

Wojciech P. GRYGIEL

## Z POMOCĄ ANIOŁA

- Roland Omnes, *Quantum Philosophy: Understanding and Interpreting Contemporary Science* (Filozofia kwantowa: rozumienie i interpretacja współczesnej nauki), tłum. z języka francuskiego Arturo Sangalli, Princeton and Oxford: Princeton University Press, 1999, ss. 296.

Skonstruowany przez Edwina Schrödingera w latach trzydziestych ubiegłego stulecia słynny paradoks kota Schrödingera do dziś dnia stanowi przedmiot licznych kontrowersji nie tylko, jak by tego można było oczekiwać, fizyków oraz filozofów ale także ostatnio obrońców praw zwierząt. W niezwykle szerokiej literaturze, dotyczącej interpretacji mechaniki kwantowej pojawiła się bowiem dość niedawno propozycja aby przedmiot wspomnianego paradoksu — czyli pospolitego kota — zastąpić czymś bardziej humanitarnym. Ale czym? Chcąc uniknąć pracochłonnych poszukiwań oraz, co tu dużo ukrywać, pewnej istotnej wizytówki mechaniki kwantowej jaką stanowi kot Schrödingera, warto podjąć się próby rozwiązania paradoksu. Istotnie, mniej sprzeciwu powinien wzbudzać kot żywy czy też najzwyczajniej martwy w stosunku do hipotetycznego stanu rozdarcia między życiem a śmiercią, w którym z pewnością bardzo cierpi.

Abstrahując jednak od tych groteskowych uwag, paradoks kota Schrödingera doczekał się ostatnio propozycji rozwiązania,

---

\*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja będzie mile widziana (zagadnienia@upjp2.edu.pl). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

która pojawiła się na kanwie interpretacyjnego nurtu mechaniki kwantowej, wykorzystującej koncepcję historii kwantowych oraz zjawiska dekoherencji. Jednym z ich głównych odkrywców oraz gorliwych propagatorów jest francuski fizyk–teoretyk, Roland Omnes. Podejmując się refleksji, dotyczącej jego książki, zatytułowanej *Quantum Philosophy: Understanding and Interpreting Contemporary Science*, należy jasno stwierdzić, iż Omnes to nie tylko wysokiej klasy fizyk i matematyk, ale także znaczący myśliciel i filozof. Pierwsze wydanie niniejszej książki pojawiło się w języku francuskim w roku 1994 pod nieco innym tytułem *Philosophie de la science contemporaine* (franc. Filozofia nauki współczesnej). Jak stwierdza jednak sam autor, wersja angielska w czasie samego tłumaczenia doczekała się pewnych ulepszeń i zmian, z samym tytułem włącznie, co stanowi dodatkową zachętę do tego, by potraktować ją jako pozycję nowszą, wartą ze względu na jej szczególną aktualność oraz wartość merytoryczną, ponownego zarekomendowania. Oczywiście, istotne ograniczenie w jej dostępności na polskim rynku stanowi brak polskiego tłumaczenia, czemu również w przyszłości można by postarać się zaradzić.

Struktura prezentacji, jaką w *Quantum Philosophy* wykorzystuje Roland Omnes to bardzo ciekawa i z mistrzowskim rozmachem skonstruowana całość. Przy dużym nacisku na istotę historii myśli człowieka w ogólności, od czasów antyku do dnia obecnego, autor rozwija swój wątek trzytorowo poprzez równoległe prześledzenie istotnych zjawisk zachodzących na polu fizyki, matematyki oraz filozofii. Te trzy dziedziny stanowią razem istotne tło do przedstawienia kluczowego zagadnienia omawianej książki, jakim jest problem interpretacji w teoriach fizycznych a w szczególności w mechanice kwantowej. Roland Omnes dokłada wszelkich starań aby w jasny sposób zobrazować rozłam (ang. *fracture*) jaki nastąpił w obrębie zdroworozsądkowego pojmowania matematycznych metod fizyki klasycznej w momencie gdy poziom abstrakcji aparatu matematycznego przekroczył tą swoistą „namacalność”,

