jedną dietetyczną colę za drugą. „Powodem, dla którego wybrałem fizykę teoretyczną”, powiedział mi Guth, „było to, że podobała mi się idea, że wszystko — to znaczy Wszechświat — możemy zrozumieć w kategoriach matematyki i logiki”. W tym momencie zaśmiał się ironicznie. Rozmawialiśmy o multiwersum.

Choć idea multiwersum stanowi przeszkodę dla ziszczenia się platońskiego snu fizyków teoretycznych, wyjaśnia ona pewien aspekt naszego Wszechświata, który przez lata niepokoił część naukowców: z różnych wyliczeń wynika, że gdyby wartości pewnych podstawowych parametrów naszego Wszechświata były nieco większe lub nieco mniejsze, nie mogłoby powstać życie. Gdyby na przykład oddziaływanie jądrowe było o kilka punktów procentowych silniejsze niż jest, to wszystkie atomy wodoru w młodym Wszechświecie połączyłyby się z innymi atomami wodoru, tworząc hel, i nie pozostałby żaden wodór. Bez wodoru nie ma wody. Mimo iż daleko nam do pewności, jakie warunki są konieczne do życia, większość biologów uważa, że woda jest niezbędna. Z drugiej strony, gdyby oddziaływanie jądrowe było znacznie słabsze niż jest, to nie mogłyby powstać konieczne dla struktur biologicznych złożone atomy. Rozważmy inny przykład. Gdyby związek między siłami oddziaływania grawitacyjnego i oddziaływania elektromagnetycznego nie był bardzo bliski swojej obecnej wartości, to w kosmosie nie byłoby ani żadnych gwiazd, które eksplodują i wyrzucają w przestrzeń potrzebne dla życia pierwiastki chemiczne, ani innych gwiazd, wokół których formują się planety. Oba typy gwiazd są wymagane do powstania życia. Siły podstawowych oddziaływań oraz pewnych innych fundamentalnych parametrów w naszym Wszechświecie wydają się „subtelnie zestrojone”, aby umożliwić istnienie życia. Odkrycie tego subtelnego zestrojenia skłoniło brytyjskiego fizyka Brandona Cartera do sformułowania tezy nazwanej przez niego zasadą antropiczną, zgodnie z którą Wszechświat musi mieć takie parametry, jakie ma, ponieważ istniejemy i możemy to zaobserwować. Ściśle biorąc, słowo *antropiczny*, które w grece odnosi się do „człowieka”, jest niewłaściwe: gdyby te fundamentalne parametry były znacznie inne niż są, to nie tylko ludzie by nie istnieli. Nie istniałaby żadna forma życia.

Jeżeli te wnioski są trafne, to wielkim pytaniem pozostaje, rzecz jasna, *dla czego* te fundamentalne parametry mieszczą się w zakresie umożliwiającym istnienie życia. Czy Wszechświat troszczy się o życie? Jedną z odpowiedzi jest inteligentny projekt. I rzeczywiście, niemała liczba teologów, filozofów, a nawet część naukowców uznaje subtelne zestrojenie i zasadę antropiczną za świadectwa na rzecz istnienia Boga. Na przykład w 2011 roku na Konferencji Uczonych Chrześcijańskich w Pepperdine University Francis Collins, czołowy genetyk i dyrektor National Institutes of Health, powiedział, że „Aby powstał nasz Wszechświat, z całym swoim potencjałem do tworzenia złożoności lub jakiegokolwiek formy życia, wszystko musiałoby być precyzyjnie określone w tym skrajnie mało prawdopodobnym zakresie [...]. Musimy dostrzec w tym działanie stwórcy, który dokładnie ustalił parametry, ponieważ interesowało go coś bardziej złożonego niż tylko losowe cząstki”.

Inteligentny projekt, jako rozwiązanie problemu subtelnego zestrojenia, nie przemawia jednak do większości naukowców. Innym wyjaśnieniem jest multiwersum. Gdyby istniała niezliczona liczba różnych wszechświatów o różnych parametrach — na przykład w części z nich oddziaływanie jądrowe byłoby znacznie silniejsze niż w naszym Wszechświecie, a w niektórych innych znacznie słabsze — to w niektórych z tych wszechświatów życie byłoby możliwe, zaś w innych nie. Jakiś procent tych wszechświatów składałby się z martwej, pozbawionej życia materii i energii, a w innych mogłyby powstać komórki, rośliny, zwierzęta oraz umysły. Wszechświaty tętniące życiem stanowią niewątpliwie niewielki ułamek ogromnego wachlarza możliwych wszechświatów. To jednak nie ma znaczenia. Żyjemy w jednym z wszechświatów, w których możliwe jest życie, ponieważ w innym razie nie moglibyśmy istnieć i się nad tym zastanawiać.

