

Andrzej ŁUKASIK

O FILOZOFICZNYCH PROBLEMACH FIZYKI

Filozofia fizyki jest współcześnie dyscypliną naukową o dobrze określonym przedmiocie badań – są nim zagadnienia ontologiczne i epistemologiczne rozważane w bliskim związku z treścią fundamentalnych teorii fizyki. David Wallace w *Filozofii fizyki*¹ koncentruje swoje rozważania na wybranych zagadnieniach filozoficznych dotyczących współczesnej teorii czasoprzestrzeni, mechaniki statystycznej i fizyki kwantowej. Niewątpliwie nie jest to pełna panorama zagadnień filozoficznych związanych ze współczesnymi teoriami fizycznymi – w pracy niewiele znajdziemy o filozoficznych interesujących zagadnieniach dotyczące teorii chaosu deterministycznego (dynamiki nieliniowej) zostały całkowicie pominięte. Zapewne ograniczenia, sygnalizowane w angielskim podtytule pracy *A Very Short Introduction*² [„Bardzo krótkie wprowadzenie”], zmusiły autora do znacznej selekcji materiału. Wallace podkreśla, że dla pełnego zrozumienia filozoficznych zagadnień związanych z fizyką niezbędna jest znajomość matematyki, ale w książce konsekwentnie unika stosowania formuł matematycznych.

¹ David Wallace, *Filozofia fizyki*, tłum. i postowie Wojciech Sady, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2022, ss. 165.

² Zob. tenże, *Philosophy of Physics: A Very Short Introduction*, Oxford University Press, Oxford 2021.

Te bowiem, jak wiadomo, zwykle zniechęcają tak zwanych humanistów do lektury, a publikacja przeznaczona jest dla szerokiego kręgu czytelników. Wprawdzie książki z zakresu filozofii fizyki nie rozchodzą się jak ciepłe bułeczki, ale warto podkreślić, że polskie tłumaczenie pracy amerykańskiego autora dostępne jest już rok po wydaniu oryginału.

Rozdział pierwszy poświęcony został przeglądowi głównych stanowisk w filozofii nauki i określeniu relacji między filozofią fizyki a filozofią nauki. Wallace zwraca uwagę, że filozofowie nauki zwykle rozważają zagadnienia metody naukowej jako takiej, kwestii prawomocności poznania naukowego, odróżnienia nauki od nie-nauki i tym podobne niejako z zewnętrznej perspektywy i na dużym poziomie ogólności. W filozofii fizyki natomiast rozważa się kwestie bardziej szczegółowe, ściśle związane z treścią konkretnych teorii fizycznych, na przykład: „Co ogólna teoria względności mówi nam o przestrzeni i czasie; jak rozumieć drugą zasadę termodynamiki; czy teoria kwantowa jest u samych podstaw jakoś wadliwa?” (s. 17). W polskiej literaturze filozoficznej na określenie zagadnień filozoficznych uwikłanych w wewnętrzny kontekst teorii naukowych przyjęło się – za Michałem Hellerem – określenie „filozofia w nauce”³ lub

³ M. Heller, T. Pabian, *Elementy filozofii przyrody*, Biblos, Tarnów 2007, s. 14.

„filozofia w kontekście nauki”⁴. Sposób uprawiania filozofii fizyki przez Wallace’a można zaliczyć do tego właśnie paradygmatu.

Ponieważ zagadnienia stawiane przez ogólną filozofię nauki stanowią pewne tło dla tych, które rozważa się w filozofii fizyki, w książce znajdujemy omówienie problemów związanych z indukcjonizmem, falsyfikacjonizmem Poppera, z zaproponowaną przez Lakatosa metodologią naukowych programów badawczych czy z Kuhna teorią rewolucji naukowych. Anarchizm metodologiczny Paula K. Feyerabenda został całkowicie pominięty, podobnie jak sformułowana przez Ludwika Flecka teoria kolektywów myślowych.

