

Stanisław Butryn

## Dialogowa koncepcja genezy mechaniki kwantowej

Mechanika kwantowa, uważana dziś niemal powszechnie za najważniejszą, najbardziej ścisłą i owocną teorię fizyki współczesnej, jest zarazem teorią, która budzi największe spory naukowe spośród wszystkich teorii fizycznych. Czołową pozycję w systemie teorii fizycznych oraz wysoką ocenę swojej wartości poznawczej mechanika kwantowa zawdzięcza dokonaniom za jej pomocą fundamentalnym odkryciom mającym dalekosiężne konsekwencje teoretyczne empiryczne, a nawet czysto praktyczne (do najnowszych i najbardziej spektakularnych tego rodzaju konsekwencji należy możliwość zbudowania komputera kwantowego). Pozycję tę umacnia fakt, że teorię tę potwierdzają wyniki wszystkich przeprowadzonych dotychczas doświadczeń. Z drugiej jednak strony, związek konstrukcji teoretycznych mechaniki kwantowej z rzeczywistymi cechami świata obiektów atomowych, który jest przedmiotem jej badań, jest niezwykle skomplikowany, trudny, a niekiedy wręcz niemożliwy do zrozumienia, pełen kłopotów interpretacyjnych i niejasności.

Z cieszącą się współcześnie największym uznaniem formą mechaniki kwantowej, stworzoną przez przedstawicieli szkoły kopenhaskiej, związane są postulaty rezygnacji z jednoznacznego, czasoprzestrzennego oraz przyczynowego opisu zjawisk i zastąpienia go opisem statystycznym i akauzalnym, akceptacji dualizmu falowo-korpuskularnego, zasady nieoznaczoności i zasady komplementarności. Ta forma mechaniki kwantowej prowadzi też do różnorodnych paradoksów. Jednym z najważniejszych jest nielokalność procesów kwantowych, polegająca na tym, że proces kwantowy zachodzący w jakimś obszarze przestrzeni wpływa na przebieg innego procesu kwantowego zachodzącego w dowolnie dużej odległości. Wpływ ten nie polega na oddziaływaniu fizycznym, które może rozchodzić się ze skończoną prędkością, nie przekraczającą prędkości światła, lecz ma charakter natychmiastowej momentalnej, pozaprzyczynowej korelacji procesów kwantowych.

Wszystko to powoduje, że teoria ta jest źródłem nieustannych ożywionych sporów. W płaszczyźnie fizycznej toczą się one w wielu kwestiach. Szczególnie

kontrowersje budzi sprawa zasadności różnych interpretacji wyników doświadczeń, które pozwalają bądź to usunąć paradoks dualizmu, bądź też nakazują uznanie go za wyraz formy manifestacji badanych obiektów kwantowych. Kwestią wielce sporną jest również problem oddziaływania tych obiektów z aparaturą badawczą oraz konsekwencje nierówności Bella.

W płaszczyźnie filozoficznej trwa nieustanny spór o naturę mechaniki kwantowej, w którym ścierają się dwa przeciwstawne stanowiska istniejące od chwili powstania tej teorii. Jedno, reprezentowane przez przedstawicieli i zwolenników szkoły kopenhaskiej — N. Bohra, W. Heisenberga, W. Pauliego, M. Borna, traktuje mechanikę kantową jako teorię zupełną, dającą pełny opis zjawisk zachodzących w świecie atomów i cząstek elementarnych. Konsekwencją takiego ujęcia jest przekonanie, że cechy, które ta teoria przypisuje światu zjawisk kwantowych oraz formułowane przez nią prawa, tak bardzo różniące się od cech makroświata i praw fizyki klasycznej, są wyrazem specyfiki świata kwantów, jego zasadniczej odmienności od makroświata.