Rozwiązanie to jest podobne do wyjaśnienia, dlaczego żyjemy na planecie, na której tak wiele czynników zapewnia nam dobre warunki do życia: tlen, woda, temperatura między punktami zamarzania i wrzenia wody i tak dalej. Czy to tylko szczęśliwy traf, czy też akt Opatrzności, a może jeszcze coś innego? Nie. Po prostu nie moglibyśmy żyć na planecie, która nie miałaby takich cech. Istnieje wiele planet, które nie są tak przyjazne życiu, na przykład Uran, na którym temperatura wynosi -224°C , lub Wenus, gdzie występują opady kwasu siarkowego.

Multiwersum rozwiązuje zagadkę subtelnego zestrojenia, nie odwołując się do istnienia Projektanta. Jak mówi Steven Weinberg: „W ciągu setek lat nauka osłabiła uścisk religii, jednak nie dzięki dowiedzeniu, że Bóg nie istnieje, lecz obalając argumenty na rzecz jego istnienia oparte na obserwacjach świata przyrody. Idea multiwersum wyjaśnia, dlaczego żyjemy we Wszechświecie przyjaznym życiu, i nie powołuje się przy tym na życzliwość stwórcy. A jeśli idea ta jest trafna, to religia będzie miała jeszcze słabsze podstawy”.

Niektórzy fizycy wciąż jednak pozostają sceptyczni co do zasady antropicznej i praktyki wyjaśniania wartości fundamentalnych parametrów fizycznych za pomocą koncepcji wielu wszechświatów. Inni, tak jak Weinberg i Guth, uznali w końcu, że zasada antropiczna i idea multiwersum wspólnie dostarczają najlepszego wyjaśnienia obserwowanych faktów.

Jeżeli idea multiwersum jest słuszna, to historyczna misja fizyki, by wyjaśnić wszystkie własności naszego Wszechświata w kategoriach fundamentalnych zasad — czyli dlaczego *koniecznie* muszą być one właśnie takie a nie inne — jest skazana na niepowodzenie, to piękny filozoficzny sen, który się nie spełni. Nasz Wszechświat jest taki, jaki jest, ponieważ w nim żyjemy. Sytuację tę można porównać do ławicy inteligentnych ryb, które pewnego dnia zaczęły się zastanawiać, dlaczego ich świat jest całkowicie wypełniony wodą. Wiele ryb — teoretyczki — ma nadzieję udowodnić, że cały kosmos z konieczności musi być wypełniony wodą. Przez lata usiłują tego dokonać, ale wciąż im się to nie udaje. Jednak pewna grupa ryb zaczyna twierdzić, że może tylko same siebie oszukują. Być może istnieje, sugerują, wiele innych światów, niektóre zupełnie suche, a inne mające cechy pośrednie.

Najbardziej uderzającym przykładem subtelnego zestrojenia, którego wyjaśnienie, praktycznie biorąc, wymaga powołania się na multiwersum, jest nieoczekiwane odkrycie czegoś, co naukowcy nazywają ciemną energią. Nieco ponad dziesięć lat temu, za pomocą automatycznych teleskopów w Arizonie, Chile, na Hawajach i w przestrzeni kosmicznej, które są w stanie dokonać przegładu blisko milionów galaktyk w jedną noc, astronomowie odkryli, że ekspansja Wszechświata przyspiesza. Jak już zostało powiedziane, o tym, że Wszechświat się rozszerza, wiedzano już od końca lat dwudziestych minionego wieku. Jest to kluczowa cecha modelu Wielkiego Wybuchu. Zgodnie z ortodoksyjnym po-

glądem kosmologicznym ekspansja zwalnia. Grawitacja jest przecież siłą przyciągającą, sprawiającą, że masy zbliżają się do siebie. Było więc niemałą niespodzianką, kiedy w 1998 roku dwa zespoły astronomów ogłosiły, że pewna nieznaną siłą zdaje się dociskać kosmiczny pedał gazu. Ekspansja przyspiesza. Galaktyki oddalają się od siebie, jak gdyby odpychała je antygravitacja. Jak mówi Robert Kirshner, członek jednego z zespołów, które dokonały tego odkrycia: „To nie ten sam Wszechświat, co dawniej”. (W październiku członkowie obu zespołów zostali uhonorowani Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki.)

