

WSZYSTKO,
CO TRZEBA WIEDZIEĆ!

- jak fizyka zmienia nasze myślenie?
- najważniejsze teorie współczesnej fizyki
- tajemnice teorii względności i kwanty

David Wallace

FILOZOFIA FIZYKI

Tłumaczenie Wojciech Sady

Original English
language edition by

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

> KRÓTKIE
WPROWADZENIE

FILOZOFIA FIZYKI

> KRÓTKIE
WPROWADZENIE



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

David Wallace

FILOZOFIA FIZYKI

Tłumaczenie Wojciech Sady

Original English
language edition by

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

> KRÓTKIE
WPROWADZENIE

Łódź 2022

Tytuł oryginału: *Philosophy of Physics: A Very Short Introduction*

Rada Naukowa serii *Krótkie Wprowadzenie*

*Jerzy Gajdka, Ewa Gajewska, Krystyna Kujawińska Courtney
Aneta Pawłowska, Piotr Stalmaszczyk*

Redaktorzy inicjujący serii *Krótkie Wprowadzenie*

Urszula Dzieciatkowska, Agnieszka Kałowska

Tłumaczenie

Wojciech Sady

Opracowanie redakcyjne

Anna Surendra, Sebastian Surendra

Skład i łamanie

Munda – Maciej Torz

Korekta techniczna

Elżbieta Pich

Projekt typograficzny serii

Tomasz Przybył

Projekt okładki

krzysztof de mianiuk

Philosophy of Physics: A Very Short Introduction was originally published in English in 2021. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or for any losses caused by reliance thereon

© Copyright by David Wallace 2021

The moral rights of the author have been asserted

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2022

© Copyright for Polish translation by Wojciech Sady, Łódź 2022

Publikacja sfinansowana ze środków Wydawnictwa Uniwersytetu Łódzkiego

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.10719.22.0.M

Ark. wyd. 7,0; ark. druk. 10,375

Paperback ISBN Oxford University Press: 978-0-19-881432-0

ISBN 978-83-8220-956-3

e-ISBN 978-83-8220-975-4

Spis treści

Podziękowania	7
Wykaz ilustracji	9
Wstęp	11
1. Metody nauki i jej owoce	17
2. Ruch i bezwładność	33
3. Teoria względności i jej filozofia	53
4. Redukcja i nieodwracalność	83
5. Tajemnice fizyki kwantowej	103
6. Interpretacje mechaniki kwantowej	119
Przypisy	143
Lektury uzupełniające	145
Postówie. Jak można filozofować o fizyce?	149
Filozofia fizyki po polsku	155
Indeks	161

Podziękowania

Ta książka jest w dużej mierze owocem wykładów z filozofii fizyki, które prowadzę od dekady dla studentów Uniwersytetu Oksfordzkiego. Szczególnie wdzięczny jestem Harveyowi Brownowi, którego koncepcje czasoprzestrzeni wywarły znaczny wpływ na treść rozdziału 2, ale uwagi moich wspaniałych studentów, a także koleżanek i kolegów po fachu, uformowały każdą z części tej książki. Na moją wdzięczność zasłużyli też Latha Menon z Oxford University Press, anonimowy/a recenzent/ka oraz Hannah Wallace, którzy poczynili na temat manuskryptu szereg wnikliwych i mądrych uwag.

Wykaz ilustracji

1. Ruch w dwóch układach inercjalnych	41
2. Paradoks bliźniąt	61
3. Względność równoczesności	68
4. Paradoks bliźniąt: opis geometryczny	75
5. Paradoks bliźniąt: opis w układzie inercjalnym	79
6. Interferencyjne eksperymenty ze światłem	106

Wstęp

Jeszcze kilkaset lat temu wyrażenie „filozofia fizyki” mogło brzmieć niczym tautologia. Fizyka była filozofią przyrody; zadaniem filozofa przyrody było zrozumienie świata przyrody. Pisma Arystotelesa dotyczą zarówno matematyki oraz nauki, jak i etyki oraz estetyki; Newton określił swoją pracę mianem filozofii i przeciwstawił ją filozofiom swoich rywali. Dopiero w stosunkowo niedawnych czasach fizyka zaczęła przeobrażać się w samodzielną dyscyplinę i oddzieliła się od szeroko pojętej filozofii.

