

Marian GRABOWSKI

TEORIE POMIARU KWANTOWEGO — FIZYKA POSZUKUJE FILOZOFII

Nauki matematyczna–przyrodnicze w historii nowożytnej raz po raz stały się źródłem refleksji filozoficznej. Była to jednak zawsze refleksja szczególna.

Prowadzona rzetelnie zamieniała się w metodologię przyrodoznawstwa niechętnie przyznając się do swej podstawowej fascynacji: fascynacji twórczymi zdolnościami ludzkiego umysłu, transcendencją przyrody wobec człowieka i tajemniczym związkiem, który się między nimi konstituuje.

Bywało jednak i tak, że filozofowie zauroczeni metodą fizyki, jej osiągnięciami usiłowali budować swe refleksje wedle jej wzorca. Gdzieś tutaj chyba należałoby szukać korzeni współczesnego nam sporu o racjonalności rozwoju nauki. Efektem tego postępowania stawało się skostnienie myślenia spowodowane narzuceniem mu reguł właściwych fizyce. Jaskrawym przykładem jest tu neopozytywizm.

Ponadto namysł nad fenomenem współczesnego przyrodoznawstwa miał skłonność do przeradzania się w bałwochwalczy bez mała kult metody przyrodniczego oglądu świata. Stąd brały się niczym nie uzasadnione próby ekstrapolacji tej metody na resztę dostępnej człowiekowi rzeczywistości. Obrazem takiej sytuacji był XVIII–wieczny racjonalizm i mechanycyzm zbudowane na wynikach klasycznej mechaniki. Filozofia nauki stawała się ideologią. Po dziś dzień żywa jest ideologiczna apoteoza metody przyrodniczej, próby zbudowania mitu nauki, tworzenia jej specyficznej mistyki.

Nader często też filozofowanie biorące w rachubę fakt istnienia nauki miewa tendencję do ześlizgiwania się z łatwizną fantazji na temat jej przysłych osiągnięć. Każdy etap poznania świata kryje w sobie nowe, nieprzewi-

*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja jest mile widziana (obi@opoka.org). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

dziane możliwości. Ta trwała własność nauki sprawia, że wielu ulega pokusie zbyt łatwych odpowiedzi.

Kolejnym charakterystycznym rysem stylu myślenia wyrastającego z podziwu dla nauki, bądź chęci krytycznego odniesienia się ku niej jest zarzucenie „wielkich pytań” w filozofii: pytania o poznanie, o metafizyczną strukturę bytu, o zasady pierwsze i ostateczne odniesienia. Pytania te były sercem całej filozoficznej tradycji europejskiej. Tymczasem w filozofii nauki są praktycznie nieobecne. Pozostały przygraniczne spory o metodę, a wielka problematyka filozoficzna gdzieś zaginęła.

Z drugiej strony refleksja nad sposobem wydzierania się nauk przyrodniczych była i jest obca sporej części ludzi uprawiających te dziedziny. Tu trzeba jednak być ostrożnym, bo nie wypowiedana świadomość własnej metody badawczej nie oznacza jej nieznanomości. Wręcz przeciwnie, to oczywistość postępowania według ustalonych paradygmatów każe uznać wiele tekstów i wyników metodologów nauki za próżną gadaninę o rzeczach oczywistych. Współczesna nieczułość przyrodników na pytania filozoficzne nie oznacza rezygnacji z dociekań nad podstawami. Uległ zmianie sposób i miejsce formułowania pytań pierwszych. Pytania o podstawę są często wypowiedane w ramach konkretnej dyscypliny, w tym samym co i ona języku, budząc częstokroć duże zainteresowanie danej wspólnoty badaczy. Takie właśnie są dzieje sporu o interpretacje pomiaru w mechanice kwantowej.

Filozofowanie wychodzące z wnętrza nauki, metod jej właściwych ma rzecz jasna swe blaski i cienie. Wydaje się, że prześledzenie przynajmniej niektórych aspektów takiego myślenia może być bardzo pouczające.

