Elżbieta Drozdowska: Filozoficzne problemy kosmologii

Musimy więc pogodzić się z tym, że nigdy nie poznamy Wszechświata w całości. Są pytania graniczne, na które fizyka nie udzieli ostatecznych odpowiedzi. A mimo to zawsze będziemy się nad nimi zastanawiać – pisze Elżbieta Drozdowska w „Teologii Politycznej Co Tydzień": „Kosmos. Między chaosem a porządkiem".

Przedmiotem badań współczesnej kosmologii jest Wszechświat, rozumiany jako wszystko, co istnieje fizycznie. W szczególności chodzi o jego strukturę, rozwój i pochodzenie.

Choć rozważania nad tymi kwestiami występują w filozofii w zasadzie od samego jej początku, miały one raczej charakter spekulatywny i często powiązane były z przekonaniami mitologicznymi czy religijnymi. Współczesna kosmologia naukowa powstała w 1917 roku za sprawą Alberta Einsteina. W 1915 r. Einstein ogłosił Ogólną Teorię Względności, a w 1917 wysunął propozycję zastosowania jej równań do Wszechświata jako całości. Zaproponowany przez niego model zwany był stacjonarnym, gdyż świat był w nim statyczny, niezmienny. Już kilka lat później, dzięki badaniom teoretycznym Friedmana i Lemaitre'a i obserwacyjnym Hubble'a okazało się, że pogląd stacjonarny jest błędny – Wszechświat się rozszerza. Po przyjęciu geometrii Roberstona-Walkera powstał model kosmologiczny FLRW, reprezentujący jednorodny, izotropowy (bez wyróżnionych kierunków ani centrum), rozszerzający się Wszechświat, stanowiący podstawę współczesnej kosmologii. W 1965 roku Penzias i Wilson odkryli mikrofalowe promieniowanie tła, co upowszechniło teorię Wielkiego Wybuchu. W 1981 roku Guth sformułował hipotezę inflacji kosmologicznej, a w 2006 roku uprawdopodobniono istnienie ciemnej energii i fal grawitacyjnych. Zgodnie ze standardowym dziś modelem kosmologicznym Wszechświat powstał ok. 13,8 mld lat temu podczas zdarzenia zwanego Wielkim Wybuchem, kiedy to wychodząc od stanu o bardzo małych wymiarach i bardzo wysokiej temperaturze zaczął się szybko rozszerzać

i ochładzać. Początkowo materia i promieniowanie pozostawały w równowadze termicznej, ale wskutek ciągłej ekspansji ok. 100 000 lat po Wielkim Wybuchu gęstość energii promieniowania spadła poniżej gęstości energii materii. Wskutek tego zdarzenia energia promieniowania stała się zbyt mała, by jonizować materię – nastąpiła rekombinacja, czyli wychwycenie elektronów przez protony i jądra helu. Powstały wtedy atomy, materia stała się przezroczysta dla fotonów i zostało wyemitowane promieniowanie tła. Nastąpiła era materii, podczas której zaczęły się formować gwiazdy i galaktyki.

Ta znana i ugruntowana już teoria mierzy się z pewnymi problemami natury filozoficznej, które trudno na pierwszy rzut oka dostrzec zza jej naukowej otoczki. Są to trudne kwestie związane z wyjątkowością Wszechświata jako przedmiotu badań i ograniczeniami naszych metod badawczych. Fizyk teoretyczny George F.R. Ellis wyróżnia dziewięć takich problemów współczesnej kosmologii [1].

Nauki przyrodnicze zwykle badają pewne gatunki albo typy zdarzeń, szukając ogólnych, powtarzalnych prawidłowości, zwanych prawami. W przypadku, gdy przedmiot badań jest tylko jeden, jest to bardzo utrudnione, o ile nie niemożliwe

Pierwszym z nich jest to, że Wszechświat jest tylko jeden. A co więcej, znamy go tylko w jednym wycinku jego historii. Nauki przyrodnicze zwykle badają pewne gatunki albo typy zdarzeń, szukając ogólnych, powtarzalnych prawidłowości, zwanych prawami. W przypadku, gdy przedmiot badań jest tylko jeden, jest to bardzo utrudnione, o ile nie niemożliwe. Możemy formułować równania opisujące rozwój Wszechświata, ale mamy bardzo ograniczone możliwości empirycznego ich sprawdzenia – niemożliwym jest przeprowadzenie eksperymentów, w których np. powtórzymy Wielki Wybuch przy innych parametrach fizycznych, żeby sprawdzić, jak wpłynie to na ewolucję Wszechświata. Nie możemy też porównać go z innym podobnym bytem, bo po prostu takiego nie ma (nawet postulowane czasami wszechświaty równoległe, pomijając ich

nieobserwowalność, są częściami Wszechświata jako całości). W kosmologii badany jest jednostkowy przedmiot i dotyczące go zdarzenia, które miały miejsce dawno temu i już się nigdy nie powtórzą – pod tym względem kosmologia bardziej przypomina historię niż fizykę.