Nie była w tym ani pierwsza, ani ostatnia. Często powiada się, że filozofia nie czyni postępu, natomiast w dużej mierze rozwija się przez tworzenie autonomicznych dyscyplin. Matematyka w starożytności; fizyka w czasach renesansu; biologia po Darwinie; logika na początku XX wieku; informatyka w połowie XX wieku; kognitywistyka niedawno – w każdym z tych przypadków dokonano tak dużego postępu, rozwiązano tak wiele kwestii, wyjaśniono tak wiele nieporozumień, że stworzono samowystarczalny przedmiot i skierowano go na drogę dalszego postępu. Filozof Daniel Dennett definiuje filozofię jako to, co robimy, gdy nie wiemy, jakie pytania zadać. Kiedy rozumiemy już tak wiele, by ustalić, czego dotyczą pytania, i zacząć na nie odpowiadać, z filozofii wyrasta nowa nauka.

Tam, gdzie miało to miejsce ostatnio – powiedzmy w kognitywistyce lub w logice – nauka i filozofia pozostają ze sobą splecione jako dyscypliny. Ale fizyka miała trzy stulecia, aby zyskać niezależność, a teraz jej instytucjonalny rozdział od filozofii jest prawie całkowity: niewielu profesjonalnie wyszkolonych fizyków

zna się na filozofii; niewielu filozofów zna coś więcej niż elementarne podstawy fizyki. Czy jest zatem miejsce na filozofię fizyki?

Najjaśniejszy i najprostszy powód, aby było, jest taki, że chociaż pojęciowe podstawy fizyki są o wiele jaśniejsze niż przed czasami Newtona, to pozostaje wiele spraw, których nie rozumiemy. Fizyka to nie tylko bezmyślne obliczenia: dobrzy fizycy zdają sobie sprawę z pytań i paradoksów, które powstają w trakcie ich pracy. Rzeczywiście, bardzo niewiele dobrych obliczeń jest bezmyślnych: nie ma wyraźnego rozdziału między konkretnymi, predykcyjnymi aspektami fizyki a jej podstawami pojęciowymi. Oto pierwsze zadanie dla filozofa fizyki: znaczna część filozofii fizyki wiąże się bezpośrednio z tym aspektem samej fizyki, a filozoficzna przejrzystość może przyczynić się do postępów tej nauki.

Drugi powód jest taki, że metody nauki i postawy, jakie powinni wobec nich przyjąć naukowcy, filozofowie i ludzie w ogóle, odgrywają znaczącą rolę, a nie można ich zrozumieć, nie znając szczegółów. W najlepszym razie zyskujemy ograniczony wgląd w metodę naukową lub w postawę, jaką powinniśmy przyjąć wobec teorii naukowych, o ile rozważamy je w sposób abstrakcyjny: jednym z ważnych zadań dla filozofa fizyki jest przyjrzenie się wynikom i procedurom tej dyscypliny, aby stwierdzić, czego nas to uczy na temat nauki w ogóle. I znów, nie jest to po prostu zadanie dla beznamiętnych zewnętrznych obserwatorów fizyki: zrozumienie metody naukowej jest ważne, by dobrze uprawiać naukę, a w coraz większym stopniu dotyczy to fizyki współczesnej.

Trzecie zadanie dla filozofa fizyki znów wiąże się wprost z tą dyscypliną, ale w innym sensie: jak najlepiej zrozumieć, jaki jest świat, uwzględniając teorie fizyczne, których używamy do jego opisania. Tradycyjnie zrozumienia głębokiej natury świata podejmowała się *metafizyka*, ale w dzisiejszych czasach to zrozumienie opiera się w sposób krytyczny na naszych najlepszych teoriach fizycznych – jednak te teorie swego sensu wprost nie ukazują. W tym sensie filozofia fizyki stanowi pomost między metafizykiem a fizykiem – lub, innymi słowy, filozofia fizyki mówi nam, jak uprawiać metafizykę świadomą dokonań nauki.