Sprawa pomiaru od samego początku mechaniki kwantowej wydawała się jednym z kluczowych miejsc tej teorii. Związek teorii z opisywaną rzeczywistością ujawnia się w obserwacji, eksperymencie, aktach pomiarowych i sposobie ich interpretacji. Analiza pomiaru, sposób, na jaki go pojmujemy, jest bardzo wrażliwym miejscem w każdej teorii fizycznej. Mechanika kwantowa ma swe powody, by zagadnienie pomiaru postawić szczególnie stanowczo. Nie można w niej umknąć przed tym problemem. W prawie wszystkich zagadnieniach klasycznych oddziaływanie aparatury pomiarowej na badany obiekt daje się zasadniczo zaniedbać. Wnosi ono tam tak nieznaczne zaburzenia, że w opisie badanego zjawiska mogą zostać one pominięte. Przeciwnie jest w mechanice kwantowej, gdzie nawet najbardziej delikatniejsza metoda ingerencji w mikroskopowy układ kwantowy, sama jego obserwacja, staje się co najmniej oddziaływaniem z układem tego samego typu. Oddziaływanie to nie może być traktowane jako zaburzenie, lecz jako

nowy proces, który istotnie zmienia stan badanego układu. Rola obserwatora, aparatury pomiarowej i samego aktu pomiaru nie da się zignorować, lecz musi być rozpatrzona. Trzeba zatem przyjrzeć się opisom pomiarów i sposobom, na jaki są w mechanice kwantowej interpretowane.

Interpretacje pomiaru kwantowego

Okazuje się, że sposób interpretacji i opisu oddziaływania przyrządu pomiarowego z układem kwantowym może być różny. Prześledzimy trzy najbardziej znane i dyskutowane interpretacje pomiaru kwantowego. W morzu literatury poświęconej pomiarom w mechanice kwantowej są one ważnymi punktami orientacyjnymi.

1. Interpretacja kopenhaska

Wybieramy z niej to, co odnosi się do pomiarów. Według tej interpretacji świat fizyczny może być podzielony na dwie części: obserwatora i obiekt obserwowany. Przyrządy pomiarowe i cała nasza wiedza zdobyta w trakcie eksperymentu musi być opisywana w sposób klasyczny. Wszelkie doświadczalne świadectwa, zjawisk kwantowych powinny się wyrażać za pomocą terminów klasycznych. W takiej sytuacji problem pomiaru nie staje się wcale bardziej istotny niż we fizyce klasycznej, gdyż nasze myślenie i eksperymentowanie, zdaniem szkoły kopenhaskiej, ma charakter klasyczny. Pogląd Bohra na kwestię eksperymentu był bardzo radykalny. Jego zdaniem nie można nigdy abstrahować od aparatury eksperymentalnej i dlatego żaden obiekt kwantowy nie może być rozważany w oderwaniu od przyrządów pomiarowych. Obiekt obserwowany zawsze stanowi niepodzielną całość z instrumentem pomiarowym. Funkcja falowa nie opisuje samego izolowanego układu kwantowego, lecz zawsze układ łącznie z aparaturą pomiarową. Bohr wypowiadał się również co do samego przebiegu aktu pomiaru. Warto o tym wspomnieć, bo dalsze próby opisanego przebiegu pomiaru będą się do tych ustaleń odwoływać.

Akt obserwacji jest nieodwracalny. Każda obserwacja jest zewnętrznym zaburzeniem układu i niszczy w nim istniejące związki przyczynowe. Stan układu zmienia się w trakcie pomiaru. Idealny pomiar wielkości obserwowanej daje wynik a , gdy układ jest w stanie opisanym dowolną funkcją falową. Wtedy po pomiarze układ znajdzie się w tzw. stanie czystym odpowiednio związanym z wielkością a . Przejście od dowolnego stanu układu kwantowego do stanu czystego związanego z a dokonuje się w trakcie eksperymentu i ten

kwantowy przeskok nazywamy redukcją pakietu falowego. Według interpretacji kopenhaskiej redukcja ta nie wynika z równań ruchu, lecz uważa się ją za nowe prawo przyrody. Widzimy, jak w drastyczny sposób uwzględnia się tu wpływ pomiaru na układ kwantowy.