Wallace, niezależnie od istotnych różnic między poszczególnymi metodologiami, stara się zrekonstruować pewne wątki wspólne istotne dla zrozumienia rozwoju fizyki (por. s. 21n.). Zagadnienie kryterium demarkacji, rozumianego za Popperem jako falsyfikowalność teorii, zostaje zilustrowane na przykładzie konkurencyjnych programów badawczych – zwolenników istnienia ciemnej materii i zwolenników MOND (zmodyfikowanej dynamiki newtonowskiej). Dyskusja nad niedookreśleniem teorii przez dane empiryczne i uteoretyzowaniem obserwacji w przekonujący sposób pokazuje, że twierdzeń obserwacyjnych w fizyce współczesnej w zasadzie nie sposób zrozumieć bez zrozumienia teorii. Na przykład laser jest pewnym bezpośrednio obserwowalnym urządzeniem, dla fizyka jednak to „wiązka spójnego światła generowana przez symulowaną emisję” (s. 27). Jasne jest, że pojęcia „spójne światło” czy „emisja symulowana” są zrozumiałe tylko na podstawie określonej teorii.

⁴ M. Heller, J. Życiński, *Epistemologiczne aspekty związków filozofii z nauką*, w: M. Heller, A. Michalik, J. Życiński, *Filozofować w kontekście nauki*, Polskie Wydawnictwo Teologiczne, Kraków 1987, s. 8.

Przegląd stanowisk w filozofii nauki kończy szkic na temat sporu realizmu naukowego z antyrealizmem, kontrowersji, która od kilku dziesięcioleci ma szczególne znaczenie w kontekście interpretacji mechaniki kwantowej – o czym jest mowa w ostatniej części książki. Wallace omawia standardowe argumenty za realizmem: argument Hilary’ego Putnama z „braku cudów”: „Byłoby cudem, gdyby teorie naukowe działały tak dobrze, a nie były prawdziwe” (s. 29), oraz argument dotyczący niemożliwości oddzielenia obserwacyjnych treści teorii od jej treści nieobserwacyjnych, w związku z czym nie ma możliwości zaakceptowania teorii jako empirycznie adekwatnej bez zaakceptowania jej w całości (por. tamże). Główny argument antyrealistów to oczywiście „pesymistyczna metaindukcja” (s. 30) – w fizyce niejednokrotnie okazywało się, że dobrze (w danym czasie) ugruntowane teorie naukowe zostały zastąpione nowymi, w znacznej mierze niewspółmiernymi z ich poprzedniczkami (na przykład Isaaca Newtona teoria grawitacji, którą zastąpiła ogólna teoria względności sformułowana przez Alberta Einsteina, czy teoria ciepła, w miejsce której przyjęto koncepcję ciepła jako procesu przekazywania energii). Jakże zatem mamy gwarancje, że nasze najlepsze teorie naukowe w przyszłości nie podzielą losu swych poprzedniczek? Wallace argumentuje na rzecz realizmu naukowego, a ściślej realizmu strukturalnego – w tym ujęciu teoria naukowa jest całkowicie określona przez strukturę matematyczną i można utrzymywać, że przy zmianie teorii struktura matematyczna teorii wcześniejszej jest przybliżeniem struktury matematycznej teorii późniejszej. Na przykład dla równań przepływu ciepła jest obojętne, czy ciepło to płyn, czy drgania cząstek, a „równania spisujące światło mają mniej więcej tę samą strukturę w teorii eteru jak we współczesnej teorii fal elektromagnetycznych” (s. 31).

Dalsza część rozważań na temat filozofii fizyki prowadzona jest właśnie z punktu widzenia realizmu strukturalnego.

Leonardo da Vinci powiedział kiedyś, że zrozumieć ruch to zrozumieć przyrodę. I rzeczywiście, fizyka jako nauka powstała jako próba zrozumienia ruchu, a ściślej – jako (udana) próba jego matematycznego opisu. Z pojęciem ruchu wiąza się oczywiście kategorie czasu i przestrzeni – tym zagadnieniom poświęcone są kolejne rozdziały książki, omawiające teorie od czasów Galileusza i Newtona po ogólną teorię względności Einsteina, która, jak w większości prac o charakterze wprowadzającym, jest jedynie wzmiankowana (por. s. 81n.).

