Anna Lemańska

"Liczby natury: nierealna rzeczywistość matematycznej wyobraźni", Ian Stewart, Warszawa 1996 : [recenzja]

Studia Philosophiae Christianae 32/2, 295-299

1996

konsekwencje, być może nawet dla naszego przetrwania jako gatunku" (s. 11). Wydaje się, że choć jest to obrona bardzo interesująca, to jednak dotyczy jedynie nauki opisowej. Rodzi się więc pytanie o wyjaśniające zadanie nauki. Uwagi na ten temat pojawiają się w omawianej książce raczej marginalnie. Autor stwierdza, że zachodzi różnica między „wiedzieć, że" (nauka opisowa) i „wiedzieć dlaczego" (nauka wyjaśniająca). Utrzymuje nawet, że nie jest ważne do czego nauka jest używana, gdyż jej centralnym celem pozostaje wyjaśnianie (s. 17–18). Zdolności umysłowe, jakie posiada człowiek, umożliwiają nam nie tylko poznawanie funkcjonowania świata i praktyczne wykorzystanie tej wiedzy, ale sprawiają, że jesteśmy zdolni zadać pytanie „dlaczego?" (s. 132). W tym punkcie, Dunbar nie wychodzi jednak poza słowne deklaracje. Co więcej, wspominając o wyjaśniającej roli, jaką wśród ludów pierwotnych spełniała według niego religia twierdzi, że wyjaśnianie to było dobre, jeśli tylko służyło celom praktycznym. Jeśli na przykład grzmot traktowany był jako znak, że Zeus wszedł do „niebiańskiej łazienki", to takie „wyjaśnienie" zjawiska grzmotu wystarczało w codziennym życiu: kto usłyszał grzmot wiedział, że należy schronić się przed deszczem. Hipotezy wyjaśniające zdają się więc mieć, według Autora, znaczenie jedynie praktyczne. Dunbar nie pokazuje, czy przejście od wyjaśnień mitycznych do naukowych spowodowało jakąkolwiek zmianę w takim właśnie, utylitarnym spojrzeniu na wiedzę.

Robin Dunbar, profesor psychologii na Uniwersytecie w Liverpool, absolwent Oxfordu i były pracownik naukowy Uniwersytetów w Cambridge, Londynie i Sztokholmie, deklaruje się w swojej książce jako racjonalista. Podejmuje więc obronę nauki rozumianej jako racjonalne spojrzenie na świat. Jego próba jest szczególnie cenna w czasach, gdy dziennikarze mylą astronomię z astrologią, a absolwenci uniwersytetów stawiają na równi osiągnięcia naukowe i kabalistyczne wróżby. Każdy Czytelnik, któremu nieobce są racjonalistyczne ideały wiedzy, podpisze się z pewnością pod jego końcowymi wnioskami. Należy do nich postulat, by nauka była właściwie popularyzowana w mediach. Ponadto w nauczaniu szkolnym i akademickim takich dyscyplin jak fizyka, chemia czy biologia, winno się znaleźć więcej historii i filozofii nauki. Nauczanie to , pokazując „ekscytujący świat idei" (s. 184–185), byłoby zdolne do wzbudzenia prawdziwego zapału do naukowej działalności wśród jej młodych adeptów.

Rozpoznanie zagrożeń współczesnej nauki, konsekwentna obrona postaw racjonalnych, liczne przykłady działalności naukowej, które Dunbar odkrywa w prostych przejawach ludzkiego życia, a nawet wśród wyższych zwierząt, sprawiają, że jego książka zmusza do indywidualnych przemyśleń. Wśród pytań z jakimi Czytelnik pozostaje po tej lekturze, jest i to, być może nie zamierzone nawet przez Autora: Czy nauka jest czymś więcej niż tylko *cook-book science*, umożliwiającą naszemu gatunkowi przeżycie?

Grzegorz Bugajak

Ian Stewart, *Liczby natury. Nierealna rzeczywistość matematycznej wyobraźni*, z ang. tłum. M. Tempczyk, Warszawa 1996, s. 179.