2. Teoria pomiaru von Neumanna

Von Neumann, w odróżnieniu od Bohra, postulował opis kwantowy zarówno dla obserwowanego układu, jak i dla aparatury pomiarowej. Przypisywał taki sam status obiektowi obserwowanemu i aparaturze pomiarowej. W jego rozumieniu należy traktować oddzielnie przyrząd i obiekt obserwacji. W ten sposób w mechanice kwantowej pojawia się problem pomiaru — oddziaływania pomiędzy aparaturą i układem obserwowanym opisywanego na sposób kwantowy. Naszkicujemy pokrótce przebieg typowego procesu pomiarowego.

W pomiarze mamy do czynienia z układem obserwowanym O i układem mierzącym M . Proces pomiarowy przebiega w trzech stadiach:

- (a) przygotowuje się pewien stan początkowy, w którym przyrząd M jest w znanym stanie, a obiekt obserwowany O w stanie nieznanym. Początkowo oba układy nie oddziałują.
- (b) rozpoczyna się pomiar, podczas którego układy oddziałują ze sobą w skończonym czasie. Ponieważ oba układy traktujemy jako kwantowe, nasza wiedza o ewolucji układu kwantowego domaga się, by oddziaływanie to dało się przedstawić zgodnie z dynamiką układu kwantowego (równanie Schrödingera, unitarna ewolucja stanu).
- (c) po zakończeniu oddziaływania układy O i M są znowu nieskorelowane tak, że końcowy stan przyrządu M można określić przez odczytanie wskazań aparatury pomiarowej. Korelacje, które ustaliły się podczas pomiaru (oddziaływania O i M) powinny pozwolić w M na wnioskowanie o wielkościach mierzonych w układzie obserwowanym O .

Von Neumann podjął idee szkoły kopenhaskiej o dwóch rodzajach zmian stanów układów kwantowo–mechanicznych. Pierwsza jest zmianą ciągłą, odwracalną, zgodną z równaniem ruchu. Druga możliwa zmiana jest nieciągłą, nagłą i nieodwracalną, a wywołuje ją akt pomiarowy. W niej znajduje swój wyraz uwzględnienie wpływu aparatury na układ obserwowany. W [1] udało się uzgodnić oba opisy. Von Neumann udowodnił, że istnieje opis ewolucji

w czasie złożonego układu O i M taki, że redukcja jego dynamiki do układu O daje drugą zmianę w O opisującą sam akt pomiaru z żądanymi przez teorię prawdopodobieństwami. W ten sposób szczęśliwie zamykamy opis etapu (b) procedury pomiarowej. Trudności zaczynają się, gdy przechodzimy do punktu (c) — aktu obserwacji układu pomiarowego M i wnioskowań stąd o układzie O. Okazuje się, że w wyniku ograniczenia się tylko do układu M uzyskamy stan układu zgodnie z którym wskazówka przyrządu pomiarowego powinna znajdować się z różnymi prawdopodobieństwami w różnych punktach skali. Teoria nie określa więc definitywnie wyniku pomiaru. Można dołączyć nowy układ pomiarowy i powtórzyć cały proces. Teoria jest konsekwentna, bo gdyby znać wyniki pomiarów na przyłączonej aparaturze, to określilibyśmy po kolei wszystkie interesujące nas wartości. Niestety w przyłączonej aparaturze sytuacja jest taka jak w pierwszej. Proces pomiaru nie da się ukończyć w żadnym skończonym ciągu pomiarów. W dowodzie von Neumanna początkowy stan O i M ewoluuje w trakcie pomiaru w stadium (b) tak, że opisuje go pewna kombinacja liniowa wektorów w przestrzeni stanów. Aby zaś był możliwy definitywny odczyt na aparaturze M w stadium (c) z kombinacji tej powinien pozostawać jeden składnik. Znowu pojawia się, problem redukcji stanu układu kwantowego. Często formułuje się go jako dodatkowy postulat mechaniki kwantowej. Postulat ten jest odrzucany przez niektórych interpretatorów mechaniki kwantowej (Margenau, Feyerabend), a broniący przez innych (Einstein), jako element opisujący powtarzalność eksperymentu. Von Neumann był jego zwolennikiem i sformułował go w swojej książce [1], jednakże zachował dyskrekcję co do sposobu, na jaki ta redukcja miałyby się dokonywać. W rozdziale o mechanice kwantowej zauważa, że część eksperymentu dokonuje się w świadomości eksperymentatora. Jego zdaniem istnieje nieprzekraczalna bariera między świadomością a jej materialnym, biologicznym nośnikiem. Tylko ten ostatni poddaje się fizykalnej analizie. Piszze: „...pomiar albo związany z nim proces subiektywnego postrzegania jest w stosunku do zewnętrznego fizycznego świata nowy i w istocie swej nie daje się ku niemu sprowadzić.” [1]. Kilka lat później Bauer i London wyraźnie stwierdzają, że redukcji stanu układu kwantowego dokonuje ludzka świadomość [2]. W latach sześćdziesiątych i na początku lat siedemdziesiątych interpretacje taką intensywnie propaguje E. P. Wigner, np. [3], nazywając ją ortodoksyjną interpretacją mechaniki kwantowej.

