

Filozofia Kwantowa

Nauka Mechaniki kwantowej w szkole jest z pewnością jednym z najtrudniejszych wyzwań zarówno dla uczniów jak i nauczycieli. Nie dość, że jest to teoria skomplikowana zarówno pod względem matematycznym jak i koncepcyjnym, to co gorsza nawet wśród samych Fizyków nie ma ogólnie przyjętego konsensu co do interpretacji pojęć w niej występujących. Zadając przykładowe pytania „czym jest funkcja falowa?”, „czym jest pomiar?”, itp. możemy spotkać się z diametralnie różnymi odpowiedziami nawet jeśli ograniczymy się do grona Fizyków uznawanych powszechnie za autorytety naukowe i odsiejemy najbardziej egzotyczne poglądy z marginesu środowiska naukowego. Te trudności w zrozumieniu i nauczaniu Mechaniki Kwantowej są jednak niepowtarzalną okazją, żeby pokazać naukę nie jako zamkniętą całość i pewien zestaw przepisów na przeprowadzanie rachunków, które mogą być przydatne w inżynierii i technice, ale jako fascynujący obszar działalności umysłowej człowieka, dzięki któremu, mówiąc nieco górnolotnie, mamy niepowtarzalną okazję „otrząść się o tajemnicę Wszechświata”. Dla części uczniów o nastawieniu „ateistycznym” (ale jednak posiadających pewne filozoficzne zaciekawienie światem), których nie porywają osiągnięcia inżynierii i techniki bazujące na przełomowych odkryciach Fizyki i dla których próby opowiedzenia jak działa lodówka, albo radio spotkają się ze stwierdzeniem „po co mi to?”, może to być jedyny sposób na pokazanie piękna i głębi Fizyki. Z tego punktu widzenia Mechanika kwantowa jest naprawdę wyjątkowa, gdyż w odróżnieniu od wszystkich pozostałych działów Fizyki, o których mówi się w szkole (wliczając w to nawet teorię względności), nie sposób nie natknąć się podczas dyskusji o niej na problemy o naturze głęboko filozoficznej dotyczącej fundamentów samej metody naukowej.

Zacznijmy więc od wizji świata, która wyłania się w sposób naturalny z języka Fizyki klasycznej. Świat składa się z *obiektów*, takich jak planety, atomy, punkty materialne, ciała sztywne, fale elektro-magentyczne, itp., które mają pewne *swoje* cechy fizyczne tj. masa, kształt, ładunek elektryczny, położenie, prędkość itp. Obiekty te mogą następnie oddziaływać ze sobą i w wyniku tych oddziaływań ewoluują w sposób *deterministyczny*. Zadaniem fizyki jest ustalenie istotnych cech fizycznych obiektów i praw rządzących ich oddziaływaniami oraz ewolucją, tak aby być w stanie przewidywać przyszłe stany Wszechświata rozumiane jako znajomość wartości cech fizycznych wszystkich znajdujących się w nim obiektów. To co jest tu najważniejsze, to to, że obiekty są tu traktowane jako byty względnie autonomiczne, które można wydzielić od reszty Wszechświata, a ich cechy fizyczne mają charakter jak najbardziej obiektywny i przynależą „do nich samych”. W takim opisie, pomiar wykonywany przez hipotetycznego eksperymentatora nie zajmuje jakiegoś szczególnego miejsca. Pomiar jest po prostu poznaniem wartości pewnej cechy fizycznej np. prędkości, która miała dobrze określoną wartość niezależnie od faktu wykonywania czy nie wykonywania pomiaru. Oczywiście w praktyce każdy pomiar, również w ramach opisu klasycznego, zaburza mierzony obiekt, np. pomiar temperatury termometrem, jednak w zasadzie w ramach fizyki klasycznej nie ma fundamentalnych ograniczeń, które nie pozwoliłyby nam uczynić pomiaru dowolnie nieinwazyjnym i tym samym traktować go jako niewinne podejrzenie wartości