Łączy to wszystko fakt, że filozofia fizyki ma charakter interdyscyplinarny, sytuuje się między właściwą fizyką, filozofią głównego nurtu i ogólną filozofią nauki, przekazując idee i wglądy między nimi. Część filozofów fizyki pracuje na wydziałach filozofii, określa się ich mianem „filozof fizyki” lub „filozof nauki”, ale wielu innych to sami fizycy (Einstein jest bez wątpienia czołowym filozofem fizyki XX wieku). Jest to książka o filozofii fizyki jako o dyscyplinie, bez związku z instytucjonalną strukturą środowiska akademickiego XXI wieku.

A wreszcie, co trzeba podkreślić, diabeł tkwi w szczegółach. Filozofia fizyki rzadko dotyczy fizyki jako całości, koncentruje się zaś na jej poszczególnych obszarach. Możemy rozważać konceptualne – to znaczy filozoficzne – pytania, które pojawiają się w danej dziedzinie fizyki, a problemy w każdej z poddziedzin są odrębne, nawet jeśli nie bywają tak wyraźnie odseparowane, jak by się to mogło wydawać na pierwszy rzut oka. Jest wiele takich, które zyskały dużą wagę w ostatnich pracach, a dotyczą granic współczesnej fizyki. Na przykład:

- Filozofia *kwantowej teorii pola* dotyczy zagadnień pojęciowych wynikających z naszych najbardziej fundamentalnych współczesnych teorii, które stanowią podstawę niezwykłych wyników uzyskanych w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) w Genewie. Na przykład: czy stałe przyrody są w jakiś sposób precyzyjnie dostrojone, tak aby stworzyć duży, złożony Wszechświat, który widzimy wokół nas? A może jest to pytanie bezsensowne i nie powinno się go zadawać? Jaka metoda naukowa czyni sensownymi nasze próby rozszerzenia teorii poza zakres tych przetestowanych w LHC na obszary, gdzie teorie mnożą się ponad miarę, a dowody wydają się skąpe?

- Filozofia *kosmologii* docieka, jak uprawiać naukę o całym Wszechświecie. Skoro istnieje tylko jeden obserwowalny Wszechświat, to czy możemy zrozumieć, nie mówiąc już o ich sprawdzeniu, te teorie, które mówią, że jeden Wszechświat jest bardziej prawdopodobny niż inny? Czy hipoteza, że nasz Wszechświat jest tylko jednym z elementów ogromnego wieloświata, jest naukowa? I jak wybrać któryś z modeli

kosmologicznych, uwzględniając złożone i pośrednie dane, świadczące o ich poprawności?

• Filozofia *gravitacji kwantowej* dotyczy „ostatecznej granicy” we współczesnej fizyce: jak pogodzić ogólną teorię względności, naszą najlepszą teorię grawitacji, z teorią kwantową, układem odniesienia, na który naniesione są wszystkie nasze teorie fizyczne? Czy teoria strun – z którą wiąże się tu najwięcej *nadziei* – jest dobrą nauką, złą nauką czy też wcale nauką nie jest? Jaki jest status zdumiewających twierdzeń, że czarne dziury – z których, jak się naiwnie spodziewamy, nic nie ucieknie – zachowują się pod ważnymi względami niczym zwykłe gorące ciała, i jak mamy ocenić te twierdzenia, zważywszy na odległą perspektywę testów eksperymentalnych? A jak mają zostać rozwiązane lub zlikwidowane pojęciowe paradoksy dotyczące kwantowych czarnych dziur?

Ale najważniejszych przykładów, przynajmniej jeśli chodzi o większość fundamentalnych i filozoficznych prac ostatnich 50 lat, dostarczają nieco starsze i bardziej ogólne teorie. Większość prac w filozofii fizyki dotyczy trzech obszarów: filozofii czasoprzestrzeni (która dostarcza pojęć, za pomocą których można zrozumieć przestrzeń, czas i ruch, zapewne centralne pojęcia w fizyce), filozofii mechaniki statystycznej (która leży u podstaw relacji między teoriami fizycznymi w różnych skalach i usytuowana jest między naszą najbardziej podstawową fizyką a prawie każdym jej sprawdzianem lub zastosowaniem) oraz najśłynniejszej, którą jest zapewne filozofia mechaniki kwantowej (która próbuje zrozumieć i być może zmienić zdumiewająco dziwaczny język, w którym w ostatnim stuleciu napisano większość prac z zakresu fizyki, od tych na temat akceleratorów cząstek, przez te o tranzystorach, po opowieści o pierwszych chwilach po Wielkim Wybuchu).