Drugie stanowisko, związane przede wszystkim z nazwiskami A. Einsteina, E. Schrödingera, L. de Broglie'a, D. Bohma, J. Vigiera — uważa mechanikę kwantową za teorię niezupełną, nie opisującą rzeczywistego stanu pojedynczych mikroobektów (np. takich jak elektron) czy pojedynczych układów takich obiektów (np. takich jak atom), lecz pozwalającą jedynie tworzyć statystyczne opisy zespołów układów atomowych. Einstein podkreślał, że ta cecha mechaniki kwantowej nie pozwala uznać jej za podstawową teorię fizyczną, lecz jedynie za rozwiązanie tymczasowe, które w przyszłej zupełnej teorii świata zjawisk kwantowych będzie zajmowało mniej więcej taką pozycję, jaką zajmuje mechanika statystyczna w ramach mechaniki klasycznej.

Ale kwestią sporną jest nie tylko treść i charakter mechaniki kwantowej. Przedmiotem dyskusji jest także geneza tej teorii i znaczenie różnorodnych uwarunkowań, które spowodowały, że przybrała ona taką a nie inną formę. Jednym z najnowszych, najbardziej interesujących i cennych poznawczo głosów w tej dyskusji jest stanowisko Mary Beller, uzyskane w wyniku zastosowania do prac, które przyczyniły się do powstania mechaniki kwantowej, specyficznej, zaproponowanej przez autorkę koncepcji analizy tekstów naukowych, którą określa ona mianem ujęcia czy podejścia dialogowego (*dialogical approach*) lub dialogizmu (*dialogism*). Mówi też o dialogowej analizie (*dialogical analysis*). Mara Beller przedstawiła tę koncepcję w obszernej monografii pt. *Quantum Dialogue. The Making of a Revolution*<sup>1</sup>. Zadaniem niniejszego artykułu jest krótka prezentacja założeń i funkcjonowania tej koncepcji oraz zgłoszenie pewnej propozycji jej uściślenia.

---

<sup>1</sup> M. Beller, *Quantum Dialogue. The Making of a Revolution* The University of Chicago Press, Chicago and London 1999.

Wyjściową przesłanką koncepcji Mary Beller jest znane stwierdzenie Heisenberga, że podstawą nauki, jej źródłem, są konwersacje. Akceptując tę tezę, autorka uzupełnia ją poglądem, że nauka wywodzi się również z wątplenia, nieokreśloności i niezgodności. Jednakże priorytetowym źródłem nauki jest dialog. Wszak samo pojęcie myśli naukowej zakłada istnienie rozmówcy, do którego ta myśl jest adresowana, lub który spowodował, że została ona wypowiedziana. Ta „adresowość” (*addressivity*) jest złożona i wielokanałowa. Uczniowie odpowiadają wielu kolegom i jednocześnie adresują swoje odpowiedzi do innych potencjalnych i aktualnych rozmówców. Ta wielokierunkowa, stale zmieniająca się sieć dialogowa jest źródłem conceptualnych napięć i niejasności, które pobudzają twórcze wysiłki naukowe. Takie dialogowe ujęcie procesu powstawania poznania naukowego autorka nazywa dialogizmem. Dialogizm jest epistemologią procesu, nie zaś strukturalną teorią rozwoju poznania. Pojęcie adresowości nie jest pojęciem statycznym. Jest ono zarazem kierunkowe i temporalne. Wprowadza w sposób fundamentalny lokalność, kontekstowość i historyczność praktyki naukowej.

Dialogizm jako epistemologia nauki jest ufundowany na pojęciu kogoś „drugiego” czy „innego”, a czynnik społeczny traktuje jako taki proces lub koncepcję, które z samej swej natury zakładają istnienie „drugiego”. Nie neguje socjologicznego aspektu nauki, nie jest też jedynie uzupełnieniem podstawowego substratu poznawczego o „czynniki społeczne”. Obca jest mu także redukcja czynnika poznawczego do społecznego. W ujęciu dialogowym obydwa te czynniki są zespolone w pojęciu myśli zaadresowanej i w pojęciu komunikacyjnego aktu twórczego.