pewnej wybranej przez nas cechy fizycznej obiektu. W konsekwencji, skoro pojęcie pomiaru jest jedynie nieznaczącym dodatkiem w całej teorii, rola samego obserwatora też nie odgrywa istotnej roli. Można podać pewien „obiektywny stan” Wszechświata, gdzie wszystkie obiekty mają dobrze określone wartości *wszystkich potencjalnie mierzalnych* cech fizycznych. Oczywiście konkretne wartości wielkości takich jak prędkość, położenie czy nawet masa (w ramach teorii względności) mogą zależeć od układu odniesienia w ramach jakiego opisujemy stan Wszechświata i w tym sensie obserwator nie jest całkowicie usunięty z opisu. Nie mniej jednak uwzględnienie wpływu obserwatora na opis zjawisk sprowadza się tutaj do pewnych reguł na transformację wielkości fizycznych z jednego układu odniesienia do drugiego, ale nie zmienia faktu, że wszystkie te wielkości fizyczne mają zawsze dobrze określone wartości dla wszystkich obserwatorów.

Ogromne sukcesy fizyki klasycznej w wyjaśnianiu niewyobrażalnie szerokiej gamy zjawisk od astronomii, optyki, mechaniki, elektromagnetyzmu, termodynamiki aż do fizyki cząsteczkowej sprawiły, że wizja świata wyłaniająca się z niej stała się jednym z dominujących postaw filozoficznych w środowisku naukowym. Wizję tę będziemy tu określać mianem *realizmu obiektywnego* mając na myśli przede wszystkim to, że istnieje określony obiektywny stan Wszechświata i w jakimś sensie można ten Wszechświat opisać „z zewnątrz” z punktu widzenia biernego obserwatora, który został przesunięty poza jego granice i nie jest elementem procesów w nim zachodzących. Myślę, że jest to jeden z częstszych obrazów Wszechświata jaki nam się pojawia (mogę tak z pewnością twierdzić na podstawie samego siebie), gdy próbujemy o nim myśleć jako całości. Próbując go objąć całego, mimowolnie wychodzimy poza jego granice aby „objąć go naszym wzrokiem”. Mimo, że trudno przypisać jakiś konkretny sens tego typu perspektywie (co to znaczy być poza Wszechświatem) wizja realizmu obiektywnego w jakiś sposób zachęca nas do tego sugerując, że dla opisu całości Wszechświata nasza rola jako obserwatora jest drugorzędna i mamy prawo zignorować fakt, że sami jako opisujący jesteśmy nierozłącznie związani z opisywanym przez nas Wszechświatem.

Konsekwencją przyjęcia takiej wizji świata, była też tendencja do rozluźnienia więzów pomiędzy Fizyką a filozoficzną refleksją nad przyrodą, która towarzyszyła nam od starożytności i stanowiła bazę na której wyrosły współczesne nauki przyrodnicze, a w szczególności Fizyka. Podkreślano rolę eksperymentu, skupieniu się na faktach i związkach pomiędzy nimi odrzucając wszelką metafizykę jako bezowocne dywagacje nie prowadzące w najmniejszym stopniu do głębszego zrozumienia przyrody. Można powiedzieć, że dobrze się stało. Fizyka dojrzała, nie potrzebuje już obudowy filozoficznej, która choć przyczyniła się do jej wykształcenia, stała się teraz bezużyteczna i stanowi jedynie balast dla dalszego rozwoju nauki. Wydaje się, że jest to typowa postawa wśród tzw. zdroworozsądkowych naukowców, która nie da się zaprzeczyć ma swoje uzasadnienie. Ogromna większość tekstów filozoficznych istotnie nie przyczyniła się w najmniejszym stopniu do rozwoju nauki ani do jakiegokolwiek głębszego poznania przyrody. Zamiast więc tracić czas na ogólne rozważania o charakterze metafizycznym, lepiej skupić się na konkretnej działalności badawczej i krok po kroku zbliżać się do ostatecznego poznania. I tu właśnie ku zaskoczeniu chyba wszystkich wchodzi na scenę Mechanika Kwantowa...

Wprowadzony przez Plancka w 1900 r. postulat skwantowania energii, która może być wymieniana pomiędzy materią a promieniowaniem, a w konsekwencji powstanie koncepcji fotonu jako niepodzielnej porcji energii promieniowania elektro-magnetycznego zburzyło podstawy całej fizyki klasycznej. Najprościej można docenić te konsekwencje analizując dwa elementarne eksperymenty ze światłem.