W rozdziale drugim znajdujemy analizę podstaw dynamiki Newtona, w szczególności zaś koncepcji przestrzeni absolutnej i argumentów na rzecz jej istnienia. Zgodnie z zasadą względności Galileusza wszystkie prawa mechaniki mają taką samą postać w każdym inercjalnym układzie odniesienia, co oznacza, że nie istnieje żaden sposób rozstrzygnięcia, czy układ, w którym się znajdujemy, spoczywa, czy też porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Nie istnieje jeden wyróżniony układ odniesienia, ale klasa nieskończenie wielu układów inercjalnych całkowicie sobie równoważnych. Pomimo to Newton był przekonany o istnieniu przestrzeni absolutnej, w związku z czym odróżniał absolutne, matematyczne i prawdziwe pojęcia czasu i przestrzeni od ich pojęć względnych, pozornych i powszechnych⁵. W *Matematycznych zasadach filozofii przyrody* podał dwa przykłady ruchów obrotowych, których efekty świadczyć miały na rzecz istnienia ruchu absolutnego, czyli ruchu w przestrzeni absolutnej⁶. Wallace omawia przykład dwóch kul połączonych

sznurem. W ujęciu samego Newtona opis tego przykładu brzmi następująco: „Jeżeli dwie kule będące w pewnej odległości od siebie i połączone struną obracałyby się wokół wspólnego centrum grawitacji, dążność tych kul do oddalenia się od osi ruchu mogłaby być rozpoznana za pośrednictwem napięcia struny i dlatego wielkość ruchu obrotowego mogłaby być obliczona”⁷. Według Newtona działałoby się tak „nawet w niezmiennej próżni, gdzie nie istniałoby nic zewnętrznego, z czym kule mogły być porównane”⁸. Sprawa nie jest jednak taka prosta. Wallace nie dodaje, że eksperyment z wirującymi kulami był jedynie eksperymentem myślowym, a zachowanie się kul w „pustym Wszechświecie” z oczywistych powodów nie mogłoby zostać stwierdzone empirycznie.

Niestety pominięty został drugi podany przez Newtona przykład, który – jak pisze – „pokazał [mu – A.Ł.] eksperyment”⁹. Chodzi oczywiście o słynny eksperyment z wiadrzem z wodą zawieszonym na sznurze. W przypadku, gdy wiadro spoczywa, powierzchnia wody jest płaska, gdy wiadro wiruje, powierzchnia wody jest wklęsła i dzieje się tak zarówno wtedy, gdy woda wiruje względem wiadra, jak i wtedy, gdy takiego względnego ruchu nie ma. Deformacja powierzchni wody świadczy, zdaniem Newtona, o jej absolutnym wirowaniu, a więc o ruchu względem przestrzeni absolutnej. Każdy może taki eksperyment wykonać i jego rezultaty stwierdzić w bezpośrednim doświadczeniu zmysłowym. W Internecie można znaleźć wiele ciekawych realizacji tego eksperymentu (wystarczy w wyszukiwarce wpisać „Newton’s bucket”).

Zgodnie z Newtonowskimi regułami rozumowania w filozofii „własności ciał mogą być poznane jedynie poprzez eks-

⁵ Por. I. N e w t o n, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, tłum J. Wawrzycki, Copernicus Center Press, Kraków 2011, s. 190n.

⁶ Tamże, s. 194n.

⁷ Tamże, s. 195.

⁸ Tamże.

⁹ Tamże, s. 194.

perymenty”¹⁰. Eksperymentu z wirującymi kulami we Wszechświecie, „gdzie nie istniałoby nic zewnętrznego”¹¹, nie może przeprowadzić nikt, natomiast eksperyment z wirującym wiadrem może przeprowadzić każdy. Wnioski co do istnienia przestrzeni absolutnej nie są jednak nawet w tym przypadku jednoznaczne, na co zwrócili uwagę między innymi George Berkeley i Ernst Mach. Berkeley twierdził, że ruchu wody w wirującym naczyniu „nie można nazwać ruchem rzeczywiście obrotowym, skoro jest on w dziwny sposób złożony z ruchów nie tylko naczynia [...], lecz również z dziennego ruchu Ziemi dookoła osi, miesięcznego ruchu Ziemi i Księżyca naokoło wspólnego środka ciężkości i rocznego ruchu Ziemi naokoło Słońca; i z tego powodu każda cząstka [...] wody zakreśla linię stanowczo różniącą się od kołistej. Również nie istnieje dążność odosiowa, w którą można by wierzyć, ponieważ nie odnosi się [ona – A.Ł.] do jakiejś osi w przestrzeni absolutnej”¹². Według Macha natomiast, masa nie jest immanentną własnością ciał (absolutną miarą ilości materii, jak przyjmował Newton), ale rezultatem oddziaływania z resztą Wszechświata, w pustym Wszechświecie nie miałyby zatem sensu rozróżnienie wirowania i braku wirowania.

