



Angelika MAŁYSKA*

FIZYKA SPOTYKA FILOZOFIĘ

*Wprowadzenie do fizyki dla filozofów*¹
Tomasza Bigaja to książka, która stanowi próbę ukazania złożoności współczesnej fizyki bez pomijania jej matematycznych podstaw, a jednocześnie otwiera przestrzeń dla głębokich rozważań filozoficznych. Zaangażowanie, z jakim Bigaj przedstawia zagadnienia z zakresu filozofii nauki, poczynawszy od starożytnej astronomii po fizykę współczesną, czynią tę pozycję lekturą obowiązkową dla wszystkich poszukujących głębszego zrozumienia natury rzeczywistości.

Bigaj jest profesorem filozofii, pracuje na Wydziale Filozofii Uniwersytetu Warszawskiego i z powodzeniem łączy pasje do fizyki i filozofii. Ukończył zarówno studia fizyczne, jak i filozoficzne, co pozwoliło mu na wypracowanie adekwatnego podejścia do analizy zagadnień z pogranicza obu tych dziedzin. Jego umiejętności precyzyjnego myślenia matematycznego oraz głębokiej refleksji filozoficznej sprawiają, że potrafi wyjaśniać skomplikowane zagadnienia w sposób jasny, a jednocześnie pobudzający do intelektualnych poszukiwań. Omawiana książka wskazuje, że zrozumienie zjawisk fizycznych powinno

iść w parze z refleksją nad ich głębszym, filozoficznym kontekstem. Pozycja ta nie tylko prezentuje analizę trudnych pojęć, ale również stanowi zaproszenie do intelektualnej podróży przez świat fizyki i filozofii.

Wprowadzenie do fizyki dla filozofów to propozycja skierowana do studentów zarówno filozofii, jak i nauk przyrodniczych, którzy pragną wzbogacić swoje rozumienie podstawowych pojęć i teorii fizycznych o refleksje filozoficzne. Autor podkreśla, że choć dla humanistów (i niektórych filozofów) matematyka i język specjalistyczny mogą wydawać się barierą, to właśnie one umożliwiają precyzyjne wyrażenie złożonych zjawisk przyrodniczych.

We „Wstępie” do książki (zob. s. 1-3) znajdujemy wyjaśnienie motywacji do jej napisania: z jednej strony została ona pomyślana jako materiał dydaktyczny do wykorzystania podczas wykładów uniwersyteckich, z drugiej zaś jako źródło inspiracji do samodzielnej refleksji nad fundamentalnymi zagadnieniami naukowymi i filozoficznymi.

Już od pierwszych stron pracy czytelnik wkracza w dziedzinę historycznego rozwoju myśli fizycznej. W rozdziale pierwszym „Od astronomii starożytnej do Galileusza” (s. 4-32) autor przybliża funkcjonowanie modelu ptolemejskiego, a także wnikliwie analizuje poglądy geocentryczne, które dominowały od starożytności aż do sfor-

* Angelika Małyska – Wydział Filozofii i Socjologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, e-mail: malyskangelika@yahoo.com.

¹ Tomasz B i g a j, *Wprowadzenie do fizyki dla filozofów*, Teksty Filozoficzne, Warszawa 2024, ss. 295.

mułowania teorii heliocentrycznej przez Kopernika oraz konsekwencje filozoficzne tych poglądów. Bigaj zwraca uwagę na to, w jaki sposób systemy te, oparte na precyzyjnie przeprowadzanych obserwacjach nieba, kształtowały starożytne i średnio-wieczne rozumienie kosmosu. Następnie, omawiając stworzony przez Mikołaja Kopernika model heliocentryczny, pokazuje, że rewolucja kopernikańska nie tylko zmieniła pojmowanie wszechświata, ale również zainicjowała głębokie dyskusje filozoficzne dotyczące miejsca w nim człowieka oraz w pewnym stopniu odsłoniła naturę praw astronomicznych. Bigaj nie unika trudniejszych, ale kluczowych kwestii związanych z filozofią nauki, takich jak spór między instrumentalistyczną a realistyczną interpretacją teorii, zagadnienie ich porównywania lub pojęcie rewolucji naukowych. Wskazuje, że w trakcie rewolucji kopernikańskiej, i później, wraz z rozwojem nowych teorii naukowych, pojawiało się pytanie, na ile modele naukowe są jedynie narzędziami służącymi przewidywaniu zjawisk, a na ile odzwierciedlają rzeczywisty, niezależny od nas świat. Omawiając przewrót kopernikański, Bigaj koncentruje się nie tylko na jego charakterze teoretycznym, ale również na jego implikacjach filozoficznych. Analiza filozoficznych podstaw teorii naukowych oraz ewolucji poszczególnych koncepcji stanowi istotny element całej książki, otwierając przed czytelnikiem przestrzeń do refleksji nad tematem istoty praw naukowych. W dalszej części rozdziału pierwszego autor podejmuje też namysł nas prawami Keplera oraz zasadą względności Galileusza, które zapoczątkowały nowoczesne podejście do dynamiki.