Energię związaną z tą kosmologiczną siłą fizycy określili mianem ciemnej energii. Nikt nie wie, czym ona jest. Ciemna energia jest nie tylko niewidzialna, ale i najwyraźniej ukrywa się w pustej przestrzeni. Mimo to z obliczeń opartych na obserwacjach przyspieszającego tempa ekspansji wynika, że ciemna energia stanowi aż trzy czwarte całkowitej energii Wszechświata. To niewidzialny słoń w gmachu nauki.

Wyliczono, że ilość ciemnej energii, a ściślej ilość ciemniejszej energii w każdym centymetrze sześciennym przestrzeni, wynosi około jedną stumilionową (10^{-8}) erga na centymetr sześcienny. (Dla porównania, grosz upuszczony z wysokości pasa uderza w podłogę z energią około trzech tysięcy — to jest 3×10^5 — ergów). Może nie wydawać się to zbyt wiele, ale energia sumuje się w olbrzymich rozmiarach przestrzeni kosmicznej. Astronomowie zdołali ustalić tę liczbę dzięki zmierzeniu tempa ekspansji Wszechświata w różnych epokach — jeśli Wszechświat przyspiesza, to tempo jego ekspansji było kiedyś wolniejsze. Znając wartość przyspieszenia, astronomie mogą obliczyć ilość ciemniejszej energii we Wszechświecie.

Fizycy teoretyczni mają kilka hipotez na temat tego, czym jest ciemna energia. Może być to energia subatomowych cząstek-widm, które mogą na krótko pojawiać się znikąd, zanim ulegną autoanihilacji i na powrót rozpląną się w próżni. Zgodnie z fizyką kwantową pusta przestrzeń jest chaosem cząstek subatomowych, które poruszają się szybko i znikają, zanim uda się je zaobserwować. Ciemna energia może też być związana z niezaobserwowanym dotąd polem siłowym zwanym polem Higgsa, które niekiedy przywołuje się, aby wyjaśnić, dlaczego pewne rodzaje materii mają masę. (Fizycy teoretyczni rozmyślają nad rzeczami, które nie interesują innych ludzi.) Natomiast w modelach

proponowanych w ramach teorii strun ciemna energia może mieć związek ze sposobem, w jaki dodatkowe wymiary przestrzeni — inne niż znane nam długość, szerokość i głębokość — uległy ściśnięciu do rozmiarów znacznie mniejszych niż wielkość atomów, przez co ich nie widzimy.

Te różne hipotezy zapewniają fantastycznie duży zakres *teoretycznie możliwych* ilości ciemnej energii we Wszechświecie, od mniej więcej 10^{115} do -10^{115} ergów na centymetr sześcienny. (Ujemna wartość ciemnej energii oznacza, że — wbrew naszym obserwacjom — powodowałaby ona *spowalnianie* tempa ekspansji Wszechświata.) Tak więc, biorąc pod uwagę wielkość bezwzględna, ilość ciemnej energii rzeczywiście dostępnej w naszym Wszechświecie jest albo niezmiernie mała, albo niezmiernie duża w porównaniu z możliwą jej ilością. Już sam ten fakt jest zaskakujący. Gdyby teoretycznie możliwe pozytywne wartości ciemnej energii zaznaczono na linijce rozciągającej się od Ziemi do Słońca, z zerem na jednym końcu linijki i wartością 10^{115} ergów na centymetr sześcienny na drugim, to wartość ciemnej energii rzeczywiście istniejącej w naszym Wszechświecie (10^{-8} ergów na centymetr sześcienny) znajdowałaby się bliżej zera niż wartość szerokości atomu.

Co do jednego większość fizyków jest zgodna: gdyby ilość ciemnej energii w naszym Wszechświecie była tylko nieco inna niż jest, to nie mogłoby powstać życie. Nieco większa jej ilość spowodowałaby, że Wszechświat przyspieszałby tak szybko, że materia w młodym kosmosie nie mogłaby się skupiać, by utworzyć gwiazdy, a więc i złożone atomy, które w nich powstają. Przy nieco mniejszej ilości ciemnej energii (jeśli chodzi o ujemne jej wartości) Wszechświat spowalniałby tak szybko, że uległby kolapsowi, zanim mogłyby się utworzyć nawet najprostsze atomy.