Newtonowska koncepcja czasu absolutnego i przestrzeni absolutnej nie jest oczywiście jedynym dyskutowanym zagadnieniem filozoficznym związanym z fizyką klasyczną. Kontrapropozycję sformułował Gottfried Wilhelm Leibniz w postaci poglądu relacjonistycznego, zgodnie z którym czas i przestrzeń nie są obiek-

tywnymi realnościami fizycznymi, niezależnymi od materii, lecz jedynie systemami relacji między ciałami materialnymi. Polemika między Leibnizem a Samuelem Clarkiem, w której Clarke broni poglądów Newtona, była jednym z największych sporów naukowych wszechczasów, a stanowisko relacjonistyczne ma obecnie wielu zwolenników. Niestety Wallace w ogóle nie wspomina o relacjonizmie ani o Leibnizu.

Współczesne poglądy na czas, przestrzeń i grawitację to oczywiście szczególnie i ogólna teoria względności Einsteina. Jej podstawom pojęciowym i zagadnieniom filozoficznym poświęcony jest kolejny rozdział książki. Omówiono w nim Einsteińską zasadę względności, względność równoczesności, dylatację czasu i skrócenie długości. Nie zabrakło oczywiście analizy paradoksu bliźniąt, który przedstawiono z zastosowaniem diagramów czasoprzestrzennych w czasoprzestrzeni Minkowskiego. Zabrakło jednak choćby krótkiej charakterystyki sporu między zwolennikami eternalizmu a zwolennikami prezentyzmu – sporu dotyczącego obiektywności upływu czasu oraz statusu ontologicznego przeszłości i przyszłości, a spór ten ma fundamentalne znaczenie dla filozofii czasu i przestrzeni. Warto byłoby również wspomnieć, że dzięki ogólnej teorii względności stała się możliwa budowa modeli kosmologicznych pozwalających odtworzyć ewolucję Wszechświata, począwszy od ułamków sekund po Wielkim Wybuchu. W omówieniach dyskusji dotyczących różnych aspektów czasoprzestrzeni (zarówno Galileuszowej, jak i Einsteińskiej) Wallace przedstawia zagadnienia z dwóch punktów widzenia, które określa mianem „geometria-najpierw” (s. 46) i „dynamika-najpierw” (s. 46). Są to dwa odmienne ujęcia zagadnienia, czy wyjaśniając ruch bezwładny (a także dylatację czasu), za pojęcie pierwotne uznamy geometrię czasoprzestrzeni, czy też dynamikę układu.

¹⁰ Tamże, s. 536.

¹¹ Tamże, s. 195.

¹² G. B e r k e l e y, *De motu sive de motus principio et natura et causa communicationis motum* (cyt. za: S. Sarnowski, *Berkeley. Zdrowy rozsądek i idealizm*, Klub Otrycki, Warszawa 1988, s. 105n.).

W obydwu podejściach matematyka opisu zjawisk jest taka sama, lecz interpretacja fizyczna odmienna. Wydaje się jednak, że podejście takie raczej utrudnia niż ułatwia lekturę, przynajmniej jeśli przyjmimy, że praca ma charakter wprowadzenia do filozofii fizyki.