W rozdziale drugim, „Mechanika klasyczna” (zob. s. 33-81), Bigaj analizuje teorię dynamiki wypracowaną przez Izaaka Newtona – omawia matematyczne podstawy wyznaczania trajektorii ruchu, a także zagłębia się w problematykę determinizmu. Pokazuje, że przy wykorzystaniu zasad

dynamiki odkrytych przez Newtona można precyzyjnie opisać ewolucję układów fizycznych w czasie, w szczególności poprzez analizę sił działających na ciała i ich wpływu na zmianę ruchu. Autor wprowadza czytelnika w pojęcie układów odniesienia, ze szczególnym uwzględnieniem układów inercjalnych, w których prawa dynamiki zachowują swoją postać. Omawia również tak zwane transformacje Galileusza, które pozwalają przechodzić między opisami ruchu w różnych inercjalnych układach odniesienia i ukazują klasyczne rozumienie względności ruchu – zgodnie z tym rozumieniem prędkości sumują się liniowo, a czas i przestrzeń pozostają absolutne. W tym kontekście Bigaj przedstawia także klasyczne, newtonowskie ujęcie przestrzeni i czasu jako niezależnych i absolutnych bytów: czas „płynie” równomiernie i niezależnie od tego, co dzieje się w przestrzeni, przestrzeń stanowi natomiast tło, na którym zachodzą wszelkie procesy fizyczne. Autor nie pomija również zagadnienia grawitacji – omawia je, analizując prawo powszechnego ciążenia, które odkrył Newton i które po raz pierwszy w historii nauki pozwoliło zunifikować opisy ruchu ciał na Ziemi i ruchu ciał niebieskich w jedno, spójne prawo. Bigaj ukazuje tym samym potęgę teorii Newtona jako pierwszej uniwersalnej teorii fizycznej, która z ogromną skutecznością wyjaśniała zjawiska obserwowane zarówno na niebie, jak i na Ziemi. W odniesieniu do problemu determinizmu warto podkreślić, że prezentowane w książce rozróżnienie jego dwóch wersji pozwala czytelnikowi uzmysłowić sobie, że różne podejścia teoretyczne wpływają na nasze rozumienie relacji przyczynowo-skutkowych w przyrodzie. Z jednej strony mamy do czynienia z determinizmem epistemologicznym, który zakłada, że znajomość stanu początkowego danego układu fizycznego oraz wszystkich praw rządzących tym układem umożliwia obliczenie jego wszystkich przyszłych stanów. Jest to więc kwestia naszej wiedzy i moż-

liwości obliczeniowych – jeśli dysponujemy wszystkimi istotnymi danymi, to jesteśmy w stanie przewidzieć przyszłość z dowolną dokładnością. Z drugiej strony istnieje determinizm ontologiczny, wedle którego dla każdego kompletnego stanu układu fizycznego w chwili początkowej istnieje dokładnie jeden ciąg przyszłych stanów, zgodny z tym stanem początkowym i z prawami przyrody. Oznacza to, że niezależnie od naszej wiedzy czy zdolności obliczeniowych przyszłość układu jest jednoznacznie określona przez jego stan teraźniejszy.