W ujęciu tym istnienie „drugiego” ustanawia prymat pojęcia niezgodności czy niezgody. Dialogizm nie neguje ani istnienia w nauce zgody, ani też jej wartości dla rozwoju poznania. Wskazuje tylko, że zdolność wyjaśniająca pojęcia zgody jest ograniczona. Prawdziwymi warunkami wstępnymi myślenia naukowego są niewymuszony obowiązek intelektualny i prawo do swobodnej odpowiedzi. W takiej odpowiedzi konieczny udział ma niezgodność. Pełna zgoda zatrzymuje dialog i uniemożliwia odpowiedź.

Dialogowa analiza pracy naukowej różni się od zwykłej analizy pojęciowej. Ujęcie dialogowe pozostaje w opozycji do statycznych struktur i utrwalonych, sztywnych znaczeń. Jego nieodłączną cechą jest kontekstowość i historyzm. Tego rodzaju analiza, zdaniem Mary Beller, może zmienić nasze rozumienie tekstu naukowego. Pozwala odkryć różnorodność treści, złożoność argumentacji, nierozwiązane napięcia. Gdy uprzytomnimy sobie, że tekst jest zaludniony niewidzialnymi rozmówcami, ujrzymy w nowym świetle i zrozumiemy jego główne wyniki. Tak więc uświadomienie sobie dialogowego charakteru pracy naukowej może zmodyfikować nasze rozumienie jej treści.

Tego rodzaju analizę Mara Beller zastosowała do zbadania dialogów, których wynikiem było powstanie mechaniki kwantowej. Zarówno sama koncepcja

tej analizy, czyli ujęcie dialogowe, jak i uzyskane za jej pomocą wyniki, spotkały się z bardzo wysoką oceną znanych filozofów i fizyków zajmujących się zagadnieniami mechaniki kwantowej. A. Fine podkreśla, że autorka rozwiązała długotrwałe mity o teorii kwantów i jej filozofii. Zalicza on Marę Beller do tych nielicznych myślicieli, którzy tworzą prawdziwie nowe drogi w nauce, a ujęcie dialogowe uważa za znakomitą trzecią drogę pomiędzy poglądami tych, którzy chcieliby pojmować naukę przede wszystkim w kategoriach poznawczych, a stanowiskiem tych, którzy zamiast tego pragnęliby kłaść nacisk na społeczne determinanty przekonań naukowych. S. Schweber stwierdza, że Mara Beller dzięki swojemu dialogowemu ujęciu wniosła śmiały, nowatorski i dalekosiężny wkład do historii i filozofii nauki. Przedstawiła wnikliwe wyjaśnienie genezy i motywacji konceptualnych podstaw nierelatywistycznej mechaniki kwantowej, tak jak kształtowały się one w latach 1925–1928. Dokonując historycznej rekonstrukcji genezy mechaniki kwantowej, zakwestionowała zarówno spójność interpretacji kopenhaskiej, jak i wkład Bohra. J. Cushing zwraca uwagę na oryginalność wyników uzyskanych za pomocą ujęcia dialogowego, polegającą na tym, że pokazują one to, co jest rzeczywiście ważne w tekstach często wcześniej studiowanych zbyt powierzchownie przez innych. Podkreśla też, że ujęcie to pozwoliło autorce na bazie szczegółowej analizy tekstów stworzyć znakomitą i głęboką relację przedstawiającą rzeczywistą drogę, na której rewolucja kwantowa osiągnęła punkt kulminacyjny w kopenhaskiej hegemonii. Lektura książki Mary Beller wydaje się potwierdzać zasadność tych opinii.

Przyjrzyjmy się teraz konkretnemu przykładowi funkcjonowania podejścia dialogowego. Rozważając narodziny zasady komplementarności Bohra jako rezultat wielu różnorodnych dialogów, Mara Beller analizuje, między innymi, dialog Bohra z Einsteinem na temat istnienia kwantów światła. Jak wiadomo, dla Einsteina eksperymentalne potwierdzenie prawa Plancka opisującego rozkład energii w widmie ciała doskonale czarnego, stanowiło podstawę do wyprowadzenia wniosku o istnieniu kwantu energii. Planck traktował wprowadzenie idei kwantu tylko jako warunek wystarczający do sformułowania poprawnego, zgodnego z doświadczeniem prawa promieniowania, natomiast Einstein twierdził, że istnienie kwantów jest nieuchronną konsekwencją tego prawa, wymaga więc sformułowania nowego poglądu na naturę promieniowania — przyjęcia, że ma ono charakter „ziarnisty”, składa się z kwantów — samoistnych cząstek energii.

Nie znaczy to jednak, że Einstein uważał, iż światło ma wyłącznie charakter korpuskularny. Podkreślał, że istnieją bardzo poważne fakty, które można wyjaśnić za pomocą korpuskularnej teorii światła, jak i równie poważne fakty wyjaśnione przez teorię falową. Sytuacja taka skłaniała go do wniosku, że następny etap rozwoju fizyki teoretycznej przyniesie nam teorię światła, która w ja-

kimś sensie będzie zespoleniem teorii falowej z teorią korpuskularną. Poglądy takie Einstein sformułował w roku 1909<sup>2</sup>.

Bohr był przeciwnikiem poglądu o istnieniu kwantów światła. Początkowo wcale nie interesował się stanowiskiem Einsteina. Dopiero w roku 1920 w wykładzie wygłoszonym na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego w Berlinie<sup>3</sup> ustosunkował się do tego stanowiska. Nie rozważał go jednak szerzej. Powiedział tylko, że nie będzie się zatrzymywał na dobrze znanych trudnościach, do których prowadzi tak zwana hipoteza kwantów światła w sferze zjawisk interferencji, a które w taki prosty sposób wyjaśnia klasyczna teoria promieniowania. Dwa lata później, 11 grudnia 1920 roku, w przemówieniu z okazji otrzymania Nagrody Nobla, Bohr już wprost oświadczył, że hipoteza kwantów światła nie jest w stanie wnieść czegokolwiek do wyjaśnienia natury promieniowania<sup>4</sup>.

Podstawą rozważań Einsteina, które doprowadziły go do hipotezy kwantów światła, było klasyczne sformułowanie praw zachowania energii i pędu. Tymczasem, zdaniem Bohra, pełny kwantowy opis zjawisk optycznych jest nie do pogodzenia z takim sformułowaniem. Może to świadczyć o tym, że obszar stosowalności tych praw jest ograniczony, nie mają więc one charakteru praw uniwersalnych. W roku 1924, w artykule napisanym wspólnie z H. Kramerssem i J. Slaterem<sup>5</sup>, Bohr potraktował to ostatecznie przypuszczenie oraz rezygnację z zasady przyczynowości jako podstawę do stworzenia jednolitej teorii zjawisk optycznych. W artykule tym autorzy piszą wprost, że rezygnują z jakiegokolwiek próby ustalenia związku przyczynowego w procesach elementarnych, a przede wszystkim z bezpośredniego zastosowania praw zachowania energii i pędu, charakterystycznych dla teorii klasycznych. Zdecydowali się oni nawet na tak drastyczny krok, byle tylko uniknąć konieczności akceptacji poglądu o istnieniu kwantów światła.

Stanowisko to wywołało duże poruszenie w środowisku fizyków, jednak początkowo nie mogło być ono ani zaakceptowane, ani odrzucone, gdyż nie znano sposobu jego empirycznej weryfikacji. Na szczęście bardzo szybko okazało się, że można przeprowadzić taką weryfikację wykorzystując zjawisko Comptona. Odpowiednie doświadczenie przeprowadzili W. Bothe i H. Geiger niespełna miesiąc po ukazaniu się artykułu Bohra, Kramersa i Slatera<sup>6</sup>. Wyniki

---

<sup>2</sup> A. Einstein, *Über die Entwicklung unserer Anschauungen über das Wesen und die Konstitution der Strahlung*, „Physikalische Zeitschrift” Jg 10, 1909, nr 22, s. 817.

<sup>3</sup> N. Bohr, *Über die Serienspektren der Elemente*, „Zeitschrift für Physik” 1920, nr 2, s. 423–469.

<sup>4</sup> N. Bohr, *Über den Bau der Atome*, Verlag Julius Springer, Berlin 1924.

<sup>5</sup> N. Bohr, H. Kramers, J. Slater, *Über die Quantentheorie der Strahlung*, „Zeitschrift für Physik” 1924, nr 24, s. 69–87.

<sup>6</sup> W. Bothe, H. Geiger, *Ein Weg zur experimentellen Nachprüfung der Theorie von Bohr, Kramers und Slater*, „Zeitschrift für Physik” 1924, nr 24, s. 69–87.

tego doświadczenia przemawiały w sposób jednoznaczny przeciwko teorii przedstawionej w tym artykule. Okazało się, że w procesach elementarnych prawa zachowania są spełnione w sposób ścisły.

Mara Beller rozpoczyna analizę dialogu Bohra z Einsteinem właśnie od tej kwestii. Wskazuje, że według spotykanych zwykle opinii, Bohr po zapoznaniu się z wynikami doświadczenia Bothego i Geigera uznał, że obalają one teorię, którą sformułował wspólnie z Kramerssem i Slaterem oraz zaakceptował istnienie kwantów światła. Tymczasem, zdaniem autorki, Bohr wcale nie przyjął takiego poglądu, lecz próbował ratować tę teorię za pomocą stworzonej przez de Broglie'a i Schrödingera idei paczki falowej. Doświadczenie Bothego i Geigera umocniło jeszcze bardziej przekonanie Bohra, że typowe czasoprzestrzenne koncepcje cząstek materialnych są nieadekwatne i konieczna jest ich głęboka rewizja. Wielce pomocna do rozwiązania tej kwestii wydawała mu się dokonana przez de Broglie'a modyfikacja idei cząstek materialnych.

Autorka sugeruje, że Bohr odrzucał pogląd o istnieniu kwantów światła w swoim wykładzie wygłoszonym na Międzynarodowym Kongresie Fizycznym w Como. Chociaż w wykładzie tym Bohr nie powiedział tego wprost, to jednak — zdaniem autorki — taka intencja jest w jego wywodach zawarta. Mara Beller przytacza też wypowiedź Kramersa na tym kongresie. Kramers, omawiając zagadnienie sprzeczności między prawem zachowania energii i pędu a falową teorią światła stwierdził, że trudność, polegająca na tym, jakoby wyniki doświadczenia Bothego i Geigera były niezgodne z falową teorią światła, znika definitywnie, jeśli weźmie się pod uwagę stworzoną przez de Broglie'a falową teorię materii. O odrzucaniu przez Bohra poglądu o istnieniu kwantów światła świadczą, zdaniem autorki, jego słowa z listu do Einsteina, w którym Bohr pisał, że dzięki falowej teorii materii możliwe staje się pogodzenie postulatu zachowania energii z falową teorią światła, dlatego że w opisie zaproponowanym przez tę teorię obydwie te aspekty nigdy nie występują równocześnie.

Wszystko to stanowi dla autorki podstawę do sformułowania wniosku, że w sporze z Einsteinem na temat istnienia kwantów światła „Bohr nigdy nie ustąpił; cała jego epistemologiczna budowla była skonstruowana w dialogowej reakcji na nieustanny sprzeciw Einsteina”<sup>7</sup>. Jest jednakże faktem, że Bohr ustosunkowując się do wyników doświadczenia Bothego i Geigera w obszernym *Posłowniu* do swojego artykułu na temat zachowania się atomów przy zderzeniach<sup>8</sup> przyznał, iż związek między elektronami odrzutu a emisją fotoelektronów w zjawisku Comptona, zgodnie z teorią światła Einsteina, narzuca nam korpuskularny obraz rozchodzenia się światła. Taki stan rzeczy powoduje, że powinniśmy być przygotowani na to, że pożądane uogólnienie elektrodynamiki

---

<sup>7</sup> M. Beller, *Quantum Dialogue*, dz. cyt., s. 135.

<sup>8</sup> N. Bohr, *Über die Wirkung von Atomen bei Stößen*, „Zeitschrift für Physik” 1925, nr 34, s. 142–157.

klasycznej będzie wymagało całkowitego zburzenia pojęć, na których do tej pory oparty był opis przyrody.

Jak widać, pojawia się tu wyraźna niezgodność między stanowiskiem Bohra a interpretacją autorki. Propozycję usunięcia tej niezgodności spróbuję przedstawić po zbadaniu poglądu Mary Beller na temat aspektów tworzenia teorii naukowych.

Mara Beller uważa, że nie wszystkie aspekty tworzenia teorii naukowych są równie dobrze ugruntowane. Niektóre są bardziej arbitralne niż inne. Na przykład wzór będący matematycznym sformułowaniem zasady nieoznaczoności Heisenberga i równanie falowe Schrödingera są konieczne, niezbędne dla każdego czynnego fizyka kwantowego, ale może on tworzyć nie posługując się interpretacją kopenhaską. A zatem interpretacja ta nie jest czymś koniecznym. Wielu twórczych fizyków sprzeciwia się jej, a wielu takich, którzy ją akceptują, nigdy nie posługuje się nią w swoich badaniach. Tak więc — powiada autorka — jest rzeczą racjonalną uważać takie niekonieczne elementy nauki za bardziej „subiektywne” i arbitralne niż te, które są konieczne.

W związku z tym poglądem natychmiast nasuwa się uwaga, której konsekwencje — jak zobaczymy — są ważne dla całokształtu dialogizmu Mary Beller. Otóż łatwo zauważyć, że wbrew sugestii autorki, interpretacja kopenhaska nie jest teorią naukową, nie jest więc elementem nauki (w tym konkretnym przypadku — fizyki, a ściślej mówiąc, teorii kwantów), nawet takim, który autorka nazywa „niekoniecznym”. Interpretacja ta jest koncepcją filozoficzną, określoną filozoficzną propozycją rozumienia natury mechaniki kwantowej. A zatem pogląd Mary Beller o większej „subiektywności” i arbitralności interpretacji kopenhaskiej nie odnosi się do wiedzy naukowej, lecz do jej filozoficznej interpretacji.

Precyzyjne odróżnienie treści naukowych od filozoficznych ma istotne znaczenie dla analizy dialogów naukowych. Dyskusje naukowe, zwłaszcza jeśli ich przedmiotem są zagadnienia o znacznym poziomie ogólności, przebiegają dwutorowo — składają się z dwóch wątków. Jeden stanowią treści faktów i teorii naukowych, drugi — ich filozoficzną interpretację. Pierwszy wątek ma charakter naukowy, drugi zaś — filozoficzny. Podobieństwo między nimi jest takie, że zarówno treści naukowe, jak i filozoficzne mogą być modyfikowane czy wręcz odrzucane pod wpływem racjonalnych argumentów, a przede wszystkim w wyniku niezgodności z faktami. Ale pomiędzy tymi wątkami istnieje istotna różnica polegająca na tym, że co się tyczy nauki, to każda jej teoria może zostać odrzucona — los taki może spotkać nawet te elementy wiedzy naukowej, które Mara Beller nazywa koniecznymi — natomiast w przypadku filozofii, wiele jej podstawowych, ogólnych tez to tezy absolutnie niemożliwe do obalenia. Takie są np. podstawowe założenia ontologii Einsteina — pogląd o istnieniu obiektywnej rzeczywistości i o jej deterministycznym charakterze.

Wspomniana wyżej różnica wskazuje na potrzebę odróżniania w dialogach naukowców treści ściśle naukowych i filozoficznych. Rozróżnienie takie owocuje lepszym zrozumieniem charakteru i przebiegu dialogu. Pozwala wyjaśnić, dlaczego w jednych kwestiach dialog został rozstrzygnięty, a w innych nie. Umożliwia też usunięcie niezgodności między stanowiskami uczestników dialogu a interpretacjami tych stanowisk.

Jak pamiętamy, tego rodzaju niezgodność wystąpiła w rozważaniach Mary Beller dotyczących sporu Bohra z Einsteinem o istnienie kwantów światła. Wyróżnienie w tym sporze treści naukowych i filozoficznych pozwala usunąć tę niezgodność. Otóż w płaszczyźnie naukowej spór ten toczył się początkowo z konieczności wyłącznie w sferze teorii, dlatego też możliwości jego rozstrzygnięcia były znikome. Sytuację tę radykalnie zmieniły wyniki doświadczenia Bothergo i Geigera. Pojawiły się dane empiryczne przemawiające przeciwko pogładowi Bohra. I wtedy — jak widzieliśmy — Bohr zrezygnował z tego poglądu. Nie próbował zaprzeczać faktom naukowym. Fakty te nie podważały jednak jego odmiennej od Einsteinowskiej epistemologicznej interpretacji mechaniki kwantowej. I dlatego też w płaszczyźnie filozoficznej Bohr rzeczywiście nigdy nie ustąpił. Usiłował wykorzystywać pojawiające się nowe teorie fizyczne do obrony swego dawnego stanowiska. W płaszczyźnie filozoficznej spór Bohra z Einsteinem był nierozstrzygalny i trwał do chwili śmierci Einsteina.

Na zakończenie chciałbym pokazać, jak wyróżnienie w dialogu warstwy naukowej i filozoficznej pozwala zrozumieć przebieg znanej dyskusji Einsteina z Heisenbergiem na temat torów elektronów w atomie<sup>9</sup>. Ich dialog kończy się porozumieniem w kwestii dotyczącej treści fizycznej mechaniki kwantowej, gdy Heisenberg wskazał na możliwość usunięcia wewnętrznych sprzeczności teorii, których przyczyną jest, jego zdaniem, brak związku schematu matematycznego mechaniki kwantowej z językiem potocznym. Nie udało się natomiast osiągnąć porozumienia w postawionej przez Einsteina kwestii „[...] co robi atom, gdy wysyłając światło przechodzi z jednego stanu stacjonarnego w drugi”<sup>10</sup>. Dlaczego tak się stało? Przecież na pierwszy rzut oka kwestia ta wydaje się mieć charakter pytania naukowego, czysto fizycznego. Okazuje się jednak, że pytanie to jest w istocie pytaniem filozoficznym, pochodną stanowiska w sprawie zasadniczego celu, jaki powinny realizować nauki przyrodnicze. Einstein uważał, że celem tym jest „wysledzić, co naprawdę robi przyroda”. A skoro tak, to teoria fizyczna opisująca atom emitujący światło powinna pokazywać, na czym polega związany z tą emisją proces przechodzenia atomu z jednego stanu stacjonarnego do innego. Powinna informować o tym, jakim przeobrażeniom ulega wówczas atom i jak one przebiegają. Czy może jest tak, jak to sobie

---

<sup>9</sup> W. Heisenberg, *Mechanika kwantowa i pewna rozmowa z Einsteinem*, w: W. Heisenberg, *Cześć i całość*, PIW, Warszawa 1987, s. 83–97.

<sup>10</sup> Tamże, s. 95.

próbował wyobrażać Einstein, „[...] że atom jakoś natychmiast spada z jednej stacjonarnej wartości energii na inną, przy czym promieniuje on różnicę energii jako pakiet energii, tak zwany kwant świetlny”<sup>11</sup>.

W odróżnieniu od Einsteina, Heisenberg — podobnie jak inni przedstawiciele szkoły kopenhaskiej — twierdził, że teoria przyrodnicza nie mówi o tym, co robi przyroda. Celem teorii jest dostarczanie wiedzy o tej sferze zjawisk, która jest przedmiotem teorii. Teoria naukowa jest po prostu wyrazem naszej wiedzy o przyrodzie. Teorią przyrodniczą, badającą problem emisji światła przez element przyrody zwany atomem, jest mechanika kwantowa. Na jej gruncie, przy użyciu pojęć, którymi aktualnie dysponuje fizyka, nie można mówić o przejściu atomu z jednego stanu stacjonarnego do innego. Przejście takie nie daje się opisać jako proces zachodzący w przestrzeni i czasie.

Dla Heisenberga owa niemożność nie jest wadą mechaniki kwantowej, nie świadczy o jej niezupełności, lecz wskazuje na to, że owo przejście, o którym mówi Einstein, nie jest zjawiskiem realnym. Podstawą takiego stanowiska Heisenberga było jego przekonanie, że mechanika kwantowa jest prawdziwym opisem tej sfery zjawisk przyrody, które są jej przedmiotem. A skoro tak — rozumował Heisenberg — to jeśli fizycy wysuwają hipotezy o istnieniu jakichś zjawisk z tej sfery, a mechanika kwantowa nie pozwala o nich mówić, to świadczy to o tym, że zjawiska te nie są realne.

W dyskusji z Einsteinem, Heisenberg próbował uzasadnić to swoje przekonanie wskazując na prostotę i piękno formalizmu matematycznego mechaniki kwantowej, do którego, jego zdaniem, niejako doprowadziła sama badana przez te teorię przyroda. A gdy „[...] przyroda — mówił Heisenberg — prowadzi nas do form matematycznych o wielkiej prostocie i wielkim pięknie — przez te formy rozumiem tu: zamknięte układy podstawowych założeń, aksjomatów i tym podobne — do form, których dotąd jeszcze nikt nie wymyślił, to nie można się wtedy powstrzymać od przekonania, że są one «prawdziwe», to znaczy, że przedstawiają prawdziwą cechę przyrody”<sup>12</sup>. Podkreślał też, że mechanika kwantowa stwarza wyjątkowo dobre warunki empirycznej weryfikacji swoich twierdzeń. Zawdzięcza to właśnie prostocie swojego schematu matematycznego, który pozwala wymyślić wiele eksperymentów, których wyniki mogą potwierdzić trafność jej przewidywań.

Ale argumenty te nie przekonały Einsteina, choć niewątpliwie estetyczne kryterium prawdy, którym posłużył się Heisenberg, musiało być Einsteinowi bardzo bliskie, bo on w swych charakterystykach przyrody posługiwał się również kategoriami estetycznymi. Twierdził na przykład, że wszechświat jest manifestacją najbardziej olśniewającego piękna. Jednakże w tym konkretnym przypadku konsekwencją akceptacji estetycznego argumentu Heisenberga musiałyby

---

<sup>11</sup> Tamże, s. 94.

<sup>12</sup> Tamże, s. 96.

być rezygnacja z bardzo ważnego dla Einsteina pytania filozoficznego „co naprawdę robi przyroda?” i uznanie go za bezprzedmiotowe. Konsekwencja ta była dla niego nie do przyjęcia, gdyż podważała jeden z podstawowych elementów jego koncepcji nauki — pogląd określający cel jej wysiłków poznawczych.

### **Dialogical conception of the genesis of quantum mechanics**

The article presents and discusses a philosophical aspect of a major chapter in the history of physics. The author anchors his analysis in the book written by Mara Beller: *Quantum Dialogue: The Making of a Revolution*. Beller has introduced the conception of a dialogical approach in her explanation of the making of the quantum mechanics. The author undertakes to redefine the concept more accurately by distinguishing the philosophical and the scientific aspect of the dialogue.