Kolejny rozdział dotyczy pojęć nieodwracalności i prawdopodobieństwa, fundamentalnych dla fizyki statystycznej. Jest ona przykładem autonomicznej teorii wyższego rzędu (por. s. 87), a teorii takich w fizyce jest znacznie więcej. Pojawia się tu oczywiście problem redukcjonizmu i statusu praw wyższego rzędu. Na przykład w pokoju, w którym się znajduję, jest około 10^{27} cząsteczek powietrza i chociaż – teoretycznie rzecz biorąc – z punktu widzenia mechaniki Newtona całą przyszłość układu determinują pędy i położenia poszczególnych cząstek w danej chwili, to z powodów praktycznych nikt nie jest w stanie rozwiązać tak olbrzymiej liczby równań. W opisie takiego układu stosujemy zatem metody statystyczne oparte na pojęciu prawdopodobieństwa. Czy jednak ich stosowanie wynika jedynie z naszych ograniczeń poznawczych? Wallace argumentuje na rzecz obiektywności i pewnej autonomii praw wyższego rzędu, takich jak prawa mechaniki statystycznej, podkreślając jednocześnie głębokie problemy filozoficzne dotyczące interpretacji prawdopodobieństwa i niejasności z nią związane (por. s. 97). Zaskakujące jest, że w dyskusji na temat nieodwracalności autor nie wspomina o pojęciu entropii i jej statystycznej interpretacji podanej przez Boltzmanną.

Ostatnie dwa rozdziały zawierają omówienie podstaw pojęciowych i wybranych interpretacji mechaniki kwantowej. Przedstawione zostały zagadnienia interferencji, superpozycji stanów, problem pomiaru (oczywiście włącznie z paradoksem kota Schrödingera), twierdzenie Bella oraz pojęcie splątania kwantowego. Analiza zachowania się fotonów w interferometrze

Macha-Zehndera ukazuje, jak dalece mikroświat odbiega od naszych wyobrażeń ukształtowanych na podstawie doświadczeń w świecie makroskopowym, opisywanym przez fizykę klasyczną. Aparat matematyczny mechaniki kwantowej w doskonałej zgodności z wynikami eksperymentów opisuje wszystkie jej przewidywania, co nie zmienia faktu, że nie rozumiemy, w jaki sposób jedna niepodzielna cząstka może znajdować się w dwóch miejscach równocześnie, kot Schrödingera może być równocześnie żywy i martwy, a stany dwóch cząstek odległych przestrzennie mogą być ze sobą skorelowane pomimo braku fizycznego oddziaływania między nimi i dlatego mikroobiekty zachowują się inaczej, gdy „są obserwowane”, niż wówczas gdy „obserwowane nie są”. Nie ma również wśród fizyków (ani filozofów fizyki) zgody co do tego, czym jest „obserwacja” (czyli pomiar) w mechanice kwantowej, czy funkcja falowa reprezentuje jakąś realność fizyczną, a redukcja funkcji falowej podczas pomiaru to rzeczywisty proces fizyczny i czy w ogóle mechanika kwantowa mówi nam coś o rzeczywistości obiektywnej, czy też jedynie o wynikach pomiarów.

Próby odpowiedzi na te pytania prowadzą do różnych interpretacji mechaniki kwantowej. Wysoce kontrintuicyjny charakter tej teorii i próba jej zrozumienia „najwyraźniej wymaga zmiany naszego podejścia filozoficznego, zmiany w samej fizyce lub zmian w obydwu tych dyscyplinach” (s. 118). Wallace dzieli interpretacje mechaniki kwantowej na dwie grupy w zależności od rozumienia stanu kwantowego: może on być ujmowany albo jako probabilistyczny opis nieznanego, ale określonego stanu; albo jako fizyczny opis nieokreślonego stanu (por. s. 119-121). W pierwszym przypadku mikroobiektem przypisuje się obiektywne wartości wielkości fizycznych, a pomiary traktuje się jako „bierne raporty o tym, czym są te własności” (s. 121), co jednak prowadzi do poważnych trudności