Kolejny rozdział, „Nauka o ciepłe” (zob. s. 82-113), stanowi jeden z najbardziej filozoficznie inspirujących fragmentów książki. Bigaj nie tylko precyzyjnie definiuje w nim pojęcia podstawowe, takie jak „ciepło”, „temperatura” czy „energia mechaniczna”, ale także podejmuje refleksję nad ontologicznym statusem ciepła oraz jego relacjami z innymi właściwościami materii. Analizuje, czym jest ciepło – czy stanowi ono zjawisko dające się zredukować do procesów mikroskopowych, czy też należy mu przypisać odrębny status ontologiczny. Autor dotyka fundamentalnych zagadnień z zakresu metodologii nauk, w tym problemu redukcji pewnych teorii i zjawisk do innych teorii i zjawisk, na przykład stawia pytanie, czy termodynamika daje się całkowicie sprowadzić do mechaniki statystycznej. Szczególne miejsce zajmuje w rozdziale drugim omówienie dwóch zasad termodynamiki. Pierwsza z nich, zasada zachowania energii, ukazuje równoważność między energią mechaniczną a ciepłą: ciepło może zostać przekształcone w pracę (i odwrotnie), ale nigdy nie odbywa się to bez strat. Druga zasada, dotycząca wzrostu entropii, ma znacznie głębsze implikacje, a dotyczy kierunku przebiegu procesów fizycznych w czasie. Bigaj analizuje tę zasadę jako fizykalną regułę statystyczną, ale również jako źródło asymetrii czasu – tak zwanej strzałki cza-

su. Podkreśla, że chociaż fundamentalne równania fizyki klasycznej są odwracalne w czasie (każdy dopuszczalny przez nie proces może teoretycznie zachodzić również „w drugą stronę”), to procesy cieplne (jak przepływ ciepła od ciała cieplejszego do zimniejszego) mają charakter wyraźnie kierunkowy i nieodwracalny. W tym sensie termodynamika staje się punktem styku fizyki i filozofii czasu.

Następnie w rozdziale „Elektryczność i magnetyzm” (zob. s. 114-153) Bigaj przechodzi do problematyki elektryczności i magnetyzmu, oferując czytelnikom klarowną prezentację podstawowych pojęć fizycznych z tego zakresu oraz ich pogłębioną interpretację filozoficzną. Koncentruje się na analizie pól elektrostatycznych i omawia pojęcie potencjału oraz standardową koncepcję linii sił pola, która służy do wizualizacji oddziaływań elektrostatycznych. W tym kontekście autor podejmuje refleksję nad ontologicznym statusem pól fizycznych: Czym właściwie jest pole? Czy pola są realnymi bytami fizycznymi? Zapoznając się z przedstawionymi przez autora prawami Ampère’a-Maxwella, czytelnik zyskuje solidne podstawy teoretyczne do zrozumienia elektromagnetyzmu jako jednej, spójnej dziedziny fizyki. Szczególną rolę odgrywa pojęcie pola jako nośnika oddziaływań fizycznych, które otwiera filozoficzne rozważania na temat sposobu istnienia takiego bytu. Wnikliwa analiza tychże praw umożliwia zrozumienie jednego z najważniejszych momentów w historii nauki: unifikacji elektryczności i magnetyzmu. Autor podkreśla, że teoria Maxwella, integrująca zjawiska elektryczne i magnetyczne w jeden spójny obraz rzeczywistości za pośrednictwem pola elektromagnetycznego, ukazuje niezwykłą moc unifikacji: przekształca pozornie odrębne aspekty w harmonijną całość, wykorzystując przy tym „piękną matematykę, której walory zarówno poznawcze, jak i estetyczne są godne uwagi filozofa” (s. 114n.). Co więcej, z równań tych wy-

nika istnienie fal elektromagnetycznych – rozchodzących się w przestrzeni zaburzeń pola elektrycznego i magnetycznego, które nie potrzebują ośrodka materialnego (takiego jak eter) i mogą przenosić energię przez próżnię.

W rozdziale „Szczególna teoria względności” (zob. s. 153-196) autor ukazuje, jak radykalnie zmienia się nasze rozumienie czasu i przestrzeni, gdy porzucimy intuicje klasyczne na rzecz struktury czasoprzestrzennej wyłaniającej się z teorii Einsteina. Efekty takie, jak dylatacja czasu i kontrakcja długości, zyskują w tej teorii głębokie znaczenie geometryczne – stają się przejawem fundamentalnych właściwości samej czasoprzestrzeni. Transformacja Lorentza, będąca matematycznym sercem szczególnej teorii względności, nie opisuje już pozornych efektów, lecz rzeczywiste relacje między różnymi układami inercjalnymi. Jej fizyczna treść prowadzi do jednego z najbardziej zaskakujących wniosków szczególnej teorii względności: równoczesność jest względna. Dwa zdarzenia, które dla jednego obserwatora zachodzą równocześnie, nie są takie dla obserwatora, który się względem niego porusza. Oznacza to, że nie istnieje wspólna dla całego wszechświata, absolutna „teraźniejszość”, która w klasycznym obrazie świata wydawała się oczywista. Ma to istotne konsekwencje filozoficzne. Szczególna teoria względności zdaje się wspierać eternalizm, czyli pogląd, że przeszłość, teraźniejszość i przyszłość są jednakowo realne – że cały wszechświat jest czterowymiarową „bryłą”, w której czas nie płynie, lecz po prostu „jest”. Z tej perspektywy upływ czasu to nie cecha świata, lecz sposób, w jaki istoty świadome doświadczają swojej trajektorii w czasoprzestrzeni. Alternatywny pogląd, prezentyzm, głoszący, że tylko teraźniejszość istnieje naprawdę, a przeszłość i przyszłość są czymś minionym lub potencjalnym, staje się w tym świetle trudny do utrzymania. Bigaj nie tylko omawia konsekwencje fizyczne tej re-