Założenie o redukcji stanu układu przez świadomość nie jest testowalne na gruncie fizyki i jej metody poznawczej. Nie jest ono w ramach fizyki rozstrzygalne. Większość protestów przeciw temu założeniu jest także nie-

fizycznej natury. Przyjęcie tego postulatu staje się tezą filozoficzną o dość szokujących implikacjach prowadzących ku swoistej wersji solipsyzmu.

3. Interpretacja wielu światów

Bardzo oryginalną reinterpretację pomiaru kwantowego w sensie von Neumanna zaproponował w 1957 roku H. Everett [4]. Zdaniem Everetta jest sens mówić o stanie całego „świata” — tzn. traktować wszystkie obiekty obserwowane i aparaty pomiarowe jako całość. Również obserwator staje się częścią tego „świata”: Tym samym nie pojawia się problem obserwatora zewnętrznego. Everett przyjmuje cały matematyczny formalizm mechaniki kwantowej bez postulatu o redukcji stanu. Deterministyczny opis rozwoju w czasie całego układu odbywa się zgodnie z równaniem Schrödingera. Nie istnieje probabilistyczna interpretacja mechaniki kwantowej. Zdaniem zwolenników tej interpretacji, pojęcie prawdopodobieństwa domaga się istnienia zewnętrznego obserwatora, który posługuje się klasycznymi pojęciami. Interpretacja probabilistyczna pojawia się na późniejszym etapie teorii, gdy ograniczamy się do któregoś z podukładów całości. Dalej, za pomocą tzw. stanu względnego wprowadza się opis podukładów. Chociaż nie istnieje żaden obserwator zewnętrzny w stosunku do całego układu, wprowadzono pojęcie obserwatora wewnątrz układu. Obserwator ten, jak w teorii von Neumanna, „obserwuje” inny układ poprzez swoje oddziaływanie z nim. Opisane ono jest przez unitarną ewolucję bez żadnych aktów redukcji. Everett identyfikuje obecne własności obserwatora z jego przeszłym doświadczeniem — pamięcią.

Powróćmy w ramach tej koncepcji do opisu stanu po pomiarze. Interpretacja 2. przyjmuje, że z nieskończonej sumy stanów opisującej układ po pomiarze pozostaje jeden składnik. Everett odrzuca to założenie o redukcji i zastępuje go innym, lecz o podobnym statusie metodologicznym — niemożliwym do rozstrzygnięcia w ramach metody matematyczno–przyrodniczej. Twierdzi on, że wektor stanu po pomiarze nie ulega redukcji a wszystkie jego składowe realizują się. W chwili pomiaru świat rozszczepia się na nieskończenie wiele równoległe istniejących rzeczywistości opisywanych przez kolejne składniki sumy stanów. Dzięki wprowadzeniu „pamięci” stanu obserwator nie jest świadomy istnienia innych światów, bo pamięta tylko swój, a samo rozszczepienie nie jest dla niego obserwowalne. Świat jako całość jest w pełni deterministyczny, bo podlega deterministycznej dynamice, lecz mieszkańcy jednej z konkretnych składowych znają jedynie fragment funkcji

falowej opisującej cały świat. Zatem to, co realizuje się w ich świecie mogą oni określić tylko z pewnym prawdopodobieństwem.