Jest to ewidentny przykład subtelnego zestrojenia: wśród wszystkich możliwych ilości ciemnej energii w naszym Wszechświecie, rzeczywista jej ilość znajduje się w małym przedziale zakresu umożliwiającego istnienie życia. Praktycznie nikt się o to nie spiera. Fakt ten nie zależy od założeń na temat tego, czy życie wymaga wody, tlenu czy też jakiejś określonej konstytucji biochemicznej. Podobnie jak wcześniej, zmuszeni jesteśmy zadać pytanie: skąd się wzięło takie subtelne zestrojenie? Wielu fizyków uważa obecnie, że odpowiedź stanowi multiwersum. Istnieć może ogromna liczba wszechświatów z wieloma

różnymi wartościami zasobów ciemnej energii. Nasz Wszechświat jest jednym z tych, w których ta wartość jest mała, i dzięki temu możliwe jest powstanie życia. Jesteśmy tutaj, ponieważ nasz Wszechświat musi być właśnie takim wszechświatem. Jesteśmy zrzędzeniem losu. Zagraliśmy na kosmicznej loterii i z kapelusza zawierającego przeogromną liczbę wszechświatów udało nam się wyjąć taki, który jest przyjazny życiu. A gdybyśmy nie wylosowali takiego kuponu, nie byłoby nas tutaj i nie moglibyśmy zastanawiać się nad prawdopodobieństwem tego zdarzenia.

Koncepcja multiwersum jest atrakcyjna nie tylko dlatego, że rozwiązuje problem subtelnego zestrojenia. Jak już wspomniałem, możliwość multiwersum jest w istocie przewidywana przez współczesne teorie fizyczne. Jedną z nich, tak zwana teoria wiecznej inflacji rozwinięta w latach osiemdziesiątych przez Andreia Linde, Paula Steinhardta i Alexa Vilenkina, jest rewizją zaproponowanej przez Gutha teorii inflacji. W świetle zwykłej teorii inflacji bardzo szybką ekspansję Wszechświata powoduje pewne pole energetyczne, w rodzaju ciemnej energii, które zostało tymczasowo uwięzione w stanie niereprezentującym najmniejszego możliwego poziomu energii Wszechświata jako całości — podobnie jak szklana kulka utkwiona w małym wgłębieniu stołu. Kulka może tam pozostać, ale jeśli zostanie popchnięta, wytoczy się z wgłębienia, przetoczy po stole i spadnie na podłogę (która reprezentuje najmniejszy możliwy poziom energii). Natomiast zgodnie z teorią wiecznej inflacji pole ciemnej energii ma wiele różnych wartości w różnych punktach przestrzeni, analogicznie do wielu szklanych kulek w licznych wgłębieniach kosmicznego stołu. Co więcej, wraz z gwałtowną ekspansją przestrzeni zwiększa się liczba kulek. Każda kulka jest popychana przez właściwe mechanice kwantowej procesy losowe i część kulek zacznie toczyć się po stole i spadnie na podłogę. Każda z tych kulek reprezentuje początek Wielkiego Wybuchu, czyli zasadniczo nowego wszechświata. Tak więc pierwotny, gwałtownie rozszerzający się wszechświat rodzi wiele nowych wszechświatów w procesie, który nie ma końca.

Teoria strun również przewiduje możliwość multiwersum. Pierwotnie powstała ona w latach sześćdziesiątych jako teoria silnego oddziaływania jądrowego, ale szybko rozrosła się w coś więcej. Teoria strun postuluje, że najmniejszymi składnikami materii nie są cząstki subatomowe, takie jak elektron, lecz skrajnie małe, jednowymiarowe „struny” energii. Te elementarne struny mogą wibro-

wać w różnych częstotliwościach, podobnie jak struny skrzypiec, zaś różne mody drgań odpowiadają różnym fundamentalnym cząstkom i oddziaływaniom. Teorie strun, w dodatku do trzech już znanych wymiarów przestrzeni, wymagają zwykle istnienia siedmiu dodatkowych wymiarów, które są ściśnięte do tak małych rozmiarów, że nigdy ich nie doświadczamy, analogicznie do trójwymiarowego węża ogrodowego, który oglądany z dużej odległości wygląda jak jednowymiarowa linia. Istnieje w istocie olbrzymia liczba sposobów, w jakie można zwinąć postulowane przez teorię strun dodatkowe wymiary, a każdy z tych sposobów odpowiada innemu wszechświatowi o innych własnościach fizycznych.