dzięki której mógł być bez trudu intuicyjnie przyswojony. Z tym zjawiskiem ściśle wiąże się zagadnienie interpretacji, której celem jest ponowne przetłumaczenie języka matematycznego, koniecznego do opisu złożonych zjawisk fizycznych, na system zrozumiały z punktu widzenia zdrowego rozsądku. Innymi słowy, problem ten przekłada się na próbę wyprowadzenia świata klasycznego, powszechnie obserwowanego przez każdego człowieka, z abstrakcyjnego świata kwantów. Dla zilustrowania zagadnienia, autor niezwykle oryginalnie fabularyzuje swoją wypowiedź przy użyciu postaci anioła, uczącego się patrzeć oczami matematyka i logika, znającego prawa kwantowe, na makroskopową rzeczywistość. We wszystkich rozważaniach Roland Omnes podkreśla w typowo einsteinowskim duchu swoje niezłomne stanowisko poznawczego realisty, kategorycznie domagającego się, aby „rzeczywistość stanowiła wyższy porządek, którego nauka jest jedynie niegodnym sługą oraz sekretarzem”. Zwieńczając swoje rozważania, autor próbuje przedstawić bardziej ogólną, filozoficznie uzasadnioną koncepcję nauki.

Pierwsza część książki Rolanda Omnesa nosi tytuł: *Dziedzictwo*. Autor przedstawia w niej panoramę wysiłków myślowych człowieka w trzech wspomnianych powyżej dziedzinach: fizyce, matematyce oraz filozofii a dokładnie teorii poznania. Osobny rozdział poświęca także zagadnieniom logiki. Na uwagę zwraca jego specyficzne rozumienie terminu *klasyczny*, które standardowo kojarzy się z filozofią starożytności. W ujęciu Omnesa klasyką zostanie nazwane wszystko to, co w tych czterech dziedzinach osiągnięto do czasu owego punktu *rozłamu*, o którym mowa była powyżej. I tak w zagadnieniach fizyki, autor po krótko charakteryzuje głównie osiągnięcia w astronomii od antyku do istotnych prac Kopernika oraz Keplera. Mechanika reprezentowana jest głównie przez dokonania Galileusza oraz Newtona. Jej uwieńczenie natomiast przypada w udziale takim postaciom jak Laplace, Lagrange oraz Hamilton (XIX w.). Istotnie, jak stwierdza Omnes, ich odkrycia pozwoliły na bardziej usystematyzowane ujęcie dynamiki

Newtona oraz bardziej sprawne obliczenia. Te matematyczne jakości nie wniosły jednak do fizyki żadnej nowej pojęciowej zawartości poza tym do czego doszedł Newton.

Prawdziwy przełom dokonał się jednak dopiero w pracach Maxwella w XIX wieku, który po raz pierwszy sformułował zespół czterech równań, zwanych równaniami Maxwella, które w spójny sposób opisują dynamikę zjawisk elektromagnetycznych. Znamiennym jest bowiem wykorzystanie w ich strukturze abstrakcyjnego pojęcia *pola*, które nie da się prosto zobrazować przy pomocy ludzkiej wyobraźni ani wyrazić potocznym językiem. Od tego momentu, fizyka zaczyna operować językiem matematycznego formalizmu, który jest niezbędny do wyjaśnienia złożoności jej zjawisk. Krok w krok z tak zasadniczym przeobrażeniem fizyki podąża rozwój w dziedzinie matematyki, który zdaniem autora sprzyja fizyce szczególnie poprzez swój zaostrzający się formalny rygoryzm oraz ogólność, dostarczając jej w ten sposób nowych narzędzi badawczych (Karl Weierstrass). W rezultacie, oblicze matematyki przekształca się w kierunku uniwersalnej nauki o relacjach będąc w tym kształcie już nie tradycyjną nauką, posiadającą swój ściśle zdefiniowany przedmiot ale nauką o strukturach, która zrodzić może się na gruncie każdej innej nauki.