Widać, że podobnie jak interpretacja von Neumanna, tak i ta wprowadza elementy spoza wzorca matematyczno-eksperymentalnego mechaniki kwantowej i uzyskuje wizję rzeczywistości, która przekracza ramy samej fizyki. Zaczyna odnosić się do całej rzeczywistości stając się określoną ontologią.

Warto na marginesie zauważyć, że interpretacja Everetta posiada szereg elementów wymaganych przez metodologie. Jest w niej element, który szczególnie podnoszą jej wyznawcy, mianowicie prostota. Dalej, pozostaje ona w pełnej zgodności z matematyką fizyki kwantowej. Jest logicznie zwarta i nie wykazuje sprzeczności z żadnym z eksperymentalnych wyników. Uzasadnia swe postulaty wewnątrz swego formalizmu — np. fakt nieświadomości innych światów łączy z określonym wektorem, z „pamięcią” tylko własnej przeszłości.

Morał

Przytoczone wyżej próby zinterpretowania i opisu pomiaru w mechanice kwantowej pokazują z pewnością jeden z jej najsłabszych punktów. Nie istnieje powszechnie akceptowana teoria pomiaru kwantowego. Mamy tutaj do czynienia z konfliktem interpretacji. Ujawnia się niekompletność teorii, jej niezdolność do zrozumienia samej siebie, swoich podstaw. Dzięki charakterystycznemu „niedomknieciu” procesu poznawczego można zawsze oczekiwać, że w przyszłości ujawnią się nowe fakty, które pozwolą skonstruować nową lub uzupełnić dotychczasową teorię. Samo takie oczekiwanie jest jednak jałowe i ma tendencje do przeradzania się w czcze fantazjowanie. Trzeba raczej szukać korzeni powstałego sporu interpretacji, czegoś, co jest wspólne. Tworzenie nowych interpretacji lub opowiadanie się za którąś z już istniejących w sytuacji takiego konfliktu niczego nie zmienia.

Historia interpretacji pomiaru w mechanice kwantowej jest bardzo poruszająca i otwiera nam widoki ku zapoznanym horyzontom. Jest to lekcja o tym, że wyabstrahowanie i używanie jedynej tylko zasady poznawczej, np. tej ustalonej w nowożytnym przyrodoznawstwie, może być daleko idącym uproszczeniem, gdyż w jej polu poszukiwań mogą pojawić się obszary, gdzie takiego wzorca badawczego nie da się sztywno utrzymać.

Przyglądając się trzem opisanym interpretacjom łatwo wykryć, że każda z nich wprowadza określoną opcję filozoficzną. Podstawowe problemy filozoficzne natury epistemologicznej, ontologicznej, zaniedbywalne dzięki sprzyjającej sytuacji metodologicznej fizyki klasycznej i stojące na zewnątrz me-

tod badawczych i rozumowań fizyków, powracają teraz we wnętrzu fizyki kwantowej w teorii pomiaru kwantowego.

Najmniej widoczne są one w interpretacji kopenhaskiej. Swe filozoficzne wybory kryje ona dość głęboko. To, co „naprawdę” dzieje się w układzie obserwator — układ kwantowy jest dla niej nieistotne. Układ jest specyficznie przygotowywany i w określony sposób badany. Ma w sobie coś z czarnej skrzynki. Formalizm matematyczny jest także traktowany jako instrument, za pomocą którego można wyliczyć to, co jest interesujące dla badacza. Sam w sobie nie jest ciekawy, nie odbija fizycznej rzeczywistości. Bohr nigdy nie przejawiał zainteresowania dla matematyki mechaniki kwantowej, prób jej aksjomatyzacji itp. Podejście to jest bardzo pragmatyczne, a w wyborze środków, którymi się posługuje, zbliża się do koncepcji neopozytywistycznej. Używa eksperymentu i algorytmów matematycznych. Taka wizja nauki jest już jakąś jej filozofią. Odrzucenie pytania o to, jak jest, posądzenie go o metafizykę w pejoratywnym znaczeniu tego słowa, samo jest pewną metafizyką. Poważnym zarzutem, jaki można postawić interpretacji kopenhaskiej jest nieuwzględnianie elementu twórczości w nauce. Uprawianie nauki, którą rządzi algorytm i precyzyjnie pomyślana idea eksperymentu — czarnej skrzynki — odrzuca inspiracje pytaniem „jak się rzeczy mają?”, zapoznaje charakter badań naukowych. Właśnie to pytanie pobudza wyobraźnię, jest motorem odkryć naukowych. Takie stanowisko, jak było widać, eliminuje problem pomiaru, bo nie przyjmuje istnienia mikroświata jako czegoś niezależnego od eksperymentu. Petersen przypisuje Bohrowi sławną wypowiedź, że „Nie istnieje żaden kwantowy świat”.

