

Michał Tempczyk
prof. dr hab., UMK

Atrakcyjność platonizmu w fizyce teoretycznej

Słowa kluczowe: platonizm, matematyka, Einstein, Penrose, Heller

Można bez przesady powiedzieć, iż nie byłoby nowożytnej fizyki bez zastosowania w opisie i badaniach przyrody zaawansowanych metod matematycznych. Fizyka jako dokładna i skuteczna nauka o podstawowych prawach przyrody oraz o budowie i własnościach materii rozpoczęła się wtedy, gdy – głównie dzięki Galileuszowi – przyrodnicy zrozumieli, że „księga przyrody napisana jest językiem matematyki” i dlatego bez istotnego wykorzystania matematyki nie jest możliwe dokładne poznanie otaczającego nas świata. Pierwszą teorią nowożytnej fizyki była klasyczna mechanika, w wysokim stopniu zmatematyzowana i formalna. W ciągu 300 lat, które upłynęły od czasu jej sformułowania, wszystkie powstające najważniejsze teorie fizyczne korzystały z zaawansowanych, dobrze rozwiniętych teorii matematycznych, takich jak analiza matematyczna, rachunek tensorowy, geometria, teoria grup, teoria przestrzeni Hilberta itp. Wysoki poziom formalizacji i matematyzacji teorii fizycznych uczynił z fizyki naukę najdokładniejszą i najbardziej skuteczną, która stała się wzorem dla innych nauk przyrodniczych, takich jak chemia i biologia.

Podstawowa i twórcza rola matematyki w badaniach przyrody ujawniła się wyjątkowo wyraźnie na początku XX wieku, gdy powstały obie teorie względności i mechanika kwantowa. Równania Einsteina i Diraca jasno pokazały, jak bardzo może poszerzyć się i pogłębić nasze zrozumienie przyrody, gdy zastosuje się odpowiednie wyrafinowane metody matematyczne, pozwalające odkryć nowe zjawiska i cechy materii, takie jak rozszerzający się wszechświat, czarne dziury czy antycząstki. Były to obiekty i procesy najpierw odkryte jako konsekwencje równań, a dopiero potem, z czasem po wielu latach (czarne dziury), ich istnienie zostało potwierdzone empirycznie. W tych i wielu innych wypadkach teoria znacznie wyprzedziła doświadczenie.

Te sukcesy nauki wynikające z zastosowania nowych metod matematycznych spowodowały, iż w samej fizyce powstała i bardzo rozwinęła się jej nowa dziedzina, fizyka teoretyczna, której głównym zadaniem jest badanie matematycznej struktury teorii fizycznych i wyciąganie z niej daleko idących wniosków. W efekcie jej rozwoju w pewnych podstawowych działach fizyki, takich jak ogólna teoria względności i kwantowa teoria pola, treść matematyczna przeważa nad ich zawartością empiryczną. Oczywiście każda teoria fizyki jako nauki empirycznej musi być powiązana z eksperymentami i obserwacjami i jest przez nie weryfikowana, jednak pewne jej działy bardziej przypominają matematykę niż nauki przyrodnicze. Badania matematycznej struktury teorii fizycznych prowadzą niekiedy do zaskakujących konsekwencji empirycznych i są źródłem istotnego postępu w poznawaniu przyrody. Przykładem takiego postępu mogą być nierówności Bella, które odkryte teoretycznie w 1964 roku stały się impulsem do rozwoju nowych kierunków badań, takich jak kodowanie kwantowe i komputery kwantowe.