Ta książka dotyczy kolejno tych właśnie obszarów. Rozdział 1 otwiera kilka dość ogólnych pytań dotyczących metody naukowej i ogólnej natury naukowych teorii. W rozdziale 2 pytamy o to, „czym jest ruch” w kontekście historycznym: przyglądamy się tworzeniu mechaniki przez Newtona i innych w XVII wieku.

(W filozofii fizyki często musimy uwzględnić historię idei i to, jak wielcy fizycy zostali doprowadzeni do dziwnych koncepcji, które następnie rozwinęli.) Rozdział 3 przenosi te rozważania na teorię względności; omawia się tam rzekome „paradoksy”, które rodzi ta teoria, prezentuje się dostarczane przez nią głębsze sposoby rozumienia przestrzeni, czasu i ruchu. Rozdział 4 dotyczy tego, w jaki sposób mechanika statystyczna pomaga nam zrozumieć relacje między teoriami w dużej i w małej skali oraz jak to rozumienie wydaje się angażować nowe pojęcia – nieodwracalność, prawdopodobieństwo – które nie występują w naszych bardziej fundamentalnych teoriach, a nawet wydają się z nimi sprzeczne. Rozdziały 5 i 6 odnoszą się do mechaniki kwantowej – przedstawiają paradoksy, które ona rodzi, by następnie rozważyć, w jaki sposób można je rozwiązać, a na koniec pytają, dlaczego ma to znaczenie dla fizyki w ogóle.

Filozofia fizyki dotyczy, po trzecie, tego, że matematyka odgrywa kluczową rolę. Teorie we współczesnej fizyce formułowane są w języku abstrakcyjnej matematyki i nie sposób w pełni zrozumieć – nie mówiąc już o próbie ich rozwiązania – filozoficznych problemów fizyki bez pełnego zrozumienia tych teorii, matematyki i całej reszty. (W związku z tym trudno się dziwić temu, że filozofowie fizyki zwykle – i coraz częściej – kształcą się podyplomowo w dziedzinie fizyki, nawet jeśli pracują na wydziałach filozofii.) W książce takiej jak ta nie da się w pełni omówić jakiegokolwiek współczesnej teorii czasoprzestrzeni, mechaniki statystycznej czy teorii kwantowej – nie mówiąc już o wszystkich trzech – i nie mogę w związku z tym udawać, że zdołacie w pełni zrozumieć kwestie filozoficzne, czytając ją samą. Mam jednak nadzieję, że zawiera wystarczająco dużo szczegółów i głębi, aby pomóc czytelnikom przeszkolonym w filozofii zrozumieć, w jaki sposób zagadnienia z fizyki wpływają na istotne dla nich pytania, czytelnikom znającym fizykę połączyć omawiane przeze mnie zagadnienia pojęciowe z technicznym treningiem, przez jaki przeszli, a wszystkim czytelnikom uzyskać pewien wgląd w główne problemy tej dziedziny i w to, dlaczego są one ważne.

Nawet w trzech głównych omawianych przeze mnie obszarach, i nawet pomijając wiele tematów zbyt technicznych, by można je było zawrzeć w takiej książce, jest mnóstwo interesujących pytań, na których podjęcie zabraknie tu miejsca. Nieuchronnie moje własne oceny – zarówno dotyczące najważniejszych pytań, jak i najbardziej obiecujących prób udzielenia na nie odpowiedzi – wywarły decydujący wpływ na wybór dyskutowanych problemów i sposób ich prezentacji, a chociaż często zaznaczam, że pytanie jest „kontrowersyjne” lub „sporne” i przedstawiam liczne na nie odpowiedzi, to mam pewność, że czytelnicy zaznajomieni z tymi tematami stwierdzą, że niektóre z ich ulubionych zarzutów zostały pominięte lub że ich ulubione stanowiska zlekceważono bądź pominięto. Mogę ich tylko przeprosić, a na użytek czytelników jeszcze niezaznajomionych z filozofią fizyki – moich docelowych odbiorców – sporządziłem wykaz rozmaitych lektur, w których znajdą więcej szczegółów i alternatywnych ujęć.