Omawiana książka jest piątym tomem, który ukazał się w serii *Science Masters*. I. Stewart wprowadza w niej w fascynujący świat zastosowań matematyki. Ukazuje jak, przy pomocy tej dyscypliny naukowej, możemy rozpoznać i opisywać wzory, występujące w otaczającym nas świecie, a dzięki temu wyjaśniać mechanizmy zjawisk zachodzących w przyrodzie.

W prologu (*Maszyna Nierzeczywistości Wirtualnej*) i w trzech pierwszych rozdziałach (*Porządek naturalny, Do czego służy matematyka, O czym jest matematyka*). I.

Stewart stara się uchwycić istotę matematyki współczesnej oraz odpowiedzieć na pytanie: dlaczego okazała się ona tak użyteczna w badaniu rzeczywistości. W prologu znajduje się wyjaśnienie podtytułu książki, który brzmi: *Nierealna rzeczywistość matematycznej wyobraźni*. Matematyka jest traktowana przez Autora jako twór umysłów matematyków. Wprawdzie świat obiektów matematycznych, według I. Stewarta, nie istnieje w zwykłym sensie tego słowa, to jest realny i dzięki niemu możemy poznawać otaczającą nas rzeczywistość (s. 9-10).

W potocznej opinii matematyka jest przede wszystkim nauką o liczbach. Autor przedstawia historię tworzenia pojęć poszczególnych typów liczb: naturalnych, całkowitych, wymiernych, rzeczywistych i zespolonych (s. 43-48). Liczby są jednakże tylko jednym z wielu obiektów matematycznych. Innym rodzajem, równie ważnym jak liczby, są operacje i funkcje. I. Stewart zwraca uwagę na charakterystyczną cechę matematyki, jaką jest „urzeczowianie procesów" (s. 49): operacje, funkcje traktuje się tak, jakby były przedmiotami, rzeczami. Z drugiej strony obiekty matematyczne, takie jak na przykład liczby, są w gruncie rzeczy urzeczowionymi procesami.

Często matematykę porównuje się do drzewa, którego korzeń stanowią liczby, a konary i gałęzie coraz bardziej abstrakcyjne pojęcia matematyczne. I. Stewart uważa, że w takim opisie brakuje jednak ukazania, „jak oddziałują ze sobą pojęcia matematyczne" (s. 51). Sam porównuje matematykę do krajobrazu. Jego elementami są poszczególne fakty matematyczne, dowody natomiast zespalają ze sobą te fragmenty (s. 51-53), są nicią łączącą „tkaninę matematyki" (s. 59). Stąd dowód musi być wiarygodny, przekonujący. Nie może w nim być oczywiście żadnych usterek, ani luk. Nie może też się opierać na materiale eksperymentalnym (s. 58-59).

Powyższe spojrzenie na matematykę jest niepełne. Według I. Stewarta matematyka w istocie jest formalnym systemem myślenia, służącym do „rozpoznawania, klasyfikowania i wykorzystywania wzorów" (s. 11) a także „systematycznym sposobem wydobywania reguł i struktur, kryjących się za pewnym obserwowanym wzorem lub regularnością, a następnie wykorzystywaniem tych reguł i struktur do wyjaśniania, co się dzieje" (s. 24), ponieważ zaś „wzory występujące w przyrodzie [...] stanowią [...] istotne wskazówki dotyczące reguł rządzących procesami przyrody" (s. 11), dlatego matematyka pozwala nam zrozumieć świat, wyjaśnić, w jaki sposób i dlaczego pojawiają się najrozmaitsze wzory w przyrodzie, pomaga przewidzieć zachowanie przyrody, a dzięki temu sterować zachodzącymi w niej procesami (s. 30). Autor podaje szereg przykładów wzorów liczbowych, geometrycznych, falowych, fraktalnych, ruchu, które możemy znaleźć w zasadzie wszędzie w otaczającym nas świecie (s. 14-22). Zatem problem efektywności, użyteczności matematyki w tym kontekście Autor rozwiązuje bardzo prosto: „matematyka jest nauką o wzorach a przyroda wykorzystuje każdy istniejący wzór" (s. 30).