Na zakończenie dyskusji całokształtu klasycznego dziedzictwa myślowego, poprzedzającego przypadający w istocie rzeczy na XIX wiek rozłam między ludzką intuicją a aparatem matematycznym, Roland Omnes krótko charakteryzuje postacie klasycznego świata filozofii, które na przestrzeni wieków odcisnęły swoje piętno na przemianach w dziedzinie epistemologii i filozofii nauki. Do czołowych z pewnością należą Roger Bacon jako „filozof metody eksperymentalnej” oraz Kartezjusz, odpowiedzialny za „matematyzację myślenia”. O ile ci dwaj myśliciele nie kolidują w swoich postulatach z wyznawanym przez Omnesa realizmem poznawczym, o tyle zdecydowany ton ostrożności wyczuć można, kiedy autor zwraca się ku takim postaciom jak David Hume oraz Immanuel Kant. U Hume’a nie do przyjęcia jest zdaniem Omnesa negacja

przyczynowości, uniemożliwiająca stosowanie tych praw do przewidywania zjawisk fizycznych. U Kanta natomiast Omnes kontestuje fakt apriorycznego przypisania rozumowi człowieka funkcji stanowienia o prawach przyrody. Nie trudno dostrzec, iż na gruncie realizmu poznawczego traktuje on koncepcję Kanta niemal jak „zamach na naukę”.

Dokończywszy lektury pierwszej części książki Rolanda Omnesa można odnieść wrażenie, iż ładunek treściowy, który składa się na opisywaną transformację w naturze fizyki, został w pełni zaprezentowany. Co więcej, przekonuje o tym sam tytuł drugiej części: *Rozłam*. Wstępne akapity tejże części szybko jednak uzmysławiają, iż pod pojęciem niniejszego rozłamu autor widzi nie tylko zmianę w samej fizyce ale również i chyba przede wszystkim bardziej subtelną ewolucję „natury myślenia oraz samego aktu rozumienia”.

W miarę wykorzystywania bardziej abstrakcyjnych struktur matematycznych, poszerza się wiedza ale ogranicza rozumienie co nieuchronnie prowadzi do konieczności przedefiniowania ludzkiego sposobu pojmowania rzeczywistości. Na tym gruncie dostrzec można również istotne granice funkcjonowania zdrowego rozsądku oraz zawodność podstawowych pojęć filozoficznych takich na przykład jak inteligibilność, lokalność czy też przyczynowość. Analizę takiego stanu rzeczy podejmuje Omnes, podobnie jak w poprzedniej części trzytorowo: z punktu widzenia matematyki, fizyki oraz filozofii. Odchodząc od bezpośrednich operacji na liczbach, matematyka stopniowo przeradza się w abstrakcyjne studium formy. W tym zawierają się takie działy matematyki jak logika formalna, rachunek zbiorów oraz zdań a także matematyczne kryteria prawdy. Współczesna matematyka, jak stwierdza autor, „oparta jest całkowicie na metodzie aksjomatycznej, u podstaw której leży system symboli nie posiadający bezpośredniego odniesienia do rzeczywistości i rządzący się własnym zespołem praw. Główną cechą charakterystyczną tej matematyki jest jej całkowite podporządkowanie logice, również formalnej oraz symbolicznej”.

W ramach metody aksjomatycznej nauka również dochodzi do pewnych granic, ilustrujących zasięg funkcjonowania ludzkiej inteligencji. Granice te wyrażają się w postaci słynnego twierdzenia Gödla, stwierdzającego, iż na bazie skończonego zespołu aksjomatów nie można wykazać prawdziwości dowolnej liczby zdań, zawsze pojawią się zdania nierozstrzygalne.