wolucji, ale również wprowadza czytelnika w filozoficzny wymiar odkrycia Einsteina, który notabene twierdził, że „rozdzielenie przeszłości, teraźniejszości i przyszłości ma charakter iluzji, jakkolwiek może ona być uporczywa”². Tym samym autor pokazuje, że szczególna teoria względności to nie tylko zmiana opisu ruchu, ale głęboka zmiana naszego rozumienia czasu i przestrzeni. Co więcej, teoria ta wprowadza również nowe narzędzia do ich opisu – w szczególności pojęcie czterowektora. W jej świetle czas i przestrzeń nie są odrębnymi bytami, lecz ściśle zintegrowanymi składnikami jednej struktury: czasoprzestrzeni. Czterowektor to obiekt matematyczny, który łączy w sobie współrzędne przestrzenne i czasową w jedną całość, co pozwala zachować zgodność opisu z zasadą niezmienniczości względem transformacji Lorentza. Szczególnie ważnym przykładem czterowektora jest czteropędkość – wektor styczny do trajektorii cząstki w czasoprzestrzeni, który wyraża jej ruch nie tylko w przestrzeni, ale również w czasie. Autor wprowadza te narzędzia z dużą przejrzystością, pokazując, że nie są to tylko formalizmy, lecz wyraz fundamentalnej zmiany paradygmatu: fizyka przestaje operować na absolutnych pojęciach przestrzeni i czasu, a zaczyna „mówić” językiem czterowymiarowej geometrii Minkowskiego, której elementami są zdarzenia, a ruch – krzywą w czasoprzestrzeni.

W rozdziale szóstym „Ogólna teoria względności” (zob. s. 197-237) autor oma-

² W liście kondolencyjnym do rodziny swojego przyjaciela Michelego Besso Albert Einstein napisał: „Dla nas, fizyków wierzących, rozdzielenie przeszłości, teraźniejszości i przyszłości ma charakter iluzji, jakkolwiek może ona być uporczywa” (cyt. za: *Albert Einstein, the Human Side: New Glimpses from His Archives*, red. H. Dukas, B. Hoffmann, Princeton University Press, Princeton 1979, s. 199, tłum. fragm. – A.M.).

wia pojęcie krzywizny czasoprzestrzeni oraz fundamentalne równania Einsteina, które stanowią jądro ogólnej teorii względności. Kluczowym przesłaniem tej teorii jest głęboka zależność między materią a geometrią: rozkład materii wpływa na zakrzywienie czasoprzestrzeni, a zakrzywiona czasoprzestrzeń wyznacza tor ruchu materii – zależność tę trafnie zresztą ujął John Wheeler. Równania ogólnej teorii względności, analizowane przez Bigaję, zawierają po jednej stronie opis geometrii czasoprzestrzeni (tensor Ricciego i tensor Einsteina), a po drugiej – rozkład energii i pędu (tensor energii-pędu). Autor wprowadza czytelnika krok po kroku w strukturę równań Einsteina, omawiając ich fizyczne znaczenie i sposób, w jaki opisują dynamiczną interakcję pomiędzy materią a strukturą kontinuum czasoprzestrzennego. W tym ujęciu czasoprzestrzeń przestaje być biernym tłem wydarzeń – staje się dynamiczna i aktywnie uczestniczy w procesach fizycznych. Jednym z pierwszych sukcesów teorii Einsteina było wyjaśnienie znanego od dawna problemu precesji peryhelium Merkurego – niewielkiego odchylenia orbity tej planety, którego nie dało się w pełni wytłumaczyć w ramach mechaniki newtonowskiej. Teoria Einsteina przewiduje również ugięcie promieni świetlnych w pobliżu masywnych ciał, co zostało zaobserwowane już w roku 1919 podczas zaćmienia Słońca, stanowiąc jedno z jej pierwszych empirycznych potwierdzeń.