> *Im dalszy obiekt, tym „starsze" światło, które do nas od niego dotarło – co oznacza, że obserwujemy go w bardzo odległym momencie jego przeszłości. Nie mamy fizycznej możliwości dowiedzieć się, co dzieje się z nim „teraz"*

Drugim problemem jest ogromny rozmiar Wszechświata, znacznie przekraczający fizycznie nasze możliwości poznawcze. Dokonujemy obserwacji astronomicznych z jednego (w skali kosmologicznej) punktu w czasoprzestrzeni i jesteśmy ograniczeni do naszego stożka świetlnego (tzn. obszaru czasoprzestrzeni, z którego sygnały mogą do nas dotrzeć z prędkością nie większą niż prędkość światła). Nie możemy tego w żaden sposób zmienić: jesteśmy organizmami o wielkości rzędu 101 m, nasza planeta ma wielkość rzędu 108 m, galaktyka 1015 m, a sam tylko widzialny dla nas Wszechświat – 1027 m. Choćbyśmy podróżowali z prędkością bliską prędkości światła przez 10 tysięcy lat, nawet nie opuścimy naszej galaktyki, a obraz obserwowalnego Wszechświata zmieni się niezauważalnie. Sprawia to, że możemy jedynie uzyskać dwuwymiarową mapę trójwymiarowego świata. Odległości obiektów kosmicznych możemy jedynie szacować. A im dalszy obiekt, tym „starsze" światło, które do nas od niego dotarło – co oznacza, że obserwujemy go w bardzo odległym momencie jego przeszłości. Nie mamy fizycznej możliwości dowiedzieć się, co dzieje się z nim „teraz". Sygnały pochodzące od dalszych obiektów są również mocniej przesunięte ku czerwieni i zanieczyszczone. Im dalej, tym trudniej uzyskać wiarygodne dane. W naszych możliwościach poznawczych jesteśmy ograniczeni do bezpośredniego sąsiedztwa, które choć w porównaniu do nas jest ogromne, to w skali kosmologicznej jest zaledwie drobnym wycinkiem Wszechświata. Musimy więc pogodzić się z tym, że nigdy nie poznamy go w całości.

Jak w takiej sytuacji możemy porywać się na tworzenie modeli Wszechświata? Otóż ekstrapolujemy zebrane dane posiłkując się zaczerpniętą z filozofii zasadą kosmologiczną – czyli założeniem, że prawa fizyki są wszędzie takie same (w wersji słabszej), a Wszechświat jest jednorodny i izotropowy w dużych skalach przestrzennych (w wersji silniejszej). Jest to użyteczny postulat, który pozwala owocnie prowadzić badania, ale ostatecznie – jest to tylko postulat i jako taki może się ostatecznie okazać błędny.

Trzeci problem dotyczy badania wczesnych etapów rozwoju Wszechświata. Występujące wówczas energie były tak wielkie, że niemożliwe jest przetestowanie zachodzących wtedy procesów w ziemskich laboratoriach czy akceleratorach. Jest to ograniczenie poznawcze fizyki, z zasady nieprzekraczalne. Jedyne, co można w tej sytuacji zrobić, to ekstrapolować znaną nam fizykę na obszary nieznane, licząc się z możliwością popełniania błędów.

Czwarty problem to pytanie o początek. Dlaczego istnieje raczej coś niż nic? Skąd się wziął świat? Jak i kiedy powstał Wszechświat i dlaczego jest akurat taki, jaki jest? O ile kosmologii udało się ustalić, że nasz Wszechświat ma ok. 13,8 mld lat i zaczął się od wydarzenia zwanego Wielkim Wybuchem, to informacja ta wcale nie pomaga nam odpowiedzieć na te pytania. Co spowodowało Wielki Wybuch? Co miało miejsce przed nim? Okazuje się, że istnieje wiele możliwych scenariuszy. W standardowym modelu ewolucji Wszechświata mówi się, że wyłonił się on z osobliwości, w której załamuje się czas i prawa fizyki, i przed którą nic nie było, i że będzie się rozszerzał, aż umrze śmiercią cieplną. Przy innych parametrach fizycznych możliwe stają się inne scenariusze – np. Wszechświat może się rozszerzać tylko do pewnego momentu, po którym zacznie się zapadać. Po skurczeniu się w Wielkim Kolapsie do odpowiednio małych rozmiarów może ponownie odbić, powodując kolejny Wielki Wybuch. Taki łańcuch kolapsów i wybuchów może potencjalnie trwać w nieskończoność. Ale są też inne opcje skończone: Wszechświat mógł się też zacząć od stanu, w którym fizyczny czas miał inną naturę, albo od jakiegoś nieosobliwego statycznego stanu początkowego. Osobliwości mogło więc wcale nie być. Niemniej nie da się ukryć, że ta powiększająca się wciąż mnogość scenariuszy, mimo że oparta na poważnej fizyce i danych