W teorii von Neumanna stwierdzenie, że redukcja pakietu falowego dokonuje się w świadomości badacza, wprowadza bez wątpienia określoną tezę filozoficzną natury epistemologicznej wypracowaną następnie przez Bauera i Londona. Prowadzi ona ku subiektywizmowi, uznaniu wpływu ludzkiej świadomości na świat zewnętrzny. Wszystkie spekulacje wyrastające z pomysłu von Neumanna wydają się nieistotne w porównaniu z samym bez mała historycznym faktem, który ma tu miejsce: mianowicie połączeniem układu obiekt obserwowany–przyrząd z obserwatorem. Klasyczny wzorec fizyki działał tak, że obserwator stał w cieniu. Dzięki powtarzalności wyników pomiaru, określonej ich weryfikowalności i przewidywalności przez teorie fizyczne nowych faktów, fizyka uzyskiwała w swojej procedurze poznawczej swoistą obiektywność i niezależność od umysłu obserwatora. Istniał on, lecz był w niej głęboko ukryty. W związku z tym wszystkie wielkie spory epistemologiczne znalazły się poza fizyką, była ona jakby ponad nimi. To,

co od tysięcy lat trapiło filozofów, pytanie jak człowiek poznaje świat, jaki jest stosunek umysłu, świadomości do rzeczy, dla fizyków, dzięki specyficznej metodzie poznawczej, praktycznie nie istniało. Dopiero w propozycji von Neumanna trzeba było uprzytomnić sobie nieredukowalność istnienia obserwatora obdarzonego świadomością w samym akcie pomiaru. Von Neumann inspirowany przez L. Szilarda nie potrafił oderwać eksperymentu od eksperymentatora, a dalej Bauer i London uczynili obserwatora autorem części pomiaru, tej, której nie opisuje formalizm mechaniki kwantowej. Świadomość redukująca pakiet falowy to odnalezienie w zupełnie nowym języku mechaniki kwantowej starożytego a ciągle żywego w ludzkim myśleniu pytania o poznawczy akt człowieka. Pytanie to zostaje podjęte przez udzielenie nań konkretnej odpowiedzi. Czy jest ona słuszna? — trudno przesądzić i ocenić. Ważne wydaje się to, że fizyk po raz pierwszy w sposób bardzo drastyczny musi uświadomić sobie, że jego metoda poznawania świata jest poznawczym wysiłkiem człowieka i nie umknie on problemom, które stawia przed nim teoria poznania. Dzielić trzeba wszelkie jej niepowodzenia i wątpliwości.

O ile interpretacja pomiarów kwantowych w sensie von Neumanna zwraca się ku problemom teoriopoznawczym, o tyle interpretacja Everetta kieruje uwagę ku ontologii, ku teorii bytu świata jako całości. Przyjęcie realności wszystkich możliwości pojawiających się w momencie pomiaru wprowadza określoną strukturę całości bytu. Uznane zostaje realne istnienie nieskończonej liczby światów. Filozoficzne implikacje tej interpretacji uwidaczniają się w argumentach jej adwersarzy. O ile Pearl pisał o „nieekonomiczności” tej teorii (cyt. za [5]), to już w książce H. Primasa [6] jednym z argumentów przeciwko interpretacji wielu światów staje się brzytwa Ockhama orzekająca, że nie należy mnożyć bytów bez potrzeby. Teoria wielu światów przez swój szaleńczy rozmach wyraziście pokazuje, jak z reguły interpretacyjnych mechaniki kwantowej wywiedziona zostaje określona metafizyka. W interpretacji Everetta najjaskrawiej zostaje obnażony fakt, że w nauce oprócz określonej metody badawczej funkcjonuje jeszcze szerszy wzorzec myślowy — paradygmat o strukturze całej rzeczywistości.