Ostatni rozdział, zatytułowany „Mechanika kwantowa” (zob. s. 238-280), otwiera przed czytelnikiem zupełnie nowy, nieintuicyjny świat, który w radykalny sposób podważa nasze codzienne wyobrażenia o rzeczywistości. Zasady rządzące światem cząstek elementarnych nie tylko nie mieszczą się w ramach klasycznego zdrowego rozsądku, ale często stoją z nim w jawnej sprzeczności. Tam, gdzie spodziewalibyśmy się jednoznaczności i determinizmu, mechanika kwantowa wprowadza niepew-

ność, wieloznaczność i radykalną zależność między poznającym a poznawanym. Już sama zasada nieoznaczoności Heisenberga stawia pod znakiem zapytania nasze podstawowe przekonania: okazuje się, że nie sposób jednocześnie i precyzyjnie określić położenia i pędu cząstki. Nie jest to problem techniczny, lecz fundamentalna właściwość natury – rzeczywistość w skali kwantowej nie dopuszcza jednoczesnej pełnej wiedzy o wszystkich parametrach układu. To, co w świecie makroskopowym wydaje się oczywiste – że obiekty mają jednoznaczne położenia i poruszają się po dobrze określonych torach – w świecie kwantowym traci sens. Jeszcze bardziej zaskakująca jest idea superpozycji, zgodnie z którą cząstka może znajdować się w wielu stanach jednocześnie, dopóki nie zostanie dokonany pomiar. Znany przykład kota Schrödingera, zawieszonego pomiędzy życiem a śmiercią, jest tylko metaforą tego paradoksu: dopiero akt obserwacji „wybiera” jeden z możliwych stanów, niejako tworząc rzeczywistość w momencie pomiaru. Co więcej, mechanika kwantowa przyznaje zaskakującą istotną rolę obserwatorowi. W wielu interpretacjach to właśnie pomiar, akt poznawczy, ma moc „zdecydowania” o stanie układu. Pojawia się więc fundamentalne z filozoficznego punktu widzenia pytanie: czy rzeczywistość istnieje niezależnie od obserwatora, czy też jest w jakiś sposób współtworzona przez akt obserwacji? Mechanika kwantowa nie tylko zmienia naszą wiedzę o świecie, ale zmusza nas do rewizji kategorii pojęciowych, w których ujmujemy rzeczywistość. Autor wyjaśnia również, na czym polega probabilistyczny charakter zjawisk na poziomie subatomowym, ukazując, że w przeciwieństwie do klasycznej fizyki mechanika kwantowa nie oferuje pewnych przewidywań dotyczących zachowania pojedynczych cząstek, lecz jedynie prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Rzeczywistość kwantowa wyda-

je się więc rozmyta, oparta na rozkładach prawdopodobieństwa, a to, co możliwe, ma znaczenie równie istotne jak to, co „rzeczywiste”. Stan układu opisywany jest za pomocą funkcji falowej, która zgodnie z najpowszechniej przyjętą, kopenhaską interpretacją mechaniki kwantowej nie reprezentuje żadnej realności fizycznej, ale pozwala jedynie na obliczenie prawdopodobieństwa rezultatów pomiarów. Ta probabilistyczna natura świata mikroskopowego rodzi pytanie o istotę samej rzeczywistości: czy jest ona zdeterminowana, czy też fundamentalnie przypadkowa? Szczególnie interesujący okazuje się fenomen nielokalności, znany z tak zwanego paradoksu EPR (ang. Einstein-Podolsky-Rosen paradox), który stawia pod znakiem zapytania klasyczne intuicje dotyczące oddziaływań przestrzennych. Eksperymenty nad splątaniem kwantowym – w tym decydujące testy nierówności Bella i ich spektakularne potwierdzenie w ostatnich dekadach, nagrodzone Nagrodą Nobla w roku 2022, którą otrzymali Alain Aspect, John Clauser i Anton Zeilinger – jednoznacznie wykazały, że pomiar jednego z dwóch splątanych obiektów natychmiast określa stan drugiego, niezależnie od odległości między nimi. Według Einsteina idealna teoria fizyczna nie powinna „implikować istnienia nielokalnych oddziaływań” (s. 253), dlatego też był on „przekonany, że w toku rozwoju nauki może ona być zastąpiona przez nową teorię” (tamże).