astrofizycznych, ma charakter spekulacji. Są to pytania graniczne, na które fizyka nie udzieli ostatecznych odpowiedzi. A mimo to zawsze będziemy się nad nimi zastanawiać.

> *Co jeśli Wszechświat nie tyle stosuje się do praw fizyki, co je sam określa czy modyfikuje?*

Piąty problem dotyczy zasady kosmologicznej w słabszej wersji: założenia, że prawa fizyki są wszędzie takie same. Bez przyjęcia go kosmologia nie mogłaby nawet wystartować. Ale co jeśli Wszechświat nie tyle stosuje się do praw fizyki, co je sam określa czy modyfikuje? Wtedy okazałoby się, że próby zrozumienia go przy ich pomocy są skazane na porażkę. Można by sobie wyobrazić, że w określonym miejscu lub czasie np. stała grawitacji G ma inną wartość niż teraz. Fizycy, obserwując później takie zjawisko, postulowaliby raczej obecność dodatkowych sił, niż zmianę znanych nam praw fizyki, co, choć w skali ziemskiej jest poprawne, w skali kosmologicznej mogłoby wprowadzać w błąd.

Jako szósty problem Ellis wskazał silny i nieusuwalny wpływ filozofii na kosmologię. Na kształt teorii kosmologicznych nie wpływają jedynie teorie fizyczne i dane astronomiczne, ale też przyjęte przekonania filozoficzne. Kosmologia obejmuje zjawiska, których badanie wykracza poza nasze zdolności obserwacyjne i technologiczne, co sprawia, że jedynym wyjściem pozostaje ekstrapolacja tego, co znane, na nieznane. Ale jakie przyjąć reguły ekstrapolacji? Ten wybór jest wyborem filozoficznym. Wyborem filozoficznym jest też odpowiedź na pytanie, czego oczekujemy od naszej teorii? Jaka ma być – wewnętrznie spójna, prosta czy matematycznie elegancka? Czy powinna przede wszystkim wyjaśniać znane zjawiska czy głównie przewidywać nowe? Co jest ważniejsze – oparcie na znanych już teoriach naukowych czy swobodniejsza spekulacja, ale dająca większe możliwości dalszego rozwoju? Dowolne wybory w tych kwestiach mieszczą się w ramach metody naukowej, ale są kwestią filozoficznych preferencji. Problem ten oczywiście występuje w innych dziedzinach nauki, w kosmologii jest jednak o tyle bardziej poważny, że w przeciwieństwie do nich, możliwość eksperymentalnego testowania proponowanych teorii jest bardzo ograniczona, a czasem nawet nie istnieje.

Ważnym filozoficznym wyborem jest też określenie zasięgu obszaru badawczego kosmologii. Można go określić wąsko – np. jedynie jako proces rozszerzania się Wszechświata i tworzenia w nim struktur, od etapu nukleosyntezy do dziś. Jest to obszar możliwy do badania przy pomocy metod współczesnej astrofizyki, bez zaprzęgania zaawansowanych spekulacji. (Im dalej w przeszłość, tym występujące procesy są bardziej egzotyczne i mniej znane, stąd potrzeba spekulacji staje się coraz wyższa.) Takie podejście wyrzuca nam jednak poza zakres badań całą plejadę fascynujących pytań – czemu prawa fizyki są takie, jakie są? Dlaczego w ogóle istnieją jakieś prawa? Dlaczego Wszechświat miał takie, a nie inne warunki początkowe? Dlaczego we Wszechświecie możliwe jest inteligentne życie? Kosmologia pomijająca te pytania jest ściśle naukowa, lecz uboga; podejmując je zyskuje głębię kosztem naukowego rygoru.