Dokonujący się w ciągu ostatnich stu lat wzrost roli matematyki w fizyce stał się przedmiotem dyskusji i analiz filozoficznych, których centralnym tematem jest pytanie o matematyczność przyrody, czyli o to, dlaczego matematyka pełni tak istotną rolę w empirycznym poznawaniu świata materii. Dlaczego stosując metody i rozumowania matematyczne, tak głęboko i dokładnie poznajemy przyrodę, która przecież nie musi być tak silnie podporządkowana prawom matematyki i logiki? Wśród wielu odpowiedzi na to ważne pytanie filozoficzne, które nurtowało już filozofów starożytnych, popularne jest stanowisko platońskie, zgodnie z którym własności materii są kształtowane i wzorowane na matematyce. Wielu fizyków, zwłaszcza teoretycznych, jest jego zwolennikami, dlatego omawiając współczesne wersje platonizmu, skoncentrujemy się na poglądach jego trzech przedstawicieli: Alberta Einsteina (1999), Rogera Penrose'a (2006) i Michała Hellera (2006). Zaczniemy od pytania, na czym polega matematyczność przyrody.

Problem matematyczności przyrody jest przedmiotem wszechstronnych analiz M. Hellera, który poświęcił mu drugą część swojego wyboru pism *Filozofia i wszechświat* (2006). Postawienie pytania i jego znaczenie jest konsekwencją faktu istnienia nauk przyrodniczych jako niezwykle skutecznego narzędzia poznawania świata:

Punktem wyjścia moich przemyśleń jest potraktowanie bardzo na serio faktu istnienia nauk matematyczno-empirycznych i ich ogromnych sukcesów w ciągu ostatnich trzystu lat. Niestychana skuteczność nauki w badaniu świata mówi nam coś o samym świecie: świat ma pewną cechę, dzięki której ulega badaniom naukowym; cechę tę nazywam racjonalnością świata [...]. Ale jest to racjonalność szczególnego typu – świat poddaje się badaniom naukowym, o ile są one prowadzone przy pomocy matematyczno-empirycznej metody; dlatego też ten szczególny typ racjonalności świata nazywam jego matematycznością (s. 35).

Idea racjonalności świata jest atakowana przez filozofów reprezentujących inne stanowiska teoriopoznawcze, którzy pokazują, że dla wyjaśnienia skutecz-

ności nauki wystarczy teza o racjonalności człowieka, natomiast nieuzasadnione jest mówienie o niezależnej od człowieka racjonalności jako własności przyrody. Z tego powodu Heller racjonalność świata traktuje początkowo jako hipotezę, której prawdziwość stara się udowodnić za pomocą zaproponowanej przez siebie strategii „logiki zapętleń”. Chce on w filozofii nauki zastosować metodę podobną do weryfikacji teorii naukowych (s. 96–97):

Jak więc powinna wyglądać nefundacjonistyczna argumentacja w filozofii? Oczywiście nie można obejść się bez sformułowania wyjściowych hipotez. Ale mają to być hipotezy, a nie „niepodważalne” lub „oczywiste” aksjomaty. Hipotezy te powinny być formułowane na podstawie dotychczasowej wiedzy o danej dziedzinie i na podstawie znajomości dotychczasowej historii danej problematyki. [...] Z przyjętych hipotez wyjściowych wyprowadza się wnioski. Jeżeli wyjściowe hipotezy są wystarczająco silne, a wnioski odpowiednio rozbudowane, to całą konstrukcję można nazwać systemem... Warto jednak pójść dalej i wprowadzić swego rodzaju sprzężenie zwrotne między hipotezami wyjściowymi a wydedukowanymi z nich wnioskami. Byłby to odpowiednik pętli semantycznych, o których pisałem powyżej: Rozpoczynając od wyjściowych hipotez buduje się system. Odpowiednio rozbudowany system mówi coś o wyjściowych hipotezach. Dzięki temu procesowi wyjściowe hipotezy ulegają wzmocnieniu (stają się „mniej hipotetyczne”), co oczywiście z kolei prowadzi do „wzmocnienia” wydedukowanych z nich wniosków. Wielokrotne powtarzanie tego procesu może dać coś zbliżonego do pewności.

Bardziej zdecydowany w tej sprawie jest R. Penrose, który pisze (Penrose, 2006, s. 18):

A zatem, zgodnie z rys. 1.3, cały świat fizyczny jest rządzony prawami matematycznymi. W dalszych rozdziałach zobaczymy, że istnieją potężne, aczkolwiek niekompletne dowody, iż tak jest w istocie. Patrząc na rzeczy w ten sposób, przyjmujemy, że cały fizyczny wszechświat podlega w najdrobniejszych szczegółach regułom matematycznym. [...] U wielu osób taki pogląd może wywołać poważny dyskomfort i muszę przyznać, że mnie samemu też niełatwo się z tym pogodzić. Jednakże cała moja wiedza skłania mnie do przyjęcia tego punktu widzenia, gdyż trudno sobie wyobrazić, którędy mogłaby przebiegać linia oddzielająca te zjawiska fizyczne, które podlegają ścisłej matematycznej kontroli, od tych, które im nie podlegają.

Zauważyć trzeba, że jeszcze bardziej zdecydowane stanowisko w sprawie matematyczności przyrody zajmował A. Einstein. Wiedział dobrze, między innymi dzięki własnym pracom nad ogólną teorią względności, że podstawowych pojęć i praw fizyki nie można wyprowadzić drogą uogólniania spostrzeżeń zmysłowych, co ugruntowało jego przekonanie, że przyroda jest matematyczna (Einstein, s. 115):

Jeśli zatem jest prawdą, iż aksjomatycznej podstawy fizyki teoretycznej nie można wyprowadzić z doświadczenia, lecz musi ona zostać swobodnie wymyślona, to czy możemy w ogóle mieć nadzieję na znalezienie właściwej drogi? Co więcej, czy istnienie takiej drogi nie jest tylko naszym złudzeniem? Czy w ogóle możemy mieć nadzieję na to, iż doświadczenie będzie nami bezpiecznie kierowało, jeśli istnieją teorie, takie jak mechanika klasyczna, w znacznym stopniu zgodne z doświadczeniem, a nie ujmujące rzeczy głębiej? Na to odpowiem z całym przekon-

niem, iż właściwa droga, moim zdaniem, istnieje i potrafimy ją znaleźć. Nasze dotychczasowe doświadczenie pozwala nam mianowicie ufać, iż przyroda jest realizacją tego, co jest najprostsze do pomyślenia pod względem matematycznym.

Powyższy cytat pokazuje, że Einstein, mając świadomość zarzutów skierowanych przeciwko jego stanowisku, wzmacnia je, stawiając tezę o istnieniu metody dochodzenia do właściwego matematycznego opisu danej sfery zjawisk – jest to metoda poszukiwania ich opisu najprostszego. Jest to droga trudna do realizacji, przede wszystkim z tego powodu, iż nie wiadomo, jak rozstrzygnąć, który z kilku konkurencyjnych opisów danej dziedziny przyrody jest najprostszy, lecz pytanie to nie niepokoiło Einsteina. Uważał on, że wybór prawidłowego języka matematycznego jest kwestią intuicji.

Podsumowując powyższe rozważania, powiemy, że zaskakująca skuteczność podstawowych teorii fizycznych w wyjaśnianiu własności i dynamiki otaczającego nas świata jest poważnym argumentem na poparcie przekonania, iż przyroda jest w swojej naturze matematyczna. Nie jest to jednak jedyne stanowisko w tej sprawie: niektórzy uczeni stawiają pytanie, czy istnieje inna możliwość, polegająca na tym, że świat niepoddany żadnym regułom byłby całkowicie chaotyczny. Niektórzy fizycy próbowali opisać świat, którego dynamika nie podlegałaby żadnym ścisłym prawom. Do jego opisu nadawałby się tylko rachunek prawdopodobieństwa. Heller omawia (Heller, 2006, s. 58–70) wyniki tych analiz i pokazuje, że świat chaotyczny na podstawowym poziomie, lecz poznawalny i przewidywalny, musi być regularny w sensie nazywanym ‘probabilistyczną ścieśnialnością’. Ciągi zdarzeń całkowicie przypadkowe nie dałyby się w żaden sposób opisać w upraszczający sposób, nie byłaby możliwa żadna teoria takich zdarzeń. Fizyka kwantowa pokazuje, że w świecie ze swej natury probabilistycznym można znaleźć statystyczne regularności opisywane przez efektywną teorię fizyczną, na przykład przez równanie Schrödingera. Funkcja falowa ma charakter statystyczny, lecz sama podlega ścisłym prawom. Brak ścisłego determinizmu nie oznacza, że dane zjawiska nie dadzą się matematycznie opisać i wyjaśnić.

Istotnym zagadnieniem związanym z matematycznością przyrody jest sposób rozumienia matematyki. Chodzi o to, czy do matematyki można zaliczyć tylko to, co potrafią zrozumieć i opisać ludzie, czyli o to, czy jest możliwa matematyka niepoznawalna dla ludzi ze względu na swoją złożoność. W tej sprawie Penrose i Heller mają odmienne poglądy. Heller lubi mówić o matematyce dostępnej umysłowi Boga, lecz niepoznawalnej dla ludzi, których możliwości poznawcze są ograniczone, zgodnie z tym, czego dowodzi na przykład twierdzenie Gödla. Przekonanie o poznawczych ograniczeniach ludzi nie prowadzi jednak Hellera do wniosku o ograniczonej poznawalności przyrody (s. 272):

Jeżeli nasza matematyczno-empiryczna metoda badania świata jest słuszna, a dotychczasowe jej sukcesy wymownie o tym przekonują, to wszystkie własności świata dadzą się wydedukować.

wać z odpowiednio dobranego zbioru praw przyrody, czyli z odpowiedniego zbioru właściwie zinterpretowanych formuł matematycznych.

Wniosek ten jest konsekwencją ‘empirycznego’ podejścia Hellera do problemu matematyczności przyrody. Matematyczność jest faktem, do którego należy dostosować poglądy filozoficzne i metodologiczne. Dla Penrose’a problem nie istnieje, ponieważ, jak pisze (Penrose, 2006, s. 19):

[...] innym moim założeniem wyobrażonym na rys. 1.3 jest przekonanie, że cały platoński świat idei mieści się w stożku łączącym go ze światem mentalnym. Diagram ten ma na celu ukazanie, że – przynajmniej w zasadzie – nie istnieją prawdy matematyczne poza zasięgiem rozumu. Innymi słowy każdy rodzaj prawidłowości może być poznany przez ludzi.

Platońskie podejście do problemu matematyczności przyrody prowadzi do pytania o istotę matematyki i jej stosunku do świata materii. Wielowiekowe dyskusje na ten temat nie doprowadziły do powszechnie uznawanych rozstrzygnięć, dlatego poruszę tylko kilka kwestii charakterystycznych dla stanowisk omawianych fizyków. Ciekawe i nietypowe są poglądy Penrose’a, które można nazwać umiarkowanym realizmem. Oto co pisze na ten temat (Penrose, 2006, s. 13):

Istnienie w sensie Platona, tak jak to widzę, oznacza istnienie pewnego standardu zewnętrznego, który nie jest uzależniony ani od naszych indywidualnych opinii, ani od szczególnej kultury, w której żyjemy.

Powyższe stwierdzenie ilustruje Penrose przykładem twierdzenia Fermata, które sformułowane w 1637 roku zostało ostatecznie udowodnione w 1995 roku. Matematycy pracując nad jego dowodem ponad 350 lat, mieli świadomość, że jest ono prawdziwe lub nie niezależnie od ich rezultatów. „Tylko takie stwierdzenia mogą należeć do świata idei platońskich, które są obiektywnie prawdziwe” (Penrose, 2006, s. 15). Przykładem obiektu matematycznego niezależnego od ludzi jest zbiór Mandelbrota, który „należy w sposób obiektywny do samej matematyki” (tamże, s. 15).