Czy opisana sytuacja zmienia cokolwiek we wnętrzu samej fizyki? Może nakazuje zmianę metody, studium filozofii, podkopuje wypracowany przez trzy wieki paradygmat metody przyrodniczej? Wydaje się, że nic podobnego nie ma miejsca. Nie sugeruje tego również zachowanie się fizyków. Jedynie ich nieznaczna część zajmuje się problemami podstaw mechaniki kwantowej. Większość eksploatuje istniejący program badawczy. Pozostaje wierna metodzie, której wiodącą składową jest z grubsza biorąc poszukiwa-

nie zgodności wyników myślenia wyrażanych za pomoce matematyki z powtarzalnym eksperymentem. Urzeka ich tam element wzajemnego przepowiadania, czy pokrywania się tych dwóch sposobów postępowania. Tymczasem w pytaniach o interpretację zostaje on jeśli nie, zawieszony, to na pewno bardzo ograniczony. Żadna z prezentowanych interpretacji nie zawiera stwierdzeń o charakterze predyktywnym, które dałyby się testować wewnątrz metody przyrodniczej. Są one również ściśle dopasowane do formalizmu matematycznego mechaniki kwantowej i nie potrafią odkryć jego nowych, nieznanych dotąd właściwości. Interpretacje pomiaru kwantowego sytuują się w dużej odległości od typowego sposobu postępowania w fizyce, jakby przestawał się on do nich odnosić.

Problem interpretacji pomiaru w mechanice kwantowej odsłania pewne ogólne prawidłowości pytań o podstawy. Wskazuje na niemożność pełnego samorozumienia i samoustanowienia się konkretnej dziedziny wiedzy. Z tą sytuacją zetknęła się i matematyka w wynikach Gödla. Poznana najwcześniej w filozofii wiedza o tym, że cofanie się ku podstawom, ku pytaniom pierwszym dla danej dyscypliny osłabia typ myślenia jej właściwy, jest teraz dzielona przez matematykę i fizykę. Gdzieś umyka złożoność rzeczywistości, która wywołała powstanie określonej metody badawczej, łamią się wypracowane sposoby poznawcze. Fizyce odbiera się cechę swoistej przewidywalności, tym samym słabnie napędzający ją mechanizm. Metaforyzując: sytuacja przypomina historie barona Münchhausena, który wyciągał się sam za włosy z bagna. Powstaje konieczność zwrócenia się ku innym sposobom poznawania świata, przekroczenia wzorców badawczych właściwych tylko jednej dyscyplinie.

To przekroczenie ma i swe niebezpieczeństwa, np. w diskutowanym problemie rozwiązania filozoficzne proponowane przez fizyków dla wyjaśnienia pomiaru kwantowego z pewnością rażą swą topornością filozofów. Pytanie o podstawy jest mimo wszystko jednym z miejsc, gdzie istotnie poszerza się obszar poszukiwania Prawdy. W teorii pomiaru kwantowego stajemy w miejscu, gdzie fizyka sama z siebie poszerza swój horyzont poznawczy. Borykając się z własnymi problemami zwraca się ku filozofii. Co ciekawe, stawia te „wielkie pytania” o poznanie, o ontologię. Zaściankowość tak bardzo zagrażająca współczesnej nauce zostaje tu przełamana. Zagadnienie podstaw jest też elementem antyideologicznym w filozofii nauki. Przyczynia się do rozbicia złudzeń o ostatecznej, pewnej i zupełnej eksplikacji całej rzeczywistości przez naukę, przez jeden tylko model poznawczy.

Bibliografia

- [1] J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* (tłum. ros. Nauka 1964).
- [2] F. London, Bauer E. *La théorie de l'observation en mécanique quantique*, Herman, Paris 1939.
- [3] E. P. Wigner, „Amer. J. Phys.” 31 (1963) 6.
- [4] H. Everett, „Rev. Mod. Phys.” 29 (1957) 454.
- [5] M. Jammer, *The philosophy of quantum mechanics*, Wiley, New York 1974
- [6] H. Primas, *Chemistry, quantum mechanics and reductionism*, Springer-Verlag 1981.