Swoje rozważania I. Stewart ilustruje przykładami zaczerpniętymi zarówno z historii matematyki i fizyki, jak i wynikami najnowszych odkryć w tych dziedzinach. W szczególności omawia dokonane przez Keplera odkrycie eliptycznego kształtu orbit planet (s. 24-25), badania Newtona nad szybkością zmiany, które doprowadziły do powstania rachunku różniczkowego (s. 26-29). Ukazuje również, w jaki sposób rozmaite fragmenty matematyki pomogły w rozszyfrowaniu podwójnej helisy DNA (s. 31).

W pozostałych rozdziałach I. Stewart przedstawia sposoby opisu i wyjaśniania przez matematykę natury wzorów występujących w przyrodzie. W rozdziale IV *Stałe zmian* na przykładzie odkrycia stałości przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym ukazuje, że za zmianami w przyrodzie kryją się pewne stałe. Zmiany zatem podlegają regułom, prawom, co więcej to prawo generuje zmianę. Mamy jednakże do czynienia również z sytuacją odwrotną: przepływ może wytwarzać prawo (s. 61-63).

Prawa fizyczne mają najczęściej postać równań różniczkowych, w których występują szybkości zmian wielkości, które badamy. Aby uzyskać te wielkości, musimy równanie rozwiązać. W dalszym ciągu rozdziału IV Autor wskazuje na zmianę w matematyce sensu określenia „rozwiązać równanie różniczkowe". Na początku

„rozwiązać" znaczyło znaleźć funkcję, należącą do klasy tzw. funkcji elementarnych, która spełnia to równanie. Szybko jednak okazało się, że nie wszystkie równania fizyki dadzą się w taki sposób rozwiązać. Stąd zaczęto poszukiwać przybliżonych metod rozwiązywania równań. Rozwiązaniem w takim przypadku nie był już pewien wzór określający wartości funkcji tylko szereg wartości liczbowych. Obecnie po odkryciu zjawiska chaosu deterministycznego wiemy, że w pewnych sytuacjach nawet takie przybliżone rozwiązanie może okazać się mało użyteczne i jesteśmy „skazani" tylko na jakościową analizę rozwiązania (s. 70-75). Słowo „rozwiązać" zatem znaczyło kolejno: „znaleźć wzór", „znaleźć przybliżone wartości", „znaleźć wygląd rozwiązania" (s. 74).

W rozdziale V *Od skrzypiec do wideo* I. Stewart analizuje relacje między matematyką czystą a jej zastosowaniami. Do tego celu wykorzystuje historię badań ruchu falowego: od drgań struny skrzypiec poprzez drgania skóry bębna aż do odkrycia fal elektromagnetycznych (s. 77-89). Na tym przykładzie widać, w jaki sposób teoria matematyczna przeplata się ze swoimi zastosowaniami, jak zagadnienia praktyczne wpływają na rozwój teorii, a teoria pozwala nam lepiej wniknąć w badany aspekt rzeczywistości.

Spontanicznemu łamaniu symetrii w przyrodzie Autor poświęca rozdziały VI *Złamana symetria* i VII *Rytm życia*. Symetrie wzorów, na które napotykamy w naturze, są wynikiem złamania niektórych z uniwersalnych symetrii naszego wszechświata (s. 106). Drobna, często niezmiernie mała przyczyna zaburza idealną doskonałą symetrię, powodując powstanie symetrycznych wzorów. Dzieje się tak np. w chemicznej reakcji Biełousowa-Żabotyńskiego, czy w równomiernym biciu serca (s. 96-100). Dzięki matematyce możemy dostrzec, że różnorodne i wydawałoby się odległe od siebie zjawiska powstają na skutek działania tego samego mechanizmu łamania symetrii (s. 107-108).