Początkowo wierzono, że dzięki teorii strun, postulującej bardzo niewiele dodatkowych parametrów, fizycy będą potrafili wyjaśnić wszystkie oddziaływania i cząstki w przyrodzie — cała rzeczywistość byłaby przejawem drgań elementarnych strun. Teoria strun byłaby tym samym ostateczną realizacją platońskiego ideału w pełni wytłumaczalnego kosmosu. W ciągu kilku minionych lat fizycy odkryli jednak, że teoria strun przewiduje nie jakiś unikatowy Wszechświat, lecz olbrzymią liczbę możliwych wszechświatów o różnych cechach. Obliczono, że „krajobraz strun” obejmuje 10^{500} różnych możliwych wszechświatów.

Należy zauważyć, że ani teoria wiecznej inflacji, ani teoria strun nie mają choćby w przybliżeniu takiego potwierdzenia eksperymentalnego jak wiele wcześniejszych teorii w fizyce, na przykład szczególna teoria względności lub elektrodynamika kwantowa, o których już pisałem. Jedna bądź druga może okazać się błędna — a może nawet obie. Jednakże niektórzy czołowi fizycy poświęcili swoje kariery rozwijaniu tych dwóch koncepcji.

Wróćmy do przykładu inteligentnych ryb. Pewna grupa ryb wysunęła przypuszczenie, że istnieje wiele innych światów, niektóre z suchym lądem, a inne z wodą. Część ryb, z pewnym oporem, uznaje to wyjaśnienie. Niektóre odczuwają ulgę. Inne czują, jakby ich całonocne rozmyślenia były bezcelowe. Jeszcze inne wciąż są głęboko zaniepokojone. A to wszystko dlatego, że w żaden sposób nie mogą dowieść słuszności tego przypuszczenia. Taką samą niepewność odczuwa wielu fizyków, którzy zaczynają przyzwyczajać się do idei multiversum. Musimy przyjąć nie tylko to, że podstawowe własności naszego Wszechświata są przypadkowe i wymykają się obliczeniom, ale też uwierzyć

w istnienie wielu innych wszechświatów. Nie wiemy jednak, jak zaobserwować te wszechświaty, a tym samym nie możemy udowodnić ich istnienia. Zatem, aby wyjaśnić to, co obserwujemy w świecie i co podpowiadają nam rozumowania dedukcyjne, musimy uwierzyć w coś, czego nie jesteśmy w stanie udowodnić.

Brzmi to znajomo? Teologowie przywykli do przyjmowania różnych przekonań na wiarę. Naukowcy — nie. Możemy co najwyżej żywić nadzieję, że teorie przewidujące istnienie multiwersum pozwolą sformułować także wiele innych przewidywań, które będziemy mogli sprawdzić w naszym Wszechświecie. Inne wszechświaty niemal na pewno pozostaną jednak w sferze domysłów.

„Przed odkryciem ciemnej energii i zaproponowaniem idei multiwersum mieliśmy większą wiarę w naszą intuicję”, mówi Guth. „Nadal pozostaje wiele do zrozumienia, ale będzie nam brakować przyjemności towarzyszącej wyprawadaniu wszystkiego z pierwszych zasad”.

Ciekawe, czy młody Alan Guth, myśląc o karierze naukowej w dzisiejszych czasach, wybrałby fizykę teoretyczną.



Alan P. Lightman

The Accidental Universe: Science's Crisis of Faith

Summary

The history of science can be viewed as the recasting of phenomena that were once thought to be accidents as phenomena that can be understood in terms of fundamental causes and principles. This long and appealing trend may be coming to an end. Dramatic developments in cosmological findings and thought have led some of the world's premier physicists to propose that our universe is only one of an enormous number of universes with wildly varying properties, and that some of the most basic features of our particular universe are indeed mere accidents — a random throw of the cosmic dice. In which case, there is no hope of ever explaining our universe's features in terms of fundamental causes and principles.

Keywords: accident, fundamental principles and parameters of the universe, fine-tuning, anthropic principle, dark energy, multiverse, theory of eternal inflation, string theory.

Słowa kluczowe: przypadek, fundamentalne zasady i parametry Wszechświata, subtelne zestrojenie, zasada antropiczna, ciemna energia, multiwersum, teoria wiecznej inflacji, teoria strun.