Jedną z najbardziej fascynujących cech mechaniki kwantowej jest to, że choć jej formalizm matematyczny pozwala na skuteczne przewidywanie wyników eksperymentów, to pozostaje otwarty na różne interpretacje filozoficzne. W tym kontekście Bigaj analizuje wybrane interpretacje mechaniki kwantowej, które próbują odpowiedzieć na pytanie, czym właściwie jest rzeczywistość w obliczu tych – jak się wydaje – paradoksów. Tak zwana interpretacja kopenhaska, nazywana również or-

todoksyjną, a rozwijana między innymi przez Nielsa Bohra i Wernera Heisenberga, podkreśla, że problemy interpretacyjne pojawiają się wtedy, gdy próbujemy opisywać zjawiska mikroskopowe za pomocą pojęć, które wywodzą się z codziennego doświadczenia i z obserwacji obiektów makroskopowych. Z tego punktu widzenia fizyka kwantowa nie mówi, jaka rzeczywistość „jest”, lecz jedynie co możemy powiedzieć o wynikach doświadczeń. Obserwator i proces pomiaru odgrywają w niej rolę kluczową, a obiekty kwantowe nie mają jednoznacznych własności niezależnie od kontekstu obserwacyjnego. Z kolei interpretacja Hugh Everetta sugeruje, że wszystkie możliwe wyniki pomiaru realizują się w światach równoległych – nie ma więc jednego „rzeczywistego” wyniku, lecz mamy do czynienia z wielością rzeczywistości współistniejących. Interpretacja Davida Bohma z kolei przywraca klasyczny determinizm, zakładając istnienie ukrytych zmiennych i realnych trajektorii cząstek, kierowanych przez falę pilotującą. Jeszcze inne wyjaśnienie proponują twórcy modelu GRW (Ghirardiego-Riminiego-Webera), który wprowadza obiektywny, spontaniczny kolaps funkcji falowej – fizyczny proces, który nadaje światu jednoznaczność bez udziału obserwatora. Każda z tych interpretacji opiera się na tym samym formalizmie, ale implikuje odmienną ontologię – od mnogości światów, przez deterministyczne ukryte mechanizmy, aż po fizyczny przypadek. W ten sposób mechanika kwantowa ukazuje się nie tylko jako teoria fizyczna, lecz także jako filozoficzne wyzwanie, zmuszające do przemyślenia na nowo pojęcia rzeczywistości i wiedzy o niej.

Co warto podkreślić, w każdym rozdziale omawianej książki znajdujemy pytania kontrolne oraz zestaw sugerowanej literatury – elementy te umożliwiają samodzielne pogłębienie wiedzy i pobudzają do filozoficznego namysłu. Autor

wkomponowuje w główny nurt tekstu komentarze i uwagi dotyczące zagadnień filozoficznych powiązanych z właśnie omawianymi, dzięki czemu książka staje się swoistą mapą myślową.

W rozdziale zatytułowanym „Zamiast zakończenia” (s. 281-283) Bigaj świadomie rezygnuje z próby sformułowania ostatecznych konkluzji i syntez, podkreślając, że praca stanowi dopiero początek głębokich rozważań. Píše, że nie obejmuje ona wielu ważnych obszarów fizyki, które mają fundamentalne znaczenie dla dyskusji filozoficznych. Zwraca uwagę na kilka „wielkich nieobecnych” (s. 281) tematów, które również zasługują na refleksję i pogłębione studia. Jako pierwszy z nich wymienia kosmologię, podkreślając, że nauka o wszechświecie jako całości od zawsze pozostawała na styku nauki i filozofii. Pierwotne koncepcje miały charakter spekulatywny, lecz rozwój technik astronomicznych, szczególnie pod koniec dziewiętnastego stulecia, umożliwił dokładniejsze rozpoznanie struktury wszechświata. Jako kolejny temat Bigaj wskazuje kwantową teorię pola – zauważa, że powstanie tej teorii jako efektu prób „urelatywistycznienia” (s. 282) mechaniki kwantowej wiąże się z fundamentalnymi problemami pojęciowymi. Są to zagadnienia szczególnie bliskie autorowi, który w swojej książce *Identity and Indiscernibility in Quantum Mechanics*³ dokonuje wnikliwej analizy konsekwencji metafizycznych kwantowej teorii układów wielu cząstek, skupiając się na pojęciach tożsamości, indywidualności i rozróżnialności obiektów fizycznych, a także ukazując ich ścisły związek ze zjawiskiem splątania kwantowego oraz problemem zachowania tożsamości cząstek w czasie. Bigaj wspomina również o modelu standardowym, który cząstki