w wyjaśnieniu efektów interferencyjnych, a ponadto do konieczności przyjęcia nielokalności w związku z naruszeniem nierówności Bella dla cząstek splątanych. Drugie podejście oznacza odrzucenie koncepcji posiadania przez mikroobiekty własności niezależnych od pomiarów i traktowanie funkcji falowej wyłącznie jako narzędzia matematycznego (s. 122). Takie instrumentalistyczne stanowisko przypisuje Wallace kopenhaskiej interpretacji mechaniki kwantowej podanej przez Nielsa Bohra i Wernera Heisenberga. Podstawowy problem tej interpretacji polega na trudnościach precyzyjnego rozdzielenia „obserwacyjnej” i „teoretycznej” części teorii oraz na tym, że przyrządy pomiarowe nie są czarnymi skrzynkami, ale działają według praw mechaniki kwantowej, nie mówiąc już o zastosowaniu mechaniki kwantowej do Wszechświata jako całości, a w takim przypadku trudno mówić o obserwatorze zewnętrznym. Określenie interpretacji kopenhaskiej jako instrumentalistycznej nie jest jednak jedyną możliwą interpretacją. Między Bohrem a Heisenbergiem istniały głębokie różnice filozoficzne, a stanowisko pierwszego z nich łączono z różnymi orientacjami filozoficznymi, takimi jak empiryzm, kantyzm, pragmatyzm, darwinizm i eksperymentalizm¹³. Można nawet spotkać się z twierdzeniami, że istnienie jednolitej kopenhaskiej interpretacji mechaniki kwantowej jest po prostu mitem¹⁴. Ale to oczywiście temat na osobną książkę.

Po krótkiej charakterystyce dynamicznych teorii kolapsu i teorii zmiennych ukrytych Wallace przedstawia najważ-

niejsze idee interpretacji wielu światów Everetta, którą sam aktywnie rozwija. W interpretacji wielu światów odrzuca się wszelkie próby modyfikacji formalizmu matematycznego teorii oraz postulat redukcji funkcji falowej podczas pomiaru – podczas ewolucji układu kwantowego opisanego równaniem Schrödingera realizują się wszystkie możliwości, ale każda realizuje się w innym świecie. „Docho- dzimy do wniosku, że jeśli pojmujemy mechanikę kwantową dosłownie i realistycznie, to świat, w którym żyjemy, jest światem o nieskończenie większej różnorodności – emergentnym wieloświatem – a wszystkie te światy istnieją równolegle do siebie, nieustannie odgałęziając się jeden od drugiego. Stąd bardziej znana nazwa interpretacji mechaniki kwantowej Everetta: *interpretacja wieloświatowa*” (s. 132). Zwykle zarzuca się interpretacji zaproponowanej przez Hugh Everetta to, że zmusza nas ona do przyjęcia „gigantycznego bagażu metafizycznego”¹⁵ w postaci nieskończenia wielu ciągle rozszczepiających się wszechświatów i nieskończenie wielu kopii każdego z nas, co jest oczywistym naruszeniem zasady zwanej brzytwą Ockhama. Zwolennicy interpretacji wieloświatowej argumentują jednak, że jest ona najprostsza, ponieważ przyjmuje najmniej założeń, to znaczy nie przyjmuje dodatkowego postulatu redukcji von Neumanna i opisuje dynamikę układów wyłącznie za pomocą równania Schrödingera. Okazuje się, że niekiedy odpowiedź na pytanie, które rozwiązanie jest prostsze, nie jest wcale prosta.

Podsumowując, książka Davida Wallace’a prezentuje filozoficzne zagadnienia fizyki w oryginalny sposób i chociaż ogranicza się jedynie do wybranych

¹³ Zob. J. F a y e, hasło „Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics”, w: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, red. E.N. Zalta, <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/qm-copenhagen/>.

¹⁴ Zob. K. C a m i l l e r i, *Constructing the Myth of the Copenhagen Interpretation*, „Perspectives of Science” 17(2009) nr 1, s. 26-57.

¹⁵ P.C.W. D a v i e s, J.R. B r o w n, *Duch w atomie. Dyskusja o paradoksach teorii kwantowych*, tłum. P. Amsterdamski, Wydawnictwo CIS, Warszawa 1996, s. 52.

kwestii, to zawarte w niej rozważania ukazują głębokie filozoficzne problemy związane z fundamentalnymi teoriami fizyki współczesnej i wskazują, że analiza tych problemów pozwala na współpracę między fizykami a filozofami. Recenzowaną pozycję można śmiało polecić jako lekturę obowiązkową wszystkim zainteresowanym filozoficznymi proble-

mami fizyki, zarówno wykładowcom, jak i studentom.

Kontakt: Katedra Ontologii i Epistemologii, Instytut Filozofii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 4, 20-031 Lublin
E-mail: andrzej.lukasik@mail.umcs.pl
ORCID: 0000-0001-0039-9135