Zdaniem Hellera matematyka istnieje niezależnie od poznających ją ludzi; jest to pogląd odwołujący się do chrześcijańskiej koncepcji Boga.

Innym ciekawym aspektem podejścia Penrose’a do matematyki jest przekonanie, że pewne podstawowe obiekty matematyczne w naturalny sposób pasują do struktury i własności przyrody. Obiektami, bez których na pewno nie można się obejść, są liczby naturalne, natomiast konieczność używania liczb ujemnych nie jest dla Penrose’a oczywista. Dopiero ładunki elektryczne, które są dodatnie i ujemne, wymagają całkowitych liczb ujemnych (tamże, s. 65). Konieczności posługiwania się liczbami wymiernymi (ułamkami) nie potrafi Penrose udowodnić, natomiast jest zafascynowany liczbami zespolonymi, bez których nie byłaby możliwa współczesna fizyka. Zespolona analiza i geometria stanowią jądro jego

dorobku naukowego, dlatego liczby zespolone są w monografii wielokrotnie omawiane i wykorzystywane.

Popularność platonizmu wśród fizyków teoretyków nie wynika jedynie z bezprecedensowych sukcesów zmatematyzowanych teorii fizykalnych, lecz również z faktu, iż nauki przyrodnicze doszły w ostatnim stuleciu do pytań ostatecznych. Dwie dziedziny fizyki doszły do kresu możliwości poznawczych: teoria cząstek elementarnych i kosmologia. Teoria Wielkiego Wybuchu opisuje sposób, w jaki powstała i rozwijała się cała znana nam rzeczywistość. Rozwój ten zachodził zgodnie z określonymi prawami, równaniami Einsteina i prawami kwantowej teorii pola. Prawa te musiały być ontologicznie wcześniejsze od całej materii, ponieważ znana i badana przez naukę materia dopiero powstawała i kształtowała się w procesie rozwoju wszechświata. Gdy pytamy o źródło prawidłowości rządzących powstawaniem materii i kształtowaniem się jej podstawowych, najmniejszych składników, to nie możemy posłużyć się ulubionym zwrotem marksistów, że „prawa przyrody są zapisane w materii”. Odpowiedź ta mogła być zadowalająca, gdy mowa była o określonych procesach lub strukturach. Na przykład można powiedzieć, że prawa chemii są „zapisane” we własnościach atomów, a prawa fizyki atomowej wynikają z własności cząstek i ich oddziaływań. Jednakże w przypadku praw rządzących powstaniem i rozwojem wszechświata nie ma dziedziny materialnej, w której prawa te mogłyby być „zapisane”. Sądzę, że ta wyjątkowa poznawcza sytuacja kosmologii jest przyczyną odwoływania się jej twórców do platonizmu i mówienia o „inteligentnym projekcie” lub „planie Stwórcy”. Trzej fizycy, których poglądy referowałem, byli i są związani z kosmologią i nie jest to, moim zdaniem, związek przypadkowy. Nowa sytuacja poznawcza prowadzi do stawiania ogólnych pytań filozoficznych i do formułowania odpowiedzi zgodnych z aktualnym stanem nauki. Z tego powodu platonizm jest ważnym i dyskutowanym stanowiskiem filozofii przyrody.

Bibliografia

- Einstein, A., 1999, *Pisma filozoficzne*, Warszawa, Wydawnictwo IFiS PAN.
Heller, M., 2006, *Filozofia i wszechświat*, wybór pism, Kraków, Universitas.
Penrose, R., 2006, *Droga do rzeczywistości. Wyczerpujący przewodnik po prawach rządzących Wszechświatem*, Warszawa, Prószyński i S-ka.

The Appeal of Platonism for Theoretical Physics

Key words: *Platonism, mathematics, Einstein, Penrose, Heller*

A contemporary version of mathematical Platonism, claiming that the essence of nature is mathematical, is discussed. The views of Albert Einstein, Roger Penrose and Michał Heller are presented and analyzed.