Pomimo swej abstrakcyjności oraz intuicyjnej nieprzyswajalności, matematyczna forma wyznacza również sposób rozumienia i opisywania zjawisk fizycznych. Znajduje to swój oddźwięk w przede wszystkim teorii względności oraz w mechanice kwantowej. W teorii względności, opracowanej przez Alberta Einsteina, wpływ grawitacji na zakrzywienie czterowymiarowej czasoprzestrzeni opisany jest przy pomocy abstrakcyjnych geometrii nieeuklidesowych. Bardziej jednak niż ta teoria, na konieczność transformacji sposobu myślenia, wymuszonego matematyczną abstrakcją, rzutuje mechanika kwantowa. Roland Omnes opisuje ten proces dwustopniowo.

Najpierw, jego zdaniem, fizyka klasyczna umieszczona zostaje w „kaftanie bezpieczeństwa” (ang. *straitjacket*), głównie za sprawą przyjęcia kwantowego warunku Plancka w opisie struktury atomu. W kolejności jednak dochodzi do jej całkowitej zagłady (ang. *assassination*) kiedy swój postulat fali materii formułuje Louis de Broglie. Poziom abstrakcji sięga w tym momencie swoistego zenitu kiedy cząstki elementarne na poziomie mikroświata charakteryzowane są funkcjami falowymi, nie przedstawiającymi zdrowemu rozsądkowi człowieka żadnego namacalnego przedmiotu.

Z drugiej jednak strony tak zbudowana mechanika kwantowa dostarcza narzędzia do precyzyjnej analizy wielu zjawisk fizycznych, całkowicie niezrozumiałych na gruncie klasycznym. Należą do nich między innymi widmo atomu wodoru, działanie lasera czy też zjawiska nadprzewodnictwa. W tym wszystkim jednak, jak stwierdza autor, mechanika kwantowa mówi „językiem formalnym, który nie jest niestety naszym językiem”. Taki stan rzeczy przekłada się na zdecydowaną rozbieżność pomiędzy formalnym

aparatem kwantowym a obserwowaną rzeczywistością. Aby zatem pogodzić świat zdelokalizowanych funkcji falowych oraz prawdopodobieństw z eksperymentalnym faktem, obserwowanym makroskopowo, istnieje potrzeba interpretacji. Innymi słowy, należy pokazać jak pogodzić indeterministyczny mikroświat kwantowy z deterministyczną rzeczywistością, rejestrowaną przez człowieka zmysłowo. Roland Omnes nie waha się w tym punkcie stwierdzić, iż jest to również zadanie dla filozofa z racji konieczności jasnego „określenia sposobu myślenia o świecie”. Interpretacyjne zawilości mechaniki kwantowej dodatkowo potęgują się przy analizie kolejnych jej osobliwości takich jak komplementarność oraz zagadnienie pomiaru, związane z problemem redukcji wektora falowego.

Wstępne akapity trzeciej części *Filozofii kwantowej* Rolanda Omnesa, zatytułowanej *From Formal to Visual: The Quantum Case* (ang. Od formalizmu do świata widzialnego: przypadek kwantowy) w bardzo przejrzysty sposób zarysowują dalszą strategię analizy problemu interpretacji dopełniając prezentacji całości zamysłu autora. Strategia ta paradoksalnie zmierza do celowego odwrócenia „tradycyjnego porządku filozofii”, w którym to „wstępująco” wychodzi się od refleksji nad obiektywnym porządkiem rzeczy po to by dojść do uniwersalnych zasad nim rządzących. Omnes sugeruje więc ruch przeciwny, „zstępujący”, w którym z formalnych praw mechaniki kwantowej należy ponownie odzyskać zmysłowo postrzeganą rzeczywistość. To przecież ona dała ponad sto lat temu początek tej abstrakcyjnej teorii! Warto odnotować, iż całość podejścia Omnesa nie jest bynajmniej kantowskim aprioryzmem, traktującym prawa kwantowe jako narzucone przyrodzie kategorie ludzkiego umysłu. O wiele bardziej przypomina ono rolę abstrakcyjnej matematyki jako *scientia media*, zauważonej już przez myślicieli średniowiecza takich jak św. Albert Wielki czy też św. Tomasz z Akwinu.