elementarne klasyfikuje do odpowiednich grup, stanowiąc istotny, choć niekompletny element współczesnego rozumienia mikroświata. Autor wskazuje na najpoważniejsze wyzwanie, z jakim mierzy się dzisiejsza fizyka – jest nim pogodzenie dwóch fundamentalnych teorii: ogólnej teorii względności i mechaniki kwantowej. Rezultatem tej próby miałyby być nowa teoria, zwana grawitacją kwantową. Dotychczasowe wysiłki w kierunku skwantowania oddziaływań grawitacyjnych napotkały jednak na liczne problemy matematyczne i pojęciowe. Autor podkreśla, że w pracy nad stworzeniem grawitacji kwantowej warto byłoby zaangażować również filozofów, szczególnie tych posiadających przygotowanie fizyczno-matematyczne. Ich udział, według Bigaja, byłby nieoceniony, ponieważ stworzenie tego rodzaju teorii dotyka zagadnień o charakterze filozoficznym, w tym fundamentalnych pytań o naturę czasu i przestrzeni.

Przedstawiając trudne, zaawansowane teoretycznie zagadnienia, autor stara się utrzymać jasny i przystępny tok wywodu, nie rezygnując przy tym z ich precyzacji matematycznej. Wyróżnienie w tekście fragmentów trudniejszych i łatwiejszych to przemyślany zabieg dydaktyczny, umożliwiający czytelnikom wybór fragmentów odpowiednich do stopnia zaawansowania ich wiedzy. Dzięki temu książka Bigaja okazuje się użyteczna zarówno jako lektura dla osób samodzielnie poszukujących wiedzy, jak i jako podręcznik akademicki. Autor nie ogranicza się do przekazywania faktów czy formuł matematycznych, ale umieszcza je w szerszym kontekście, inspirując do refleksji na temat podstawowych założeń nauk przyrodniczych. Lektura *Wprowadzenia do fizyki dla filozofów* sprawia, że nauka jawi się jako dziedzina dynamiczna, w której pytania filozoficzne mają istotne znaczenie.

Książka stanowi doskonałe połączenie wiedzy o historycznym rozwoju myśli

³ Zob. T. Bigaj, *Indiscernibility in Quantum Mechanics*, Palgrave Macmillan, Cham, 2022.

fizycznej z głębokimi refleksjami filozoficznym. Przystępny język oraz przemyślany sposób prezentacji materiału umożliwiają czytelnikowi stopniowe zagłębianie się w coraz bardziej złożone zagadnienia. Pytania kontrolne, propozycje literatury oraz dodatkowe paragrafy oznaczone gwiazdką pozwalają na selektywne pogłębianie wiedzy. Autor nie boi się kwestionować ustalonych paradygmatów, co inspiruje do własnych poszukiwań i refleksji oraz stanowi zaproszenie do dalszej debaty nad fundamentalnymi problemami współczesnej nauki.

Mimo pewnych wyzwań związanych ze złożonością prezentowanych treści książka Bigaja stanowi znakomity materiał dla studentów zarówno filozofii, jak i fizyki, a także dla osób pragnących poszerzyć swoje rozumienie zagadnień łączących na-

ukę z filozofią. W efekcie *Wprowadzenie do fizyki dla filozofów* inspiruje do pogłębiania wiedzy o fundamentalnych zasadach rządzących światem fizycznym, a będąc swoistym przewodnikiem po zawiłościach myśli naukowej, zachęca do poszukiwań interdyscyplinarnych oraz do refleksji nad tym, w jaki sposób fizyka i filozofia mogą się wzajemnie uzupełniać. Dla każdego, kto pragnie zrozumieć, co kryje się za abstrakcyjnymi równaniami oraz jakie filozoficzne pytania rodzą się w ich cieniu, publikacja ta będzie doskonałym wyborem.

Kontakt: Instytut Filozofii, Wydział Filozofii i Socjologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 4, 20-031 Lublin

E-mail: malyskangelika@yahoo.com