Również cykle biologiczne, które badamy przy pomocy matematycznego pojęcia oscylatora, można uważać za efekt złamania symetrii wszystkich przesunięć w czasie (s. 118). I. Stewart na przykładzie badania sposobów poruszania się zwierząt ukazuje rytmiczne wzory spotykane na różnych poziomach organizacji materii ożywionej. „Ważnym przesłaniem zarówno zjawisk lokomocji, jak i synchronizacji jest to, że rytmy przyrody są często powiązane z symetrią i że występujące w nich wzory można poklasyfikować matematycznie, przywołując ogólne zasady łamania symetrii" (s. 126).

Problem, czy przyroda jest deterministyczna, stanowi jedno z głównych zagadnień filozoficznych. Tej kwestii Autor poświęca rozdział VIII *Czy kości grają w Boga?* W tytule tego rozdziału widać wyraźne nawiązanie do innej książki I. Stewarta *Czy Bóg gra w kości? Nowa matematyka chaosu* (Warszawa 1994), która jest poświęcona zjawisku chaosu deterministycznego. Występowanie w przyrodzie takich procesów, w których pojawia się chaos deterministyczny, zmusza nas do rewizji istotnego dla problemu determinizmu pojęcia przewidywalności. Autor wprowadza rozróżnienie między „przepowiadaniem przyszłości" a przewidywaniem rozumianym jako „wcześniejszy opis, jaki będzie rezultat eksperymentu" (s.142). Wrażliwość na warunki początkowe, niestabilność procesu i związany z tym tzw. „efekt motyla" uniemożliwiają dokonanie „przepowiadania przyszłości". W tej sytuacji możliwy jest jednak opis tego, co się wydarzy. Przewidywalność należy zatem rozumieć znacznie szerzej niż dotychczas i wtedy „można dokonać wszystkich rodzajów przewidywań na temat układu chaotycznego, a nawet można dokonać przewidywań wystarczających dla odróżnienia chaosu deterministycznego od prawdziwej przypadkowości" (s. 143). Autor stwierdza również, że odkrycie zjawisk chaotycznych wymusiło rewizję naszych wyobrażeń dotyczących przyczyny i skutku, gdyż proste regularne przyczyny mogą powodować złożone, nieregularne skutki (s. 143).

Kwestia determinizmu w przyrodzie łączy się ściśle z indeterminizmem mechaniki kwantowej. Niektórzy z wybitnych fizyków nie przyjmowali indeterministycznych interpretacji mechaniki kwantowej i poszukiwali deterministycznej teorii mikroświata.

Czynił tak w szczególności A. Einstein. I. Stewart stawia interesującą hipotezę, że być może indeterminizm mechaniki kwantowej jest wynikiem działania chaosu deterministycznego. Brak obserwowanych przez nas różnic między atomem pierwiastka promieniotwórczego, który za chwilę się rozpadnie, a tym, który nie ulegnie rozpadowi, nie oznacza, że w rzeczywistości takich różnic nie ma (s. 150-152).

Rozdział VIII został poświęcony ukazaniu, jak proste deterministyczne prawa mogą prowadzić do skomplikowanych, chaotycznych skutków. W rozdziale IX (*Krople, dynamika i stokrotki*) Autor na przykładach kształtu kropli wody, zmian liczebności populacji oraz ilości płatków kwiatów zajmuje się odwrotnym zagadnieniem: jak ze złożonych, różnorodnych przyczyn wyłania się porządek. W szczególności I. Stewart próbuje odpowiedzieć na pytanie, dlaczego w przyrodzie ożywionej bardzo często spotykamy się z liczbami z ciągu Fibonnaciego. Matematyka pozwala zrozumieć, jak to się dzieje, że własności żywych organizmów są determinowane nie tylko przez geny, ale również przez prawa fizyki, chemii i dynamiki wzrostu (s. 163-171).

W epilogu zatytułowanym *Morfomatyka* I. Stewart postuluje stworzenie nowej nauki, która badałaby wzory oraz to, w jaki sposób powstają i dlaczego.

W swej pracy I. Stewart porusza szereg ważnych problemów zarówno z zakresu filozofii matematyki, jak i filozofii przyrody, w szczególności podejmuje próbę określenia istoty matematyki współczesnej. Potraktowanie matematyki jako „formalnego systemu myślenia", dzięki któremu możemy badać występujące w przyrodzie prawidłowości, jest zbieżne z tradycyjnym rozumieniem matematyki jako nauki o strukturach. Warte podkreślenia jest to, że I. Stewart zwraca uwagę przede wszystkim na treściowy charakter matematyki i jej ścisłe związki z naukami przyrodniczymi i to nie tylko z fizyką, lecz przede wszystkim z biologią. Szereg przykładów, wykorzystywanych przez Autora, pokazuje, że biologia coraz bardziej się matematyzuje, a za zjawiskami biologicznymi kryją się często wyrafinowane teorie matematyczne.

Jak się jednak wydaje, Autor kładzie zbyt duży nacisk na aspekt treściowy. Jest to wprawdzie do pewnego stopnia umotywowane zamierzeniem ukazania sposobów, dzięki którym matematyka pomaga wyjaśnić nam zachodzące zjawiska, tym niemniej powoduje, iż spojrzenie na matematykę przez I. Stewarta jest zbyt jednostronne. Matematyka ukazuje nam bowiem dwa uzupełniające się oblicza: treściowe i formalne. Aspekt formalny jest również istotny i w gruncie rzeczy zaskakujące jest to, ile treści można zawrzeć w sztywnych ramach systemu aksjomatyczno-dedukcyjnego. W rozważaniach I. Stewarta strona formalna została prawie całkowicie pominięta.

W przykładach zaczerpniętych z historii matematyki I. Stewart zwraca szczególną uwagę na odkrycia dokonane pod wpływem zapotrzebowań płynących ze strony nauk przyrodniczych. Historia matematyki dostarcza jednakże wielu przykładów odkryć, dokonywanych bez udziału czynnika związanego z zastosowaniami. Matematyka rozwija się bowiem nie tylko pod wpływem praktycznych zapotrzebowań, lecz również, a może przede wszystkim, rozwiązując problemy, które powstały wewnątrz niej samej.

Przyjęcie przez I. Stewarta, że matematyka jest nauką o wzorach, którymi mogą być wszelkie prawidłowości, kształty, sekwencje liczbowe, powtarzalne rytmy ruchu itp., powoduje, że odpowiedź na pytanie o efektywność matematyki w badaniach przyrody staje się, według słów samego Autora, bardzo prosta (s. 30). Jak się jednak wydaje, zagadnienie to widziane w kontekście sporów na temat istoty matematyki nie jest tak trywialne. Autor przyjął koncepcję istoty matematyki, która ujmuje przede wszystkim jej treściowe aspekty powiązane z zastosowaniami. I. Stewart pomija zaś stronę formalną, a także elementy aprioryczne, które są niemniej istotne dla uprawiania matematyki. Pozwoliło mu to w konsekwencji na znaczne uproszczenie problemu zastosowania formalnych struktur matematycznych do badania rzeczywistości materialnej.

Praca napisana jest jasnym, zrozumiałym stylem (co również jest zasługą tłumacza). Jednocześnie Autor nie upraszcza zbytnio przedstawianych zagadnień. Nie jest to wcale takie łatwe, gdyż wyniki współczesnych nauk przyrodniczych z trudem poddają się zabiegom popularyzatorskim. Warte podkreślenia jest również to, że Autor swoje rozważania ilustruje przy pomocy wyników badań rozmaitych zjawisk przyrody, często takich, z którymi spotykamy się na co dzień w naszej potocznej obserwacji otaczającej nas rzeczywistości i nawet nie podejrzewamy, ilu interesujących problemów mogą one dostarczyć.

Anna Lemańska

Roger Penrose, *Nowy umysł cesarza. O komputerach, umyśle i prawach fizyki*, tł. Piotr Amsterdamski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, stron 505.

Mamy przed sobą książkę znanego angielskiego fizyka, kosmologa, matematyka, a także filozofa, którego zainteresowania wiążą się z problematyką metodologiczno-filozoficzną wyrosłą ze współczesnych nauk matematyczno-fizykalnych. Podtytuł omawianej publikacji sygnalizuje zakres rozważań. Z szerokiego jego spektrum zwrócimy uwagę na jeden temat. Chodzi o stanowisko Penrose'a w odniesieniu do fizykalnej teorii unitarnej. Opowiada się on za kwantową teorią grawitacji. Toteż przedstawimy jego propozycję wskazując jej istotne elementy. Z tego względu zreferujemy głównie trzy rozdziały książki: 6. *Tajemnica kwantowej magii*, 7. *Kosmologia i strzałka czasu*, 8. *W poszukiwaniu kwantowej teorii grawitacji*, dodając do nich uwagi krytyczne. Oryginalność Penrose'a w prognozowaniu własności przyszłej kwantowej teorii grawitacji usprawiedliwia – zdaniem piszącego te słowa – ograniczenie się w poniższym omówieniu do wybranego tematu.

Obserwacja w sensie mechaniki kwantowej czyli redukcja wektora stanu jednej cząstki (z pary dwu skorelowanych) wpływa na stan drugiej w sposób nielokalny, którego nie można opisać zgodnie ze szczególną teorią względności (paradoks Einsteina–Podolsky'ego–Rosena – EPR); to daje podstawy sądzić, że nasz czasoprzestrzenny obraz rzeczywistości fizycznej, nawet poprawnie uwzględniający nielokalność mechaniki kwantowej, jest sprzeczny ze szczególną teorią względności. Jest to więc powód do wprowadzenia modyfikacji w jednej z tych teorii.

Penrose'a nie interesują zmiany, jakie mechanika kwantowa może wprowadzić do teorii czasoprzestrzeni (OTW) lecz na odwrót – zmiany, jakie może wprowadzić do struktury mechaniki kwantowej teoria względności. W mechanice kwantowej istnieją problemy o charakterze „wewnętrznym". Wystarczy wspomnieć o niezgodności jaka istnieje „między dwiema podstawowymi procedurami mechaniki kwantowej U i R. Procedura U oznacza całkowicie deterministyczną, unitarną ewolucję układu, określaną przez równanie Schrödingera, zaś R opisuje probabilistyczną *redukcję wektora stanu*, która zachodzi ilekroć uważamy, że miała miejsce obserwacja. [...] Niezgodności tej nie można usunąć przyjmując jedynie odpowiednią «interpretację» mechaniki kwantowej" [s. 387].

Ilekroć wykonujemy pomiar, podczas którego następuje dostatecznie silne wzmocnienie efektów kwantowych tak aby były dostępne dla pomiaru wielkości mierzalne, musimy zmienić reguły określające ewolucję funkcji falowej. Nie korzystamy już z deterministycznej, symetrycznej względem czasu procedury U, lecz z zupełnie innej metody nazwanej procedurą R. Zgodnie z nią, aby otrzymać klasyczne prawdopodobieństwo, musimy obliczyć kwadrat modułu kwantowej amplitudy. To właśnie procedura R i tylko ona wprowadza do mechaniki kwantowej nieoznaczoność i prawdopodobieństwo. Procedura U nie może implikować procedury R. Penrose twierdzi, że poszukiwana kwantowa teoria grawitacji jeżeli ma być poprawna to powinna zawierać jedną procedurę U/R asymetryczną względem czasu, łączącą obie procedury mechaniki kwantowej tak aby paradoks EPR, który związany jest ze sprzecznościami w obserwacji redukcji wektora stanu cząstek skorelowanych, nie miał