Problem siódmy dotyczy tego, dlaczego Wszechświat jest taki, że umożliwia zaistnienie w nim życia. Wydaje się jasne, że świat nie musiał z konieczności być taki, jaki jest. Istnieje wiele parametrów regulujących jego powstanie i rozwój, które nie muszą mieć z konieczności takich wartości, jakie mają – mogłyby być one inne. Wszechświat wtedy też by powstał – tylko że inny. Np. gdyby masa neutronu była odrobinę niższa, na wczesnych etapach rozwoju Wszechświata nastąpiłby rozpad protonów i nie byłoby atomów; gdyby ładunki elektronu i protonu nie były równe, siły elektrostatyczne zakłócałyby słabsze oddziaływania elektromagnetyczne rządzące chemią; silne oddziaływania jądrowe muszą być odpowiednio silne, by stabilizować jądra atomowe, a siła grawitacji musi być odpowiednio słabsza od oddziaływań elektromagnetycznych, a równocześnie być zdolna tworzyć ogromne stabilne struktury w kosmosie; Wszechświat musi być odpowiednio duży i stary, by mogły powstać gwiazdy z krążącymi wokół nich planetami, na których mogłoby rozwinąć się życie; itd. itd. Jest mnóstwo parametrów, które wpłynęły na to, że we Wszechświecie mogło powstać życie. Okazuje się, że w przypadku wielu z nich nawet drobne odstępstwo od obecnej ich wartości sprawiłoby, że stałby się on za zimny, za gorący, za duży, za mały, zbyt chaotyczny czy zbyt pusty dla tego celu. Filozofowie mówią, że Wszechświat wydaje się być precyzyjnie dostrojony do powstania życia. Ale dlaczego tak jest?

Filozofowie mówią, że Wszechświat wydaje się być precyzyjnie dostrojony do powstania życia. Ale dlaczego tak jest? Czy multiwersum faktycznie jest dobrym wyjaśnieniem, skoro pytanie można po prostu przenieść poziom wyżej – dlaczego multiwersum jest, jakie jest?

Problem ósmy wiąże się z popularną w ostatnim czasie koncepcją multiwersum. Multiwersum składa się z wielu wszechświatów, z których każdy realizuje jakąś możliwą wersję świata. Można tę koncepcję wykorzystać do wyjaśnienia precyzyjnego dostrojenia – otóż jeśli w multiwersum występują wszechświaty, które mają różne wartości parametrów fizycznych, to jasne jest, że gdzieś wśród nich znajdzie się taki, w którym będą one sprzyjające powstaniu życia. I tak się akurat składa, że my w nim jesteśmy. To pozornie dobre wyjaśnienie boryka się jednak z wieloma problemami. Na sam początek wystarczy zapytać, co to jest w ogóle możliwa wersja świata? Na ile świat musiałby być podobny do naszego, żeby można go było uznać za wersję naszego świata? Np. czy musiałby zawierać wszystkie nasze prawa fizyki, czy dopuszczalne byłoby pominięcie lub modyfikacja niektórych z nich? Jaką wartość eksplanacyjną może mieć multiwersum, skoro z założenia jest ono nieobserwowalne? I czy faktycznie jest dobrym wyjaśnieniem dla problemu dostrojenia, skoro pytanie o to, czemu świat jest, jaki jest, można po prostu przenieść poziom wyżej – dlaczego multiwersum jest, jakie jest?

Problem dziewiąty dotyczy natury i liczby bytów postulowanych przez kosmologię. Z jednej strony chodzi o naturę materii – o ile dosyć dobrze rozumiemy typy materii i pól występujących w naszym Układzie Słonecznym, o tyle znaczna część Wszechświata, zwana ciemną materią i ciemną energią, pozostaje wciąż zagadkowa. Z drugiej strony pojawia się problem nieskończoności – czy liczba cząstek, gwiazd, galaktyk we Wszechświecie jest po prostu bardzo, bardzo duża, czy aktualnie nieskończona? A czy wszechświatów w multiwersum mogłoby być

faktycznie nieskończenie wiele? Trudno stwierdzić, czy aktualna nieskończoność jest w ogóle fizycznie możliwa, ale z pewnością niesie ze sobą bagaż problemów filozoficznych.

Tak samo jak i kosmologia – ten niezwykły współczesny mariaż teorii, obserwacji i czystej spekulacji.

Elżbieta Drozdowska

Foto: GRANGER / Granger History Collection / Forum

[1] George F. R. Ellis, *Issues in the Philosophy of Cosmology*, arXiv:astro-ph/0602280v2 [dostęp: 15.04.2023].

Dofinansowano ze środków Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego pochodzących z Funduszu Promocji Kultury

Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego