

DZIWNY ŚWIAT KWANTÓW

W dziejach nauki można wyróżnić dwie wyraźne granice, które miały decydujący wpływ nie tylko na jej rozwój, ale również na postawę mentalną i praktyczną całych kręgów cywilizacyjnych. Pierwszą granicą było powstanie nauki mechanistycznej na progu ery nowożytnej, a drugą zainicjowanie mechaniki kwantowej i fizyki relatywistycznej na początku XX wieku. O ile pierwsza z tych rewolucji miała charakter procesu, to druga przebiegała nagle i niespodziewanie obaliła rozumienie nauki i poznawanej rzeczywistości. W obydwu przypadkach zmienił się pewien paradygmat, mówiąc językiem T. Kuhna, naukowy i zastąpiony nowym. O ile jednak paradygmat mechanistyczny nauki był możliwy do przyjęcia, zrozumienia przez szersze grono odbiorców, to ten drugi, który odnosił się do świata w skali mikro i makro, jest znacznie mniej rozumiany.

PIERWSZA REWOLUCJA NAUKOWA – WIEKI NOWOŻYTNE

Niektórzy filozofowie nauki, a zwłaszcza przedstawiciele nauk przyrodniczo-matematycznych twierdzą, że nauka powstała dopiero wraz z erą nowożytną. To, co działo się w ramach poznania wcześniej, nie można nazywać ściśle nauką, ponieważ nie odnosiło się do świata zjawisk, a tylko taki może być objęty poznaniem naukowym. Tylko poznanie, które odnosi się do świata doświadczanego zmysłami, uchodzi za wartościowe, gdyż pozwala człowiekowi nabyć wiedzę odnoszącą się do rzeczywistości, którą można sobie podporządkować i wykorzystać w celach praktycznych. Tak wyobrażano sobie postęp, który miał polegać na coraz większej wiedzy o rzeczywistości, co prowadziło do coraz większej nad nią władzy. Nie istniała zatem, tak rozumiana, nauka w wiekach starożytnych i średniowiecznych, gdyż w większości naukowci przedstawiciele tych epok zajmowali się kwestiami urojonymi, a nie rzeczywistymi. Przedmiotem ich dociekań były istoty, formy, substancje i inne inteligibilne byty, o których nowa nauka nic nie potrafiła powiedzieć. Mentalność ta, która osiągnęła swoje apogeum w pozytywizmie i neopoztywizmie, jest spotykana także współcześnie. Czytając literaturę fachową, często spotkamy rozróżnienie filozofa, etyka, estetyka i naukowca. Sytuacja zaczyna być wręcz hu-

* Dr Jan Jacek Pączkowski, prezes Elbląskiej Izby Przemysłowo-Handlowej.

morystyczna, kiedy to miano naukowca przypisują sobie jedynie przedstawiciele jednej dyscypliny, mam na myśli głównie fizyków teoretycznych, innych nazywając zgodnie z ich profesją naukowcami biologami, antropologami, humanistami itp.

Nowa nauka, zapoczątkowana przez rewolucję Kopernikowską, stosując w swojej aparaturze badawczej przede wszystkim matematykę, oparła się na badaniach ilościowych. Obaliła Arystotelesowskie teorie mówiące o przestrzeni, czasie, ruchu i kosmologii². Zaczęła zgłębiać rzeczywistość poprzez jej liczenie, mierzenie i ważenie. Skupiła się na aspekcie ilościowym przedmiotu badania, w przeciwieństwie do podejścia jakościowego epok poprzednich. Trzeba przyznać, że nowa metoda badawcza okazała się bardzo płodna i skuteczna. To, że nasza cywilizacja osiągnęła tak wysoki poziom rozwoju technicznego w tak krótkim okresie czasu³, zawdzięczać należy przede wszystkim nowej metodzie naukowej i nowej mentalności powstałej na progu ery nowożytnej, która wywodzi swoją nazwę od tych właśnie ruchów umysłowych. Nie należy jednak zapominać, że to nauka starożytna i średniowieczna była kolebką nowożytnych idei, a zdecydowana większość z nas, może z wyjątkiem *par excellence* naukowców, nadal myśli i odczuwa w kategoriach Platona i Arystotelesa.

Epoka w nauce, która rozciąga się od wieków nowożytnych aż do końca XIX w., została nazwana erą mechanicyzmu. W czasach starożytnych i średniowiecznych mierzono upływ czasu, ale nie tak skrupulatnie, jak w erze nowożytnej. Zegar w niej stał się wręcz synonimem postępu i w jego mechanizmie, który uważano za doskonały, zaczęto dopatrywać się prawidłowości działania wszechświata. Filozofem, który legitymizował ten obraz był Kartezjusz. Według niego świat jest jedną wielką maszyną rządzoną przez prawa mechaniki. Autorytet Newtona, który stworzył mechanikę klasyczną, był tak wielki, że nikt z uczonych w tamtym czasie nie ważył się mówić o świecie inaczej, jak o mechanicznym urządzeniu. Tak narodził się trend myślowy, który nazywany jest mechanicyzmem lub filozofią mechanistyczną. Należy jednak jasno podkreślić, że mechanicyzm nie jest teorią naukową, tylko pewną interpretacją nauki, a więc doktryną filozoficzną. W tym rozumieniu należy odróżnić mechanikę klasyczną – teorię fizyczną stworzoną przez Newtona od mechanicyzmu, jako kierunku filozoficznego, który opiera się, co prawda na teorii Newtona, jednocześnie jednak poza nią wychodzi.

Główne twierdzenia mechanicyzmu to:

1. Świat jest jedną wielką maszyną, którą rządzą prawa mechaniki klasycznej odkrytej przez Newtona;
2. Prawa te są najbardziej podstawowymi prawami fizyki i całej nauki w ogóle;
3. Całą naukę należy zredukować do mechaniki.

² L. S m o l i n, *Kłopoty z fizyką. Powstanie i rozkwit teorii strun, upadek nauki i co dalej?*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2008, s. 27.

³ A.N. Whitehead wyraził się, że Europa w roku 1500 wiedziała mniej niż Archimedes, który umarł w roku 212 przed Chr., mimo to już w roku 1700 Newton ogłosił *Principia*. A.N. Whitehead, *Nauka i świat współczesny*, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 1988, s. 15.

Tak rozumiany mechanicyzm przybrał głównie formę ideologii materialistycznej, która obejmowała przyrodę, człowieka i była rozumiana jako konsekwencja mechaniki Newtona⁴.

Drugim istotnym wnioskiem płynącym z mechanicyzmu był tzw. determinizm, najbardziej radykalnie przedstawiony przez P.S. de Laplace'a, który zakładał istnienie zbioru praw natury pozwalających przewidzieć wszystko to, co zdarzy się we wszechświecie. Inaczej mówiąc: znając stan obecny układu oraz posiadając wiedzę o prawach przyrody jesteśmy w stanie odczytać stan tego układu w przeszłości, jak i przewidzieć jego stan w dowolnej przyszłości. Na przykład, znając stan położenia i prędkości Słońca oraz planet, możemy użyć praw Newtona i obliczyć stan Układu Słonecznego w dowolnej wcześniejszej lub późniejszej chwili. Laplace tę zasadę determinizmu absolutyzował, rozciągając ją na wszystkie zjawiska, również dotyczące zachowania człowieka i społeczeństwa⁵.

Powyższe dwa przesłania wprawiły w bardzo dobre samopoczucie przedstawicieli scjentyzmu, ponieważ przybliżyły wizję całkowitego zrozumienia świata przyrody i człowieka. Przyroda i człowiek stawały się przewidywalne i obliczalne. Przewidywać, aby władać, to zawołanie A. Comte'a, które było coraz bardziej realne⁶. Tym bardziej, że nauka w XIX w. czyniła wielkie postępy. Naukowcy stawali się coraz bardziej zadufani i wierzyli w dotychczasowe osiągnięcia nauki. Przykładem tej postawy niech będą słowa lorda Kelvina wypowiedziane ok. 1900 r.⁷: „*W fizyce nie ma już niczego nowego do odkrycia. Można tylko dokonywać coraz dokładniejszych pomiarów*”⁸.

DRUGA REWOLUCJA NAUKOWA – WIEK XX

Pod koniec XIX w. ta naukowa maszyna zaczęła odmawiać posłuszeństwa, aby na początku XX stulecia odejść w zapomnienie. Było to radykalne przeorientowanie w nauce. „*Mechanicyzm skończył się tak definitywnie, jak mało która idea w filozofii*”⁹. A.N. Whitehead tak komentował przewrót, który dokonał się w fizyce około 1900 roku: „*Przyjmowaliśmy – mówił Whitehead – że prawie wszystko, co ważne w zakresie fizyki, zostało poznane. Tak, było wprawdzie trochę ciemnych plam,*

⁴ M. Heller, *Podglądanie wszechświata*, Wydawnictwo Znak, Kraków 2008, s. 41–42.

⁵ S. Hawking, L. Mlodinow, *Jeszcze krótsza historia czasu*, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2007, s. 81–82.

⁶ Ten sposób myślenia funkcjonuje i dzisiaj. H.D. Mutschler, *Fizyka i religia. Perspektywy oraz granice dialogu*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2007, s. 171–175.

⁷ Zachodzi znamienna zbieżność dat. W 1900 r. M. Planck przedstawił swój projekt rzeczywistości oparty na kwantach i zanegował w ten sposób mechaniczne rozumienie rzeczywistości, a A. Einstein w 1905 r. ogłosił szczególną teorię względności i w 1915 r. ogólną teorię względności, które, m.in., absolutyzowały prędkość a relatywizowały czas i przestrzeń, wywracając mechanikę Newtona.

⁸ Cyt. za: D. Alexander, R.S. White, *Nauka blisko wiary. Nowe wyzwania etyczne*, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 2006, s. 144.

⁹ M. Heller, *Wszechświat i Słowo*, Społeczny Instytut Wydawniczy Znak, Kraków 1981, s. 67.

*dziwnych anomalii związanych ze zjawiskiem promieniowania, których wyjaśnienia fizycy oczekiwali około 1900 roku. Zostały one wyjaśnione. Ale wraz z tym cała nauka wyleciała w powietrze, a fizyka Newtonowska, która uchodziła za coś trwałego niczym Wiecznotrwala Twierdza, przeminęła. Były one oczywiście, i nadal pozostają, użyteczne jako sposób patrzenia na rzeczy, ale przestały obowiązywać, jeśli traktować je jako ostateczną koncepcję rzeczywistości*¹⁰.

Początkiem końca mechanicyzmu były wyniki prac J.C. Maxwella, które zostały nazwane teorią elektromagnetyzmu. Stanowiła ona matematyczną unifikację zjawisk elektrycznych oraz magnetycznych i szybko przybrała nazwę „elektromagnetycznej teorii światła”. Wprowadzała nową jakość – pola elektromagnetycznego, niewidzialnego, ale realnego ośrodka, którego zaburzenia rozchodzą się z prędkością światła¹¹. Powstało przy tym pytanie: czy tę nową jakość da się sprowadzić do mechaniki Newtona? Innymi słowy: czy mechanika klasyczna jest w stanie wyjaśnić rozchodzenie się fal elektromagnetycznych? Rozumując kategoriami mechanicznymi, próbowano powołać do życia ośrodek, któryby owe fale przesyłał, podobnie jak powietrze jest ośrodkiem przenoszącym dla fal dźwiękowych. Ośrodek ten nazwano eterem, któremu bez wahania przypisano mechaniczne własności. Jednak hipoteza ta nie chciała podporządkować się w żaden sposób eksperymentowi. Mechanika Newtona nie była w stanie wytłumaczyć rozchodzenia się fal elektromagnetycznych.

Drugim problemem fizyki końca XIX w. była kwestia promieniowania tzw. ciała doskonale czarnego. Ciało doskonale czarne to takie ciało, które pochłania całą padającą nań energię. Nie występuje ono w naturze, można je jednak stworzyć w laboratorium. Doświadczenia z takim ciałem były również niespójne z fizyką klasyczną. Fizyka ta stanęła przed poważnym problemem.

W powyższych kontekstach pojawiają się dwaj fizycy, których prace pozwoliły na wyjście z tej pozornie patowej sytuacji. Pierwszym z nich jest M. Planck, który w 1900 r. rozwiązał problem promieniowania ciała doskonale czarnego. Przedstawił teorię promieniowania energii ciała doskonale czarnego nie w sposób ciągły, lecz w małych, dalej już niepodzielnych porcjach, nazwanych kwantami. W ten sposób zmodyfikowana teoria zgadzała się z wszystkimi wynikami doświadczeń. Założenie Plancka o istnieniu kwantów energii, było jednak sprzeczne z fizyką klasyczną, gdyż podważało linearność ruchu zarówno w przestrzeni, jak i w czasie, a co za tym idzie dotychczasowe rozumienie materii. Tak zaczęła się tworzyć nowa teoria fizyczna – mechanika kwantowa. Około roku 1913, N. Bohr stworzył podstawy tzw. starszej teorii kwantów oraz przedstawił słynny model atomu wodoru. W połowie lat dwudziestych XX wieku E. Schrödinger, W. Heisenberg i P. Dirac przedstawili dotychczasowe sformułowanie mechaniki kwantowej.

Problem elektrodynamiki Maxwella doczekał się także rozwiązania w ogłoszonej w 1905 r. szczególnej teorii względności A. Einsteina, która usuwała sprzeczności wynikające z elektromagnetyzmu, jak i przedstawiała światło, które do tej pory

¹⁰ Cyt. za: É. Gilson, T. Langan, A.A. Maurer, *Historia filozofii współczesnej*, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 1979, s. 493.

¹¹ Teoria ta została empirycznie potwierdzona (odkrycie fal elektromagnetycznych) w 1888 r. przez H.R. Hertza.

uważano za falę, jako fenomen składający się z małych porcji energii, które później nazwano fotonami. W ten sposób idea nieciągłości materii została ugruntowana. W 1915 r. Einstein rozciągnął tę teorię, która odnosiła się do układów odniesienia poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym prostoliniowym, na dowolne układy odniesienia i sformułował ogólną teorię względności, która jest niczym innym, jak nową teorią grawitacji zastępującą Newtonowską teorię powszechnego ciężenia¹². Tak oto fizyka zmieniła w pierwszym kwartale XX w. nasze rozumienie świata, które stało się wręcz wyrafinowane i niezmiernie złożone. To nowe rozumienie zastąpiło stosunkowo proste pojmowanie go poprzez doktrynę mechanicystyczną. „*Przejrzysty i określony świat Newtona i Maxwella rozpadł się u samych podstaw, ustępując kapryśnemu i mglistemu światu teorii kwantów*”¹³. Jednak jest to nadal ten sam świat – kosmos, w którym żyjemy, i który poznajemy.

NOWE ŚWIATY

Mimo tego, że żyjemy w jednym świecie, nauka w XX wieku pokazuje dwa zupełnie nowe światy¹⁴, które są nam w dużym stopniu obce. Z jednej strony świat niewyobrażalnych wielkości, opisywany przez ogólną teorię względności, z drugiej świat niewyobrażalnych małości, opisywany przez mechanikę kwantową. Obecnie naukowcy budują modele wszechświata, bazując na wspomnianych dwóch teoriach. Ogólna teoria względności opisuje siłę grawitacji oraz wielkoskalową strukturę wszechświata – do rozmiarów obserwowalnego wszechświata (milionów milionów kilometrów: 10^{24} – jedynka z dwudziestoma czterema zerami) kilometrów. Mechanika kwantowa odnosi się do zjawisk ekstremalnie małych, takich jak milionowa z milionowej części centymetra. Teorie te sprawdzają się w swoich zakresach badawczych, nie są jednak wzajemnie spójne, a co za tym idzie, nie mogą być obie poprawne. Dlatego fizyka współczesna od wielu lat intensywnie poszukuje rozwiązania, które by unifikowało ogólną teorię względności i mechanikę kwantową. Zakłada się zatem, że istnieje jakaś bardziej fundamentalna teoria, która wyjaśniałaby zarówno zjawiska ogólnej teorii względności i mechaniki kwantowej, obejmując w ten sposób całość zjawisk wszechświata. Została nawet przyjęta jej nazwa – kwantowa teoria grawitacji. Ta teoria jeszcze nie istnieje i długo może jeszcze nie zaistnieć. Wielu fizyków twierdzi jednak, że to tylko kwestia czasu¹⁵.

My żyjemy w świecie jakby pomiędzy – w świecie makroskopowym. Ale te trzy światy składają się z tych samych elementów: cząstek elementarnych, atomów, pierwiastków, które są budulcem zarówno gwiazd, jak i nas samych. Z tego powodu powinny być dla nas jakby swojskie, jednak nie są. Świat nieograniczono-

¹² M. H e l l e r, *Podglądanie wszechświata*, dz. cyt., s. 51–55.

¹³ J.C. P o l k i n g h o r n e, *Nauka i stworzenie. Poszukiwanie zrozumienia*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2008, s. 50.

¹⁴ Na początku XX w. większość astronomów sądziła, że Droga Mleczna to cały wszechświat i poza nią nic nie ma. M. C h o w n, *Poświata stworzenia. Dekodowanie wiadomości z początku czasu*, Zys i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2006, s. 21.

¹⁵ S. H a w k i n g, L. M l o d i n o w, *Jeszcze krótsza historia czasu*, dz. cyt., s. 19–20.

nych przestrzeni kosmosu, choć nie jest do ogarnięcia, to jednak do wyobrażenia. Możemy w niego zajrzeć – dosłownie, i to coraz dalej i dalej (oczywiście uzbrojonym okiem). Jesteśmy w stanie zaobserwować nawet zakrzywienie czasoprzestrzeni (test z 1919 r.) czy spowolnienie czasu w pobliżu obiektu materialnego (test z 1962 r.). Możemy sobie wyobrazić, że czas i przestrzeń nie są niezmienną sceną (jak chciał Newton), na której grany jest dramat wszechświata, lecz aktywnie w nim uczestniczą¹⁶. Natomiast świat kwantów, nawet dla naszej wyobraźni, nie mówiąc o zjrzeniu weń, w większości przypadków jest zamknięty. Rządzi się ponadto prawami, które są nam obce, często sprzeczne ze zdrowym rozsądkiem, intuicją, a także logiką. Nawet wielcy naukowcy, pokroju Einsteina, nigdy się z nimi w pełni nie pogodzili, akceptując je jedynie dzięki ich niezwyklej trafności w wyjaśnianiu i przewidywaniu zjawisk atomowych i subatomowych¹⁷.

Fizyka kwantowa w XXI w. nadal dla większości pozostaje nieznaną, nawet wykształconych osób. Posługując się wyrafinowanym językiem matematyki, który sam w sobie nic nie mówi o rzeczywistości, manipulując ideami i konceptami pozostającymi całkowicie poza codziennym sposobem percepcji świata, oddala się coraz bardziej od przeciętnego człowieka. Jest to niewątpliwie negatywne zjawisko. Nauka (przynajmniej ta przez duże N) zawsze była domeną elit. Jednak to, co te elity odkrywały i przedstawiały społeczeństwu było przez nie rozumiane. W chwili obecnej sytuacja ta diametralnie się zmieniła. Nauka staje się coraz bardziej wyobcowana ze swego środowiska, którym jest kontekst społeczny. Więcej, fizyka kwantowa wprowadza nawet w pewnym sensie niepokój i zamieszanie, gdyż posuwa się poprzez swoje stwierdzenia wręcz do zanegowania realności świata. Cząstki elementarne, którymi operuje współczesna fizyka, mogą zostać zastąpione formułami matematycznymi. Elektron – cząstka elementarna, przedstawiany jest przy pomocy fali, gdyż nie krąży on po określonej drodze, tylko po nieskończonych jej możliwościach. Jest bardziej obłokiem, niż przedmiotem. Zasadne jest pytanie o realność cząstek elementarnych, których sens całkowicie nam się wymyka. Może odpowiedzią na te wątpliwości jest struktura naszego umysłu, który nie został dostosowany do percepcji dziwnego świata kwantów, którego sens jest do uchwycenia poprzez olbrzymi wysiłek, tylko przez nielicznych. Nie można wykluczyć sytuacji, w której świat naszego doświadczenia ma dopiero sens w świetle mechaniki kwantowej. Więcej, że świat kwantowy jest koniecznym warunkiem zaistnienia materii złożonej, życia, człowieka, świadomości i inteligencji. Zatem, ów kwantowy świat stanowiłby o istocie wszechświata. Jednakże nie przeszkadza to temu, że można wskazać na ograniczoność mechaniki kwantowej, ponieważ taka fizyka nie daje się zastosować do umysłowego sposobu poznawania wobec świata poznawalnego zmysłami. Dlatego, twierdzi wielu, nie może ona być prawdziwą fizyką przyrody. W związku z tym oczekuje się, podobnie jak Einstein, na pojawienie się nowej, bardziej kompletnej teorii, która objęłaby swoim zasięgiem świat nieskończenie małych wielkości, jak i ten świat, który oglądamy naszymi oczami¹⁸.

¹⁶ Tamże, s. 39–49.

¹⁷ E. B o n c i n e l l i, G. C o y n e S J, *Bóg, wszechświat i sens życia. Ateista i wierzący: konfrontacja dwóch ludzi*, Wydawnictwo OO. Franciszkanów, Kraków 2010, s. 22.

¹⁸ R. C l a r k e, *Nowe tajemnice Wszechświata*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2005, s. 16–26.

ŚWIAT KWANTÓW

„Niezastąpiona teoria, nieodzowna wszystkim, którzy badają świat nieskończenie małego, mechanika kwantowa pozostaje nieznaną dla większości z nas z powodu swej złożoności. Przedstawia nam ona fascynujący, niepewny, przypadkowy świat, składający się z prawdopodobieństw”¹⁹.

W świetle mechaniki kwantowej materia nie jest ciągła, lecz posiada strukturę ziarnistą, kwantową. Mówiąc inaczej, nie jest ona podzielna w nieskończoność. Dzielać ją, dojdziemy w końcu do elementu już niepodzielonego. Takimi niepodzielnymi elementami, cząstkami materii są kwarki i elektrony (stan wiedzy na dzisiaj) lub kwanty energii. (Pamiętajmy o równoważności energii i masy wynikającej z równania: $E = mc^2$). Kwarki (nie występują swobodnie, wydaje się, że na stałe są uwięzione w protonach i neutronach; spowodowane jest to wiążącą je siłą, która rośnie wraz z odległością²⁰) wchodzi w skład protonów i neutronów. Te dwie cząstki (zwane łącznie nukleonami) tworzą jądra atomowe, i są w zasadzie identyczne pod względem rozmiarów, a różnią się wartością ładunku elektrycznego. Proton posiada ładunek elektryczny dodatni, a neutron pod względem ładunku elektrycznego jest neutralny. Jądro atomowe otoczone jest elektronami (lub jednym elektronem w przypadku atomu wodoru), które również są identyczne i posiadają ładunek elektryczny ujemny. Jądro i elektrony tworzą wspólnie atom, który oprócz tych bardzo małych obiektów wypełniony jest pustą przestrzenią. Jądro i elektrony w porównaniu do atomu są bardzo małe. Przedstawiając tę relację obrazowo: jeżeli atom porównamy do katedry, to jądro będzie wielkości zaciśniętej pięści, a jedyny elektron (w przypadku atomu wodoru) będzie po tej katedrze błąkał się jak ćma. Wynika z tego opisu, że atom, a w konsekwencji wszechświat, jest prawie pusty. (W obserwowalnym wszechświecie znajduje się tylko około 10^{80} protonów. Każdy atom jest tak pusty, że w jego wnętrzu można jeszcze zmieścić milion miliardów dodatkowych protonów. W tymże wszechświecie znajduje się jeszcze miejsce na dodatkowe 10^{106} atomów.) Opis ten dotyczy nie tylko materii, gdyż w myśl teorii kwantowej, wszystko, a więc energia, przestrzeń, a nawet czas istnieją w maleńkich, niepodzielnych porcjach zwanych „kwantami”²¹.

Powyższy opis jest bardzo ogólny. Świat cząstek tworzy zawrotny ich pejzaż, przy którym wielość bytowa neoplatonizmu jawi się jako nader skromny opis rzeczywistości. Aby ten świat w jakiś sposób uporządkować, stworzono tzw. model standardowy cząstek, który można traktować jako pewnego rodzaju zestaw części zamiennych subatomowego świata. W jego skład wchodzi: sześć kwarków, sześć leptonów, pięć znanych bozonów, szósty, hipotetyczny bozon Higgsa, oraz trzy siły przyrody (czwartą podstawową siłą wszechświata jest grawitacja, która nie jest w tym modelu uwzględniona) – silne i słabe oddziaływanie jądrowe oraz elektromagnetyzm. Model ten opiera się na założeniu, że podstawowymi elementami materii

¹⁹ Tamże, s. 15.

²⁰ P. D a v i e s, *Kosmiczna wygrana. Dlaczego wszechświat sprzyja życiu?*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2008, s. 108.

²¹ M. C h o n, *Nieskończone życie nieboszczyka. Nowości z frontu nauki*, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2010, s. 33–37.

są kwarki i leptony. Kwarki, o których była już mowa, utrzymywane są razem dzięki cząstkom zwanym gluonami. Do leptonów zalicza się elektrony i neutrino²². Kwarki i leptony łącznie nazywane są fermionami. Bozony to cząstki przenoszące oddziaływanie. Należą do nich fotony oraz gluony.

Zwróćmy uwagę na to, że jak na model podstawowej struktury materii, opis ten jest wielce skomplikowany. Jednak jest to najprostszy model wyjaśniający to, co się dzieje w świecie cząstek. Dla większości z nas świat ten przekracza granice zrozumienia. Przytoczmy fragment podręcznika dla laików w tym zakresie, pióra fizyka i jej popularyzatora S. Weinberga: *„Naładowany pion oraz antypion rozpadają się odpowiednio na mion plus antyneutrino oraz na antymion plus neutrino ze średnim czasem życia $2,603 \times 10^{-8}$ sekundy; neutralny pion rozpada się na dwa fotony z czasem życia około $0,8 \times 10^{-16}$ sekundy; mion i antymion rozpadają się odpowiednio na...”*. Zauważmy, że fizyka ma być poszukiwaniem ostatecznej prostoty. R. Feynman powiedział o modelu standardowym, że: *„mamy zatem teorię i nie wiemy, czy jest słuszna czy błędna, ale wiemy, że jest troszkę błędna, a w każdym razie niekompletna”*.

Na bazie modelu standardowego powstała teoria tzw. superstrun, łącząca prawa kwantowe z grawitacją, która mówi, że wszystkie powyższe wymienione obiekty nie są cząstkami, lecz „strunami”, drgającymi włóknami energii, oscylującymi w jedenastu wymiarach²³. Cztery wymiary są nam znane: szerokość, wysokość, głębokość (przestrzeń) i czas. Pozostałe wymiary (siedem) są dla nas niedostępne, gdyż są zwinięte w strukturach subatomowych. Teoria strun zrodziła następną, dalej idącą hipotezę, zwaną teorią *M*, która operuje pojęciem membran lub po prostu bran. Przeczytajmy (jest to również popularnonaukowy opis): *„Ekpyrotyczny proces zaczyna się w nieskończonej przeszłości od pary płaskich pustych bran, umieszczonych równolegle do siebie w zakrzywionej pięciowymiarowej przestrzeni [...]. Dwie brany, które tworzą ściany piątego wymiaru, mogły pojawić się z nicości jako kwantowa fluktuacja w jeszcze bardziej odległej przeszłości, a następnie się rozsunęły”*. Opierając się na modelu standardowym cząstek, powstało więcej wręcz nieprawdopodobnych hipotez, których nie będziemy przytaczać. Wspomnijmy jedynie hipotezę z 2002 roku I. i G. Bogdanov opisującą nicość, która była wszechświatem przed Wielkim Wybuchem. Jeden z fizyków, P. Woit, tak ją określił: *„Z naukowego punktu jest ewidentnie kompletnym nonsensem, lecz w dzisiejszych czasach to jeszcze nie wyróżnia jej spośród sporej części całej literatury”*²⁴.

Opisane wyżej cząstki subatomowe nie wypełniają jeszcze kwantowego świata. Każda z nich istnieje bowiem w dwóch odmianach – zwykłej cząstki oraz antycząst-

²² Neutralna cząstka, która przemierza wszechświat z prędkością zbliżoną do prędkości światła. Dopiero w 1998 r. ustalono, że neutrino posiadają niezerową masę. Wartość masy neutrin jest bardzo mała – nie większa niż jedna milionowa masy elektronu – drugiej po neutrinach najbliższej znanej nam cząstki. Znane są ze swej nieuchwytności i widmowego charakteru. Około 50 bilionów neutrin przechodzi w ciągu każdej sekundy przez nasze ciało, czego jednak nie zauważamy. F. W i l c z e k, *Lekkość bytu. Masa, eter i unifikacja sił*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2011, s. 176.

²³ Liczba wymiarów jest różna, w zależności od „podteorii” tej teorii.

²⁴ B. B r y s o n, *Krótką historią prawie wszystkiego*, Zysk i S-ka Wydawnictwo, Poznań 2009, s. 174–181.

ki. Niektóre właściwości antycząstki są identyczne do właściwości odpowiedniej cząstki (dla przykładu czas życia czy masa), a inne są przeciwne (ładunek elektryczny). Antycząstkę elektronu stanowi antyelektron, czyli pozyton. Gdy cząstka spotyka swoją antycząstkę, następuje ich wzajemne unicestwienie – anihilacja. Pary elektron–pozyton, a także pary innych cząstek powstają wszędzie w przestrzeni (kwantowej próżni), istnieją przez niewyobrażalnie krótki czas, po czym wzajemnie anihilują i znikają.

Wspomnieliśmy już, że wszechświat jest pusty, że jest próżnią – z wyłączeniem oczywiście skupisk materii (planety, gwiazdy, galaktyki itp.). Jest to jednak próżnia w naszym, potocznym tego słowa rozumieniu. W mechanice kwantowej nie oznacza to, że w tych miejscach nic nie ma. Przeciwnie, obszary te wręcz kipią aktywnością, oczywiście aktywnością kwantową i nazywane są kwantową próżnią. Próżnia ta prowadzi do jeszcze głębszego, bardziej podstawowego ujmowania rzeczywistości, w której to nie cząstki są jej fundamentem, ale pola siłowe. Na najbardziej fundamentalnym poziomie fizycy rozumieją rzeczywistość jako zbiór przenikających się pól²⁵. W ramach kwantowej teorii pola cząstki elementarne są jedynie zlokalizowanymi węzłami odpowiednich pól. Kwantowa próżnia nie jest pusta, jest burzliwym morzem fluktuujących pól, które nieustannie kreują cząstki, istniejące niezmiernie krótko. Nazwano je z tej racji – wirtualnymi. Jednak niektóre z nich na skutek procesów kwantowych mogą przekształcić się w cząstki rzeczywiste. Dlatego też kwantowa próżnia odgrywa, w myśl tej teorii, absolutnie kluczową rolę w powstaniu wszechświata²⁶.

Jest pewne, że fizyka kwantowa dalej będzie świadkiem powstawania przeróżnych hipotez i teorii. Jednak większość z nich będzie poza zasięgiem poznawczym większości z nas.

Powyżej została przedstawiona z konieczności w sposób wybiórczy i ogólny ontologia świata kwantów. Przyjrzyjmy się teraz w podobny sposób prawom i zasadom tego świata.

Świat zmysłowy wydaje się być uporządkowany. Każde w nim zdarzenie odbierane jest, w mniejszym lub większym stopniu, jako następstwo wcześniejszego i warunkuje zdarzenie następne. Takiemu codziennemu odbieraniu rzeczywistości przeczy mechanika kwantowa, która proponuje w zamian świat niepewności i płynności. Einstein, który wybitnie przyczynił się do powstania mechaniki kwantowej, do końca swoich dni nie przekonał się do jej konsekwencji. Sądził, że na przyrodę składa się prostota i logika oraz, że jest ona deterministyczna, że możemy wiele konsekwencji przewidzieć. Fizyka kwantowa stwierdza jednak, że głęboka rzeczywistość jest niepoznawalna, ponieważ cząstki mogą pojawiać się i znikać bez widocznej przyczyny lub gwałtownie zmieniać kierunek swego ruchu, że nie mają w końcu swego ustalonego miejsca.

W świecie makroskopowym obiekty znajdują się w ściśle określonym miejscu, nie interferują z jakimkolwiek innym przedmiotem, i to z prędkością większą od

²⁵ F. Wilczek wprowadza nowy termin: Siatka – podstawowy składnik fizycznej rzeczywistości, z którego wszystko inne jest utworzone. F. W i l c z e k, *Lekkość bytu. Masa, eter i unifikacja sił*, dz. cyt.

²⁶ M. C h o w n, *Nieskończone życie nieboszczyka. Nowości z frontu nauki*, dz. cyt., s. 218–221.

prędkości światła. Fizyka kwantowa nie przyjmuje takiego rozdzielenia w przestrzeni i dynamice: cząstki elementarne nie są wyizolowanymi elementami umieszczonymi w ściśle określonym miejscu. Cząstki te mają wręcz fantastyczne możliwości i właściwości. Dla przykładu, jakikolwiek pomiar dokonany w stosunku do jakiegokolwiek cząstki wpływa natychmiast (dosłownie) na inną cząstkę, pochodzącą z tego samego źródła, choćby cząstki te były oddalone od siebie o lata świetlne²⁷.

Cząstka może czasami być uważana za falę (schizofreniczny charakter kwantów: foton – kwant światła – raz może zachowywać się jak cząstka, a innym razem jak fala), natomiast chwilowe połączenie jednej z nich z niepewnym stanem drugiej prowadzi do wysokiego stopnia niepewności. Nie jesteśmy w stanie precyzyjnie wyznaczyć pozycji bądź prędkości żadnej cząstki. Nie możemy nawet ich w tym samym czasie zmierzyć, ponieważ nie posiadamy odpowiedniego narzędzia przystosowanego do jednoczesnego pomiaru w czasie i przestrzeni, ale i również, a może przede wszystkim, że pomiar taki oddziałuje na samą cząstkę, którą albo przemieszcza, albo deformuje, i dlatego pomiar taki jest całkowicie bezwartościowy. Oznacza to, że sam pomiar (dokonujący pomiaru i narzędzie) wpływa na konstytucję świata kwantowego. To, co się w nim dzieje, zależy od sposobu obserwacji. Nie istnieje możliwość (na dzisiaj), aby wyizolować badany obiekt od przyrządu badawczego. Fakt ten prowadzi do twierdzenia, że to obserwator jest twórcą rzeczywistości²⁸.

Widzimy zatem, że ten świat nieskończenie mały, nie poddaje się jakiegokolwiek dokładnej obserwacji, podlega jednakże prawdopodobieństwu i statystyce. W ten sposób prawdopodobieństwo stało się podstawą fizyki. Cząstka może zostać opisana jedynie poprzez formuły matematyczne. Stwierdzamy, co najwyżej, prawdopodobieństwo jej znalezienia w danej przestrzeni. Twierdzi się dlatego, że cząstka jest zestawem fal, czyli prawdopodobieństwem istnienia pewnego stanu. Każdej cząstce przypisane jest tzw. „pole”, na wzór pola elektrycznego czy magnetycznego w fizyce klasycznej. To „pole” jest niczym innym jak narzędziem matematycznym. W takim razie może istnieć nawet przy nieobecności rzeczywistej cząstki. Można z tego wyciągnąć wniosek, że mechanika zakłada istnienie świata, w którym cząstki same z siebie nie istnieją. To, co istnieje, to zespół wszystkich cząstek, w tym również tych, z których składa się dokonujący pomiaru i narzędzie przez niego stosowane. Faktyczność w naszym rozumieniu (Whitehead mówił o faktyczności jako manifestacji natury rzeczywistego zdarzenia²⁹) nie jest faktycznością fizyki kwantów. Faktycznością, rzeczywistością jest dla niej pewien zespół pól, w którym obiekty (pod warunkiem, że istnieją) nakładają się na siebie przypadkowo. Żaden z obiektów nie istnieje w określonym miejscu ostatecznie, żaden ruch nie jest ustawicznie identyczny. W świecie kwantów nie ma prawidłowości, logiki. Jest za to niepewność i losowość.

²⁷ Zjawisko to zostało potwierdzone w wielu eksperymentach. W 1997 r. fizycy w Genewie przesyłali fotony na siedem mil w przeciwnych kierunkach i zademonstrowali, że zarejestrowanie jednego z nich powoduje natychmiastową reakcję u drugiego. B. B r y s o n, *Krótką historią prawie wszystkiego*, dz. cyt., s. 159.

²⁸ Ograniczenia te wynikają z tzw. zasady nieoznaczoności Heisenberga, która została sformułowana w 1926 r. i mówi o ograniczeniach nałożonych przez naturę na możliwości przewidywania przyszłości za pomocą praw przyrody. S. H a w k i n g, L. M l o d i n o w, *Jeszcze krótsza historia czasu*, dz. cyt., s. 84.

²⁹ A. N. W h i t e h e a d, *Nauka i świat współczesny*, dz. cyt., s. 46.

Mechanika kwantowa odrzucając determinizm klasyczny wykreowała tzw. determinizm statystyczny, który odnosi się do systemu fal, a nie do materialnych punktów. Fizyka kwantowa nie mówi o rzeczywistości w tradycyjnym jej rozumieniu, tylko o rzeczywistości prawdopodobieństwa zaistnienia zdarzenia. Zdarzenia fizyczne będą w fizyce kwantowej na zawsze nieprzewidywalne³⁰.

Podsumowując te teoretyczne rozważania, wyodrębnijmy z nich dwie podstawowe zasady kwantowe:

1. Zasada fluktuacji kwantowych: położenie, prędkość lub energia obiektu losowo fluktuują, i z tej racji nie podlegają ścisłemu określeniu. Jednak w większości przypadków losowość ta odnosi się do świata subatomowego. Nie jest możliwe aktualne stwierdzenie położenia elektronu w czasie jego obiegu wokół jądra atomowego, możemy jedynie wskazać na prawdopodobieństwo w tym zakresie. Trzymając w ręku filiżankę nie poznamy dokładnie położenia cząstek, z których jest ona zbudowana. Nie oznacza to jednak, że nie trzymamy w ręku filiżanki. Z racji, że składa się na nią wielka statystyczna masa cząstek, ich losowe położenia się uśredniają i możemy zlokalizować filiżankę w naszej dłoni. Jest to niezbędne, aby można ją było użyć jako narzędzia do picia. Jednakże i tutaj ma zastosowanie zasada nieoznaczoności Heisenberga, która mówi o niemożliwości ścisłego określenia jednoczesnego położenia i prędkości. Gdy określimy położenie filiżanki w danej chwili, to nie będziemy w stanie określić jej położenia w chwili następnej, z powodu niemożności określenia jej prędkości, która z kolei określa ruch filiżanki. Filiżanka w następnej chwili może być gdziekolwiek.
2. Zasada kwantowości wszechświata: wszystkie cząstki materialne i pola sił występują w nieciągłych, dyskretnych, niepodzielnych pakietach energii, które mogą ujawniać, w zależności od sytuacji, swoją cząstkową lub falową naturę³¹.

Przedstawiliśmy sobie pewne informacje teoretyczne związane ze światem kwantów. Spróbujmy teraz wkomponować te wiadomości w świat makroskopowy, w którym żyjemy. Podejmijmy próbę odpowiedzi na pytanie, dlaczego nie doświadczamy tego dziwnego mikroświata, który przecież stanowi fundament naszego świata i kosmosu?

Wyobraźmy sobie piłkę futbolową. Jest ona zbudowana, tak jak wszystko inne wokół nas i my sami, z atomów. Atom w swoim ruchu porusza się wzdłuż wielu trajektorii jednocześnie (to niewiarygodne, ale tak właśnie się dzieje). Piłka zostaje kopnięta przez zawodnika na boisku, wskutek czego zmierza w kierunku bramki. Strzał jest bardzo mocny i wyjątkowo precyzyjny. Piłka wpada w samo okienko. Idealna linia strzału – krzyczy komentator, wyjątkowa precyzja. Jak to się dzieje? Jeżeli piłka jest zbudowana z atomów, powinna zachowywać się jak zbiorowisko atomów, czyli lecieć wzdłuż tysięcy trajektorii równocześnie. Jednak tego nie robi. Dalej, jeżeli piłka zachowywałaby się tak, jak atomy, to mogłaby być w dwóch miejscach rów-

³⁰ R. C l a r k e, *Nowe tajemnice wszechświata*, dz. cyt., s. 20–26.

³¹ P. J. S t e i n h a r d t, N. T u r o k, *Nieskończony wszechświat. Poza teorię wielkiego wybuchu*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2009, s. 76–78.

nocześnie, to znaczy na dwóch stadionach w tym samym czasie. Jednak tak się rzeczy nie mają. Podobnie, jak nie widzimy klienta wychodzącego ze sklepu przez dwoje drzwi równocześnie. Więcej, fizyka kwantowa wskazuje nam rozwiązanie, w którym ta piłka może w połowie istnieć i w połowie nie istnieć. Przytoczmy, aby przybliżyć tę niewiarygodną sytuację, słynny eksperyment myślowy Schrödingera, który jest znany jako „kot Schrödingera”: *„kot jest zamknięty w pudle wraz z fiołką trucizny, która może zostać rozbita przez uderzenie młotka. Ruch młotka jest spowodowany przez rozpad niestabilnego jądra atomowego, które ulega rozpadowi z prawdopodobieństwem 50 procent w czasie trwania eksperymentu. A skoro teoria kwantowa dopuszcza taką sytuację, w której atom równocześnie się rozpada i nie rozpada, Schrödinger zadał pytanie: czy kot był równocześnie martwy i żywy przed otwarciem pudełka i sprawdzeniem, że kot jest albo martwy, albo żywy?”*

Powyższe, nieprawdopodobne sytuacje mają związek ze schizofreniczną naturą atomów i ich elementów (elektronów, protonów i neutronów). W zależności od okoliczności mogą się one zachowywać jak cząstki (posiadać określoną lokalizację) lub jak „fale”, czyli rozmyte byty podobne do zmarszczek na wodzie. Nie jest to jednak fala przypominająca tę z naszego doświadczenia. Jest to tylko nazwa umowna. Fala ta nie jest dotykalnym obiektem, lecz abstrakcyjnym pojęciem matematycznym. Coraz częściej przypisuje się jej jednak realne istnienie, oczywiście pamiętając, że poruszamy się w świecie kwantów. Fizycy nazywają ją „funkcją falową”. Istnieje również równanie Schrödingera, które pozwala dokładnie przewidywać jej propagację, czyli jesteśmy w stanie określić, między innymi, prawdopodobieństwo lokalizacji atomu. Stwierdzenie: określić prawdopodobieństwo lokalizacji atomu jest kluczowe i wskazuje na istotną różnicę występującą pomiędzy światem mikro i makro. W tym ostatnim świecie możemy ściśle, ze stuprocentową dokładnością, stwierdzić gdzie znajduje się nasz samochód, który wczoraj został zaparkowany w jakimś miejscu, chyba, że w międzyczasie został przez kogoś lub coś przestawiony. Pewna lokalizacja nie jest możliwa w przypadku atomów. Przed dokonaniem pomiaru (obserwacji) stwierdzamy lokalizację atomu jedynie z pewnym prawdopodobieństwem (w jednym miejscu może to być 80%, w innym 5% itd.). Dopiero z chwilą pomiaru, i to jest szalenie ważne, atom zostaje zlokalizowany, jakby „przyszpilony” w jednym określonym miejscu, („przyszpilony” przez ten pomiar!) a wszystkie prawdopodobieństwa jego innych lokalizacji przed pomiarem stają się nieaktualne.

Brak pewności w lokalizacji atomów czy innych cząstek, to nie jedyna niepewność. Również nie jesteśmy w stanie określić „zamiarów” obiektów subatomowych. Nie do przewidzenia staje się wybór drogi, którą cząstka będzie się poruszać w przestrzeni. Można jedynie stwierdzić, jak w przypadku jej lokalizacji, że z określonym prawdopodobieństwem wybierze tę trajektorię, a z takim inną trajektorię. Tych dróg jest tyle, ile jest ich możliwości, czyli ogromna ilość. Przytoczona piłka mogłaby lecieć do bramki wprost, ale mogłaby również obrać sobie do niej drogę przez galaktykę Andromedy. Ta schizofreniczna natura świata kwantów, atomy mogą zachowywać się jak cząstki lub jak fale, niesie głębokie dla niego konsekwencje, ponieważ wszystkie działania właściwe rzeczywistym falom, są również właściwe dla fal abstrakcyjnych przypisanych cząstkom subatomowym. Na przykład, fale rzeczywiste posiadają skłonność do rozprzestrzeniania się w miarę upływu czasu.

Dla cząstki atomowej oznacza to, że im dłużej czeka się z pomiarem, tym trudniej określić jej położenie.

Istnieje mniej znana właściwość fal, która niesie za sobą szokujące konsekwencje dla mikroświata: ich zdolność do łączenia się i tworzenia złożonych fal. Z naszego oglądu przyrody wiemy, że mogą istnieć fale wysokie, długie, jak i niepozorne zmarszczki, powstałe na skutek nieznacznych ruchów powietrza. Widzimy również, że te dwa rodzaje fal mogą się pokrywać, na dużej fali zauważalne są małe fale. Taka kompozycja dwóch fal w fizyce kwantowej nazywana jest superpozycją i odpowiada za większość dziwactw, wręcz szokujących wstrząsów, płynących ze świata mikroskopowego. Wyobraźmy sobie, że mamy dwie funkcje falowe o dużym prawdopodobieństwie lokalizacji atomów w różnych miejscach. Jeżeli te dwie fale są możliwe, to możliwa jest również ich kombinacja, interferencja – tzw. superpozycja. Na pierwszy rzut oka nic nadzwyczajnego, ale po wstępnej analizie dochodzimy do wniosku, że ten atom znajduje się w dwóch miejscach jednocześnie! Piszę ten artykuł w tej chwili w Elblągu i w tej samej chwili jem obiad w Berlinie! To nie są fantazje. Przeprowadza się doświadczenie, eksperyment z dwiema szczelinami, w którym obserwuje się atom w dwóch miejscach równocześnie, a ściśle mówiąc, obserwuje się konsekwencje jego przebywania w tych miejscach. Kwantowa fala reprezentująca atom określa wszystko to, co jesteśmy w stanie wiedzieć o atomie, a więc poza prawdopodobieństwem położenia, również mówi nam o jego prędkości, energii, spinie (kierunek wirowania) i tak dalej. Piłka w świecie mikroskopowym poleciałaby do bramki wszystkimi możliwymi drogami, a narciarz, na którego drodze stanęłoby drzewo, objechałby je z dwóch stron. Dlaczego jest to możliwe w świecie mikro, a w świecie naszego doświadczenia takich rzeczy nie doświadczamy?

Przez wiele lat odpowiedzią na powyższe pytanie była tzw. interpretacja kopenhaska teorii kwantowej. Najogólniej mówiąc, twierdzi ona, że gdy atom nie jest obserwowany, jego kwantowa fala rozchodzi się w przestrzeni zgodnie z konsekwencjami płynącymi z równania Schrödingera. Atom posiada pewne prawdopodobieństwo, aby być tu, pewne, aby być tam i tak dalej. W chwili jednak obserwacji sytuacja zmienia się radykalnie. Coś zmusza atom, nie wiadomo co i jak, aby przestał być „prawdopodobny” i stał się „pewny” (stuprocentowo prawdopodobny). Fizycy mówią o tym zdarzeniu, jak o: *„kolapsie kwantowej fali do jednego z możliwych położenia z równoczesnym unicestwieniem wszystkich innych możliwości”*. Z wielu przyczyn interpretacja ta jest niezadowolająca: kolaps kwantowej funkcji może w niej służyć za przykład magii – nic w realnym świecie nie dzieje się natychmiast. Nie precyzuje również pojęcia obserwacji. (Einstein, który jej nie akceptował zadał pytanie: *„Czy księżyc istnieje, gdy nikt na niego nie patrzy?”* – przy skrajnej interpretacji odpowiedź na to pytanie jest negatywna). Mniej radykalna forma interpretacji kopenhaskiej mówi, że świat makroskopowy pojawia się wtedy, gdy duży obiekt, klasyczny obiekt obserwuje mały obiekt, kwantowy obiekt. Duże obiekty przestrzegają praw fizyki klasycznej, które przewidują ze stuprocentową pewnością następstwo zdarzeń w dowolnych okolicznościach. Pojawia się jednak tutaj pytanie: co to znaczy klasyczny obiekt? Wątpliwości nie są rozwiane.

Odpowiedź na pytanie, dlaczego nie doświadczamy kwantowego świata w życiu codziennym z punktu widzenia nauki jest bardzo wyrafinowana, ponadto nawiązuje

do poglądów epistemologicznych głoszonych w czasach, w których nic nie wiedzano o zjawiskach kwantowych. Można ją wyrazić następująco: nigdy nie obserwujemy kwantowych obiektów, bo obserwujemy siebie. Jest to nieco zagadkowe sformułowanie, należy je zatem przybliżyć. Nie obserwujemy kwantowych obiektów nie tylko ze względu na ich niewiarygodnie małe rozmiary, ale również na niewyobrażalnie krótkie czasy zachodzenia procesów kwantowych. To, co twierdzimy o zjawiskach kwantowych opiera się na obserwacji rezultatów oddziaływania obiektu kwantowego, i tu uwaga, na dużą liczbę innych obiektów kwantowych – atomów, z których zbudowany jest detektor. Detektorem może być odpowiedni przyrząd lub nasz narząd zmysłowy. Detektor ten nie mierzy bezpośrednio zewnętrznego układu, lecz poprzez obserwację zmienia stan własnego układu. Mózg, niech to będzie chwilowo nasze *ego*, nie postrzega bezpośrednio, dajmy na to, światła, które padając na komórki siatkówki oka zmienia ich stan. Nowy stan siatkówki oka za pośrednictwem nerwów jest odbierany przez mózg, przez nas, jako światło. Nie odbieramy zatem światła bezpośrednio, tylko pośrednio. Bezpośrednio obserwujemy samych siebie. „*Każda obserwacja to jest samoobserwacja*”, twierdzi belgijski fizyk, S. Aerts lub podobnie, amerykański fizyk polskiego pochodzenia W. Żurek, „*To, co obserwator wie, jest nierozłączne od tego, czym obserwator jest*”. W świetle tych spostrzeżeń możemy przebudować pytanie dotyczące odmienności światów kwantów i codziennego doświadczenia i postawić je w takiej postaci: „*Dlaczego efekt działania kwantowego obiektu, takiego jak atom, nie zdradza żadnych objawów dziwacznego, schizofrenicznego, kwantowego zachowania?*”

Powyżej powiedzieliśmy, że nie obserwujemy bezpośrednio obiektów kwantowych, tylko ich efekt działania na innych obiektach kwantowych. Pierwsze urządzenie, pozwalające obserwować skutki działania kwantowych obiektów, zostało zbudowane przez angielskiego fizyka Ch. Wilsona i nazwane komorą mgłową (w 1927 r. otrzymał za wynalezienie jej Nagrodę Nobla). Nie będziemy opisywać jej działania, wspomnijmy jedynie, że możemy dzięki niej odnieść się empirycznie do eksperymentu myślowego, nazwanego „kotem Schrödingera”. W przeciwieństwie do kota, o którym nie można powiedzieć, czy jest równocześnie martwy i żywy, mamy tutaj do czynienia z kroplą wody, która do połowy istnieje i do połowy nie istnieje. Oczywiście komora mgłowa nie jest tak spektakularnym przedstawieniem dziwnego zachowania się cząstek subatomowych, jak „kot Schrödingera”, ma jednak nad nim zasadniczą przewagę – ona istnieje i dzięki niej możliwy jest ogląd schizofrenicznego zachowania się cząstek.

Kwantowa schizofrenia pojawia się, jak już powiedzieliśmy, dzięki interferencji funkcji falowych kwantowej superpozycji, która zachodzi jedynie na poziomie pojedynczych obiektów subatomowych i w niezmiernie krótkim czasie. W miarę zwiększania liczby molekuł interferencja jest coraz bardziej osłabiana, aż w końcu zanika, a razem z nią zanikają kwantowe dziwactwa. Kropla wody, nie mówiąc już o kocie, składa się z miliardów molekuł i dlatego interferencja nie zachodzi. Fizycy fale, które nakładają się na siebie i interferują nazywają koherentnymi, czyli spójnymi. Koherencja w świecie naszego codziennego doświadczenia nie zachodzi, gdyż nie ma możliwości, aby oddziaływanie pojedynczych molekuł mogło być zauważalne, rejestrowane. W świecie makroskopowym spotykamy się nie z pojedynczymi molekułami, lecz z ich grupami liczącymi miliony, miliardy molekuł, które oddzia-

łują w czasie przez nas zauważalnym, na poziomie których nie istnieje koherencja, lecz dekoherencja, czyli stan, w którym nie dochodzi do interferencji. „*Utrata koherencji nosi nazwę dekoherencji i stanowi ostateczną przyczynę, dlatego nigdy nie widzimy piłki futbolowej, krzesła albo człowieka w dwóch miejscach równocześnie. To dekoherencja tworzy nasz codzienny, sensowny świat z nonsensownego świata kwantowych mikrocząstek*”. Środowisko, otoczenie, czyli cały wszechświat nie rejestruje, nie odbiera schizofrenicznego zachowania się kwantów. Tak jak nie sły-chać, dosłownie, i nie widać, z pewnej odległości, pojedynczego kibica na stadionie piłkarskim wypełnionym tłumem kibiców i kipiącym dopingiem, tak środowisko, wszechświat niszczy interferencje pojedynczych cząstek kwantowych.

Powyższe uwagi należy doprecyzować. Kluczowym aspektem zachowania koherencji nie jest jednak wielkość obiektu, która tylko pośrednio wpływa na jej powstanie i utrzymanie. Istotną kwestią jest izolacja obiektu od środowiska. Duży obiekt zachowałby charakter kwantowy, gdyby udało się go odizolować od środo-wiska. Czy to jest możliwe? Czy możliwe jest, abyśmy w naszym codziennym życiu doświadczali efektów kwantowych? A. Zellinger z uniwersytetu w Wiedniu, który zajmuje się tą problematyką, twierdzi, że granica między zjawiskami klasycznymi i kwantowymi jest wyłącznie kwestią nakładów finansowych³².

KWANTY I FILOZOFIA

Dla kogoś, kto posiada podstawową wiedzę filozoficzną nie będzie dziwnym stwierdzenie, że współczesna nauka, a szczególnie fizyka teoretyczna i kosmolo-gia, odwołuje się do pierwszych pytań filozoficznych, jak chociażby pytania o *ar-che*, tego podstawowego zagadnienia pierwszych greckich filozofów. Współcze-sny fizyk, również szuka pierwotnego elementu natury, przyrody, aby w oparciu o niego stworzyć jedną ogólną zasadę powstania, funkcjonowania i przeznaczenia kosmosu. Oczywiście inna metoda, możliwość posługiwania się precyzyjną apa-raturą oraz olbrzymia ilość nagromadzonej wiedzy wysiłki te istotnie różnicu-ją. Jednak intencja pozostała ta sama – jedną zasadą, jednym równaniem objąć wszechświat. Jakże różni się jednak ta wizja od tej pozytywistycznej, ostrożnej i skalkulowanej na mniejsze, ale pewniejsze cele. Jednakże te naturalne aspiracje filozoficzne obecnych fizyków teoretycznych budzą niekiedy spore kontrowersje. Związane one są z przekraczaniem przez fizyków granic metodologicznych w swo-ich dziedzinach poznawczych oraz wyciąganiem wniosków z eksperymentów, z ontologicznymi włącznie, które to wnioski eksperymenty te przekraczają. To wła-śnie na tej płaszczyźnie poznawczej występują poważne wątpliwości, których roz-strzygnięcia zależą od przyjętych wcześniej założeń filozoficznych i metodologicz-nych. Należy jednak przyjąć do wiadomości, że powstanie mechaniki kwantowej przyniosło znaczne zmiany w uproszczonym wizerunku nauki, który obowiązywał

³² M. C h o w n, *Nieskończone życie nieboszczyka. Nowości z frontu nauki*, dz. cyt., s.105–125.

przed pojawieniem się idei Plancka i Einsteina. Współczesna fizyka nie znajduje już oparcia w pozytywistycznym paradygmacie nauki³³.

Fizyka kwantowa w dużej mierze jest nauką spekulatywną. Obiekty, którymi operuje, ich wielość, abstrakcje matematyczne opisujące rzeczywistość (czy tylko jej model?), jej eksplanacyjna i strukturalna złożoność³⁴, przewidywania z niej płynące przyprawiają o zawrót głowy i prowokują do postawienia pytania o to, co w niej rzeczywiste, a co już jest czystą fantazją? Czy jest ona zdolna sięgnąć fundamentów rzeczywistości, czy jest to tylko miraż najbardziej zapalczywych i pewnych siebie jej przedstawicieli? Wkraczając na grunt mechaniki kwantowej, opuszczamy jednocześnie godny zaufania świat codziennego doświadczenia i przekraczamy próg świata subatomowego, który okazuje się niepewnym światem cieni. W jakim stopniu możemy uznać realne istnienie elektronu? Jest on, w myśl zasady nieoznaczoności Heisenberga, bardziej nieuchwytny niż uchwytny. Jeden z twórców teorii kwantów Bohr wątpił w istnienie kwantów. Twierdził, że nic takiego nie istnieje, a to co jest, to jedynie abstrakcyjny kwantowy opis świata fizycznego. Fizyka, według niego, nie ma za zadanie formułować odpowiedzi na pytanie, czym jest natura. Fizyka zajmuje się jedynie tym, co możemy o naturze powiedzieć³⁵. Jest to podejście minimalistyczne, pozytywistyczne, które budzi niepokój intelektualny. Niepokój ten wzrasta w związku z osobą, która taki sąd deklaruje. Jeżeli jeden z twórców fizyki kwantowej twierdzi, że jest ona tylko narzędziem, znaczy to, że nauka pełni rolę instrumentalną, w takim przypadku mamy prawo zapytać się o dziedzinę prawdy we współczesnej nauce. S. Hawking odpowie, że pytanie to nie ma sensu, ponieważ „*teoria naukowa jest tylko matematycznym modelem, który konstruujemy, aby opisać wyniki dokonanych obserwacji. Istnieje tylko w naszych umysłach. Czy zadawanie pytań w rodzaju: «Który czas jest prawdziwy – rzeczywisty czy urojony?» ma w ogóle jakikolwiek sens? To tylko kwestia tego, który z nich jest bardziej przydatny do opisu wszechświata*”³⁶.

Istnieją bardzo radykalne opinie odnoszące się do teorii kwantowej, które negują ją, odbierają jej walor naukowości i nazywają mitologią. Wysuwane są ze skrajnego obozu, który nazywany jest nurtem ID (*Intelligence Design*). Przytoczmy opinię jednego z jego znaczących przedstawicieli, pamiętając, że podobne oceny są kierowane pod adresem ID ze strony tych, którzy uważają się za jedynie właściwych naukowców³⁷. D. Berlinski, bo o nim mowa, przytacza, według niego, dziwne przekonanie A. Vilenkina, mówiące o możliwości powstania wszechświata z nicze-

³³ J. Ż y c i ń s k i, *Bóg i ewolucja. Podstawowe pytania ewolucjonizmu chrześcijańskiego*, Towarzystwo Naukowe Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego, Lublin 2002, s.95.

³⁴ F. Wilczek tę cechę uważa za jej atut – doskonałość w złożoności. F. W i l c z e k, *Lekkość bytu. Masa, eter i unifikacja sił*, dz. cyt., s. 147–149.

³⁵ J.C. P o l k i n g h o r n e, *Jeden świat. Wzajemne relacje nauki i teologii*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2008, s. 90.

³⁶ S. H a w k i n g, *Teoria Wszystkiego czyli krótka historia Wszechświata*, Wydawnictwo HELION, Gliwice 2009, s. 89.

³⁷ Jest to dobry przyczynek do postawienia pytania: w jakim stopniu w dyskursie naukowym odgrywają rolę takie elementy, jak: wzajemne relacje uczestników debaty, ich sympatie czy animozje, poglądy religijne, światopoglądowe, zaangażowanie ideologiczne, i na ile deformują one obraz nauki?

go (bazując na teorii kwantowej), aby następnie spokojnie przejść do stwierdzenia o niemożliwości stwierdzenia tego faktu empirycznie. D. Berlinski odpowiadając, pisze: „*Racja. Kosmologia kwantowa to gałąź matematycznej metafizyki. Nie podaje żadnego powodu powstania wszechświata, nie odpowiada na pierwsze pytanie kosmologiczne ani też nie potrafi odpowiedzieć dlaczego istnieje wszechświat, nie odpowiada więc także na pytanie drugie. Jeśli odjąć tajemniczość, jaką wprowadza skromna matematyka, która jej towarzyszy, to, co zostanie, nie będzie się znacząco różniło od rozmaitych mitów o stworzeniu świata, w których jego początki wiąże się z seksualnym zjazdem pierwotnych bóstw*”³⁸.

Mechanika kwantowa rości sobie prawo do odtworzenia tego, co się działo w pierwszych mikrosekundach wszechświata mimo tego, że wykracza to poza możliwości obecnych obserwacji czy badań. Okres niemowlęcy wszechświata może zostać jedynie odtworzony przy pomocy obliczeń lub wyobraźni, a wyobraźnia nie zna granic. Ponadto owoce tej wyobraźni leżą poza jakąkolwiek weryfikacją czy falsyfikacją. Te pierwsze, najwcześniejsze chwile, najmniejszych miliardowych z miliardowych ułamków sekund, oczekują w sensie wytłumaczenia na nową teorię fizyczną, która jeszcze nie powstała³⁹. Nie wiadomo również, o ile w ogóle powstanie, na ile nowa teoria wchłonie w siebie obecną mechanikę kwantową.

Od samego początku teoria kwantowa budziła olbrzymie kontrowersje. Zarzucano jej brak realizmu z powodu dualizmu metodologicznego. Teoria zakłada bowiem podział natury na dwie części: z jednej strony znajduje się system, który ma być obserwowany, z drugiej znajdują się ci, którzy obserwują. Teoria kwantowa tworzy w tym odniesieniu nowy język, który jest przez nią używany. Język ten mówi o obserwatorach, o ich przygotowaniach, ich pomiarach, o narzędziach przez nich używanych, mówi również o tym, co zostało zaobserwowane. Natomiast nic nie mówi na temat, i to jest istotne, jak wyglądałaby rzeczywistość podczas nieobecności obserwatorów. Z tego powodu metoda ta była odrzucana, nawet przez twórców mechaniki kwantowej. Einstein, Schrödinger, L. de Broglie uważali takie podejście do fizyki za niewłaściwe, ponieważ byli realistami. Nie mogli pogodzić się z teorią kwantową bez zastrzeżeń, bez względu na to, jak sprawdzała się w praktyce, ponieważ nie była dla nich teorią kompletną. Nie dostarczała, bowiem obrazu rzeczywistości, z którą nie mamy kontaktu. Innego zdania byli tacy uczeni, jak: Bohr, Heisenberg i wielu innych, którzy akceptowali nowy sposób uprawiania nauki.

Nowa antyrealistyczna metoda naukowa zyskała na popularności i została podbudowana teoretycznym uzasadnieniem. Popularność stanowisk antyrealistycznych we współczesnej filozofii nauki można tłumaczyć jako reakcję na naiwny realizm wcześniejszej epistemologii. Nauka wprowadzała w niej arbitralnie terminy teoretyczne, wskazując w ten sposób teren graniczny między bytem i niebytem. W miarę rozwoju teorii okazywało się, że niejednokrotnie terminy te są jedynie wygodnymi fikcjami, które nie posiadają żadnych odpowiedników w obiektywnej rzeczywistości. W ten sposób powstało stanowisko epistemolo-

³⁸ D. B e r l i n s k i, *Szatańskie urojenie. Ateizm i jego pretensje naukowe*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2009, s. 90.

³⁹ R. C l a r k e, *Nowe tajemnice Wszechświata*, dz. cyt., s. 45–46.

giczne nazwane empiryzmem konstruktywnym, którego twórcą jest B.C. van Fraassen. Kierunek ten stoi w opozycji do realistycznej epistemologii fizyki brnionej przez I. Leveigo i W. Sellarsa, która legitymuje teorie naukowe przez uznanie realnego istnienia obiektów teoretycznych postulowanych przez teorie. W antyrealistycznej filozofii empiryzmu konstruktywnego teorie traktowane są instrumentalnie. Bez nich nie byłoby poznania, jednak trzeba je rozumieć jako zło konieczne, i nie uważać ich za opis rzeczywistości. W myśl tej teorii, uczony przypisujący terminom teoretycznym obiektywne istnienie, powoduje się aktem wiary. Stanowisko takie prowadzi to agnostycyzmu⁴⁰.

Należy jednak zauważyć, że coraz liczniejsze stają się głosy krytyczne odnoszące się do nierealistycznego traktowania mechaniki kwantowej. Oto słowa jednego z wybitniejszych współczesnych fizyków teoretycznych L. Smolina: „*Problemy wynikają zatem z podziału świata, który jest niezbędny do tego, by nadać teorii kwantów sens. Jedną z trudności związana jest z tym, gdzie narysować linię podziału, która zależy od tego, kto dokonuje obserwacji. Kiedy obserwujesz atom, to zarówno ty sam, jak i twoje instrumenty znajdują się po jednej stronie, atom zaś – po drugiej. Załóżmy jednak, że za pomocą kamery video, którą ustawiłem w twoim laboratorium obserwuję, jak pracujesz. Mogę podglądać całe twoje laboratorium – włączając w to ciebie i twoje instrumenty, a także atomy, którymi się bawisz – jako tworzące jeden system, który jest przedmiotem mojej obserwacji. Po drugiej stronie będę tylko ja. Ty i ja zatem opisujemy dwa różne «systemy». Twój zawiera atom. Mój zawiera ciebie, atom i wszystko, czego używasz, by go zbadać. To, co widzisz jako pomiar, ja widzę jako dwa fizyczne układy wzajemnie oddziałujące ze sobą. A zatem nawet jeśli zgodzisz się, że dobrze byłoby, gdyby działania obserwatora stanowiły część teorii, teoria jako taka nie jest wystarczająca. Mechanika kwantowa musi zostać poszerzona, dopuścić wiele różnych opisów, zależnie od tego, kto jest obserwatorem*”⁴¹.

Mechanika kwantowa, obok ogólnej teorii względności, stanowi główną teorię fizyczną XX-wiecznej nauki. Zapoczątkowała rewolucyjne podejście w nauce do rzeczywistości i stała się przyczyną nowych dziedzin wiedzy, które mają jak najbardziej praktyczne zastosowanie: biologii molekularnej, elektroniki i informatyki. Z nimi głównie wiąże się przeszłość naszej cywilizacji, przynajmniej od strony technologicznej. Teoria kwantowa, obejmująca świat w mikroskali, stoi jednak w opozycji do teorii relatywistycznej, ujmującej świat w makroskali. (Ogólna teoria względności przedstawia bardzo dobry opis grawitacji i makrokosmosu, świata galaktyk, czarnych dziur oraz rozszerzającego się wszechświata.) W ciągu ostatnich dziesięcioleci między tymi teoriami była prowadzona wręcz zimna wojna. Każda z nich osiągała znaczące sukcesy w swoich obszarach badawczych. Sytuacja zmieniła się, gdy próbowały wyjść poza swoje granice. W warunkach ogromnych temperatur i ciśnień, gdy dochodzi do rozerwania, nawet cząstek elementarnych (Wielki Wybuch, czarne dziury), dochodzi do zderzenia obu teorii. Tu zawodzi fizyka relatywistyczna, a sprawdza się fizyka kwantowa. Niepokojącym również jest to, że

⁴⁰ M. H e l l e r, J. Ż y c i ń s k i, *Pasja wiedzy. Między nauką a filozofią*, Wydawnictwo Petrus, Kraków 2010, s. 192–201.

⁴¹ L. S m o l i n, *Kłopoty z fizyką. Powstanie i rozkwit teorii strun, upadek nauki i co dalej?*, dz. cyt., s. 31.

wszeczeńświat powstał w mikroskali, ewoluując do makroskali – nie zapominajmy o naszym pośrednim świecie. Mikro- i makroskala nie są przeciwnościami, stanowią *continuum*, i nie mogą być tłumaczone przez niespójne teorie. Wynika stąd, że nie są to teorie fundamentalne i należy spodziewać się teorii głębszej, obejmującej swoim zasięgiem całą rzeczywistość. Inna sprawa, czy my, jako podmioty poznające, jesteśmy w stanie taką teorię stworzyć? Zdania, jak zwykle, są podzielone. Jedni uważają, że jest to tylko kwestia czasu, inni, że natura nas przerasta i nigdy nie będziemy w potencji ją zgłębić. Obok zastrzeżeń płynących z konstytucji poznawczej człowieka, istnieją wątpliwości metodologiczne. Gdybyśmy nawet odkryli tzw. teorię wszystkiego, to jakie byłoby kryterium jej uznania? Na podstawie czego orzeklibyśmy, że jest ona ostateczną? Spotkać również można wątpliwości mniej formalne, na przykład F. Dyson zadaje pytanie o to, co w przypadku jej odkrycia robiliby fizycy?

Jedno jest pewne – pochod nauk przez ostatnie 100 lat nie ma precedensu w przeszłości. Człowiek rzeczywiście może czuć się dumny ze swoich osiągnięć. Jednak, jak uczy nas XX wiek, niezbędna w tym triumfie jest odpowiedzialność i pokora w stosunku do człowieka i przyrody. Wiek XIX kończył się triumfalizmem nauki (słowa lorda Kelvina o końcu nauki, bo wszystko zostało odkryte). W ciągu zaledwie jednego pokolenia ta triumfująca nauka została zastąpiona przez nową. Wydawałoby się, że była to lekcja konieczna, ale i też dostateczna dla przedstawicieli świata nauki. Okazuje się, że nie. Znowu odzywają się głosy podobne do tych, które charakteryzowały epokę scjentyzmu i są to nierzadko głosy wybitnych naukowców. Przedstawmy kilka wypowiedzi, pochodzących z 1997 r., znanego fizyka teoretycznego M. Kaku, jako swoiste memento:

„W ciągu niemal całych dziejów ludzkości człowiek był widzem. Mógł jedynie stać z boku i przyglądać się zachwycającemu tańcowi Przyrody. Obecnie znajdujemy się na ostrym wirażu, na styku epok. Wchodzimy w ten zakręt jako bierni obserwatorzy Natury, a wyjdziemy z niego wyposażeni w umiejętność tworzenia choreografii Przyrody. [...] Dobiega końca era odkryć w nauce, zaczyna się era mistrzostwa, epoka umiejętnego wykorzystania osiągnięć naukowych”⁴².

„Dzięki metodom biologii molekularnej będziemy mogli odcyfrowywać przekaz genetyczny tak, jakbyśmy czytali książkę. [...] Odkrycie to pozwoli nam poznać «instrukcję obsługi» istoty ludzkiej, co wpłynie zasadniczo na naukę i medycynę XXI wieku. Zamiast – jak dziś – biernie przyglądać się barwnemu korowodowi procesów życiowych, przesuwanymi się przed naszymi oczami, będziemy mogli, niczym bogowie, sterować życiem zgodnie z naszą wolą”⁴³.

„Do 2020 roku mikroprocesory staną się zapewne ogólnie dostępne i tanie jak makulatura, a «inteligentne» układy rozpowszechnią się na całym świecie. Nasze otoczenie zupełnie się odmieni. Inna będzie struktura handlu, wzrośnie dobrobyt, radykalnym zmianom ulegną sposoby komunikowania się, pracy, rozrywki i życia. Będziemy mieli wspaniałe mieszkania, samochody, telewizory, szykowne ubrania, biżuterię i dużo pieniędzy”⁴⁴.

⁴² M. Kaku, *Wizje. Czyli jak nauka zmieni świat w XXI wieku*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2010, s. 19.

⁴³ Tamże, s. 25.

⁴⁴ Tamże, s. 31.

THE STRANGE WORLD OF QUANTA

SUMMARY

The article entitled “The strange world of quanta” tries to explain, in a very general and selective way, the physics theory known as the quantum mechanics. In opposition to the classical modern theories – the classical mechanics and the mechanism – the quantum mechanics has been characterized as the new revolutionary theory which changed the scientific method and the way the reality was perceived in the XXth century. The title of this article is inspired by the apparent divergence between the everyday world and the world described by the quantum mechanics. The quantum physics is a theory which has been confirmed empirically multiple times and which greatly influenced the technological development in the XXth century. It is also hoped that it will help the humanity in the future. However, as the theory which describes the micro-scale world it stands in opposition to another influential theory of the XXth century – the general theory of relativity – which describes the macro-scale world. The problem is that these two theories can not be both fundamental and true at the same time, as they describe the two aspects of the same world. This incoherence of the laws of the universe is especially disturbing when we take into account the fact that according to the Big Bang theory the universe emerged from the micro-world. Therefore, the science community awaits the emergence of the so-called “theory of everything” which could unify both theories and explain the processes taking place in the micro- and macro-scale equally well.