Aby zilustrować proces przejścia do rzeczywistości makroskopowej, Roland Omnes w mistrzowski sposób wykorzystuje po-

stać anioła, wspomnianego na wstępie niniejszego opracowania jak również w samym jego tytule. Anioł, obracający się w świecie niematerialnym, rozumie tylko to, co wyrazić można przy pomocy formalnego języka matematyki oraz logiki. Sedno całej tej „anielskiej” fabuły polega na nauczeniu anioła jak przetłumaczyć obserwowane własności fizyczne układów mierzalnych na język mechaniki kwantowej co dokonuje się za pomocą *operatora rzutowego*. W kolejności anioł dostrzega, iż procesy odbywające się realnie w przyrodzie odpowiadają przejrzystym dla niego *historiom kwantowym* (pojęcie wprowadzone do interpretacji mechaniki kwantowej przez Roberta Griffithsa), których sens wynika dla niego w ujęciu formalnym z addytywności prawdopodobieństw poszczególnych etapów, wchodzących w ich skład (warunek spójności historii kwantowych, ang. *consistency condition*). W rezultacie anioł posiada pełny zakres narzędzi dzięki którym potrafi swoim abstrakcyjnym intelektem dotrzeć do rzeczywistości bytów materialnych, zmysłowo doświadczanych przez człowieka, co zamyka proces jego przysposobienia do poruszania się w świecie makroskopowym.

Innym pokrewnym problemem, który pojawia się na horyzoncie związanym z wzajemnym uzgodnieniem mechaniki kwantowej z rzeczywistością świata makro jest dość burzliwie dyskutowane przez wielu fizyków teoretyków (a także filozofów) zagadnienie pomiaru. O mierzalności na gruncie samego poziomu kwantowego mówić praktycznie nie sposób ponieważ jego stany opisywane są najczęściej przez *superpozycje* funkcji falowych. Oznacza to, że na tym poziomie układy kwantowe istnieją w stanie wzajemnej interferencji (złożenia) stanów składowych. Ta intrygująca własność mikroświata znajduje swoje odzwierciedlenie w osławionym paradoksie kota Schrödingera, który przejmując na siebie stan cząstki kwantowej, istnieje w hipotetycznym stanie jako jednocześnie żywy i martwy. Nie ulega wątpliwości, iż taki efekt nie jest makroskopowo obserwowalny. Rozwiązanie tego paradoksu, zgodnie z zapowiedzią we wstępie do niniejszego rozważania, staje się



możliwe dzięki zaproponowaniu w 1970 roku przez niemieckiego uczonego, Hansa Dietera Zeh, efektu *dekoherencji*, prowadzącego do wytlumienia interferencji kwantowych na skutek oddziaływania systemu kwantowego z makroskopowym układem pomiarowym o wielkiej liczbie swobody ale traktowanym również kwantowo. Ogromna wydajność (szybkość zachodzenia) tego zjawiska powoduje, iż nie występuje ono praktycznie w skali makroskopowej. Dzięki niemu jednak, pomimo, iż podstawowe prawa fizyki są kwantowe, własności i zjawiska zachodzące w świecie makroskopowym mogą być traktowane w sposób klasyczny. Innymi słowy, stanowią one niezaprzeczalne fakty. Ostatecznie zatem, oplakiwany przez obrońców praw zwierząt kwantowy kot Schrödingera wcale nie doznaje horroru rozdarcia pomiędzy życiem a śmiercią: jest albo żywy albo nie. Istotnie, jest to chyba humanitarne, zwłaszcza że stanowi rozwiązanie paradoksu kota Schrödingera.

Spoglądając obecnie w ramach podsumowania na całość refleksji, jakiej podejmuje się Roland Omnes w swojej *Filozofii kwantowej*, trudno oprzeć się wrażeniu, iż jego wkład w rozumienie fizyki a także w samo „rozumienie rozumienia” na bazie nowych osiągnięć naukowych jest rzeczywiście imponujący. W szczególności, postęp jaki przedstawiona przez niego interpretacja mechaniki kwantowej czyni w stosunku do standardowej interpretacji kopenhaskiej, zdaje się dostarczać odpowiedzi na wiele kluczowych pytań, takich jak problem pomiaru oraz makroskopowych interferencji, wobec których interpretacja kopenhaska pozostawała (i pozostaje nadal) bezsilna. Tym niemniej, warto pamiętać, iż reprezentowany przez Omnesa nurt interpretacyjny mechaniki kwantowej, polegający na odpowiednim poprawieniu interpretacji kopenhaskiej (Griffiths określa to mianem „*Copenhagen done right*”) stanowi tylko jedną z kilku dróg, jaką podążają obecnie dalsze wysiłki na polu mechaniki kwantowej.

Znaczącym przeciwnikiem koncepcji Rolanda Omnesa oraz reprezentowanej przez niego opcji jest znany amerykański fizyk-teoretyk, Roger Penrose, współtwórca teorii osobliwości. Penrose

stoi bowiem na stanowisku, iż kontynuowanie prac nad korektą samej mechaniki kwantowej w jej dzisiejszej postaci jest bezpodstawne. Kolejnego, istotnego kroku należy się według niego spodziewać na bazie ogólniejszej teorii kwantowej grawitacji, która powstanie z połączenia mechaniki kwantowej z ogólną teorią względności. Przykładowo, Penrose ma nadzieję, iż zagadnienie redukcji wektora falowego w ramach kwantowego problemu pomiaru znajdzie swoje uzasadnienie w oddziaływaniu grawitacyjnym. Dziś jednak trudno jest jeszcze zdecydowanie wyrokować nad prawdziwością takiej czy innej koncepcji mechaniki kwantowej, zwłaszcza że propagowany przez Rolanda Omnesa efekt dekoherencji doczekał się już wstępnej weryfikacji eksperymentalnej.

Godną uwagi jest również odnotowywana już wielokrotnie konsekwencja z jaką Roland Omnes broni stanowiska realizmu poznawczego w nauce, doceniając istotę obiektywnego porządku Wszechświata jako podstawowego źródła dla naukowej działalności człowieka. Zadając sobie w końcowej, czwartej, części książki pytanie o ostateczne perspektywy nauki, Omnes krótko formułuje zręby dość ogólnej i ciekawej metodologii naukowej. Z uwagi na fakt, iż wymagałaby ona szerszej dyskusji, warto jedynie nadmienić, iż czerpiąc częściowo z filozofii nauki Karla Poppera, autor postuluje cztery fundamentalne etapy w rozwoju nauki: eksperyment, formowanie pojęć i zasad reprezentujących badaną rzeczywistość, określenie możliwych konsekwencji tych zasad, oraz ostateczną weryfikację, noszącą znamiona, jak to stwierdza Omnes, popperowskiej falsyfikacji. W tym na wskroś filozoficznym zwięźczeniu autor utwierdza czytelnika w przekonaniu, iż łącząc w swojej osobie postacie wysokiej klasy fizyka oraz filozofa zasługuje na miano liczącego się myśliciela, sprawnie podejmującego zagadnienia w niełatwym obszarze badań interdyscyplinarnych. Poleciwszy w ten sposób autora, z niemniejszym przekonaniem można zarekomendować przeczytanie i dogłębne przemyślenie jego *Filozofii kwantowej*.