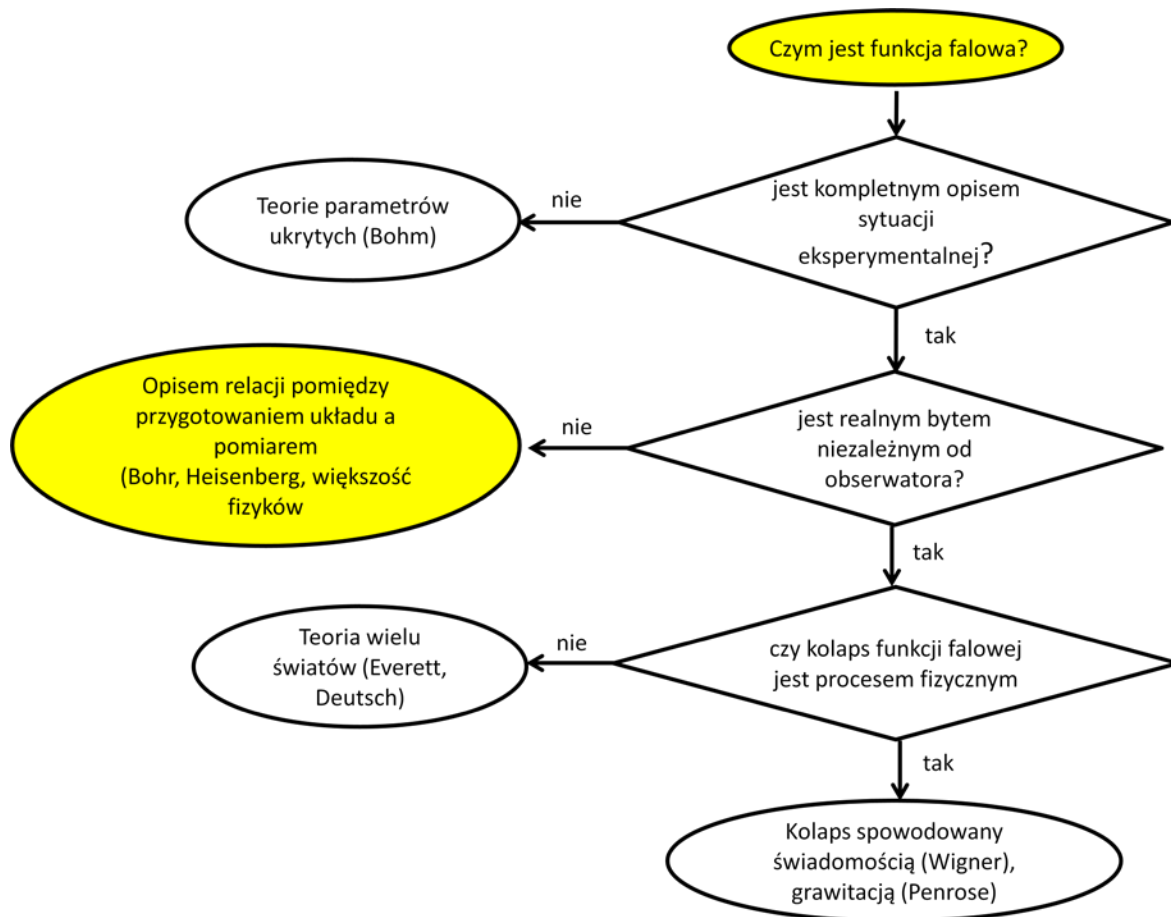
Rozważmy najpierw szklaną płytkę światło-dzielącą, która przepuszcza połowę natężenia światła a drugą połowę odbija. Myśląc w sposób klasyczny opiszemy to zjawisko w prosty sposób: na płytkę pada fala elektro-magnetyczna o amplitudzie pola elektrycznego E i następnie dzieli się na wyjściu na dwie fale przechodzącą i odbitą każda z nich o amplitudzie $E/\sqrt{2}$, dzięki czemu suma natężeń (które jest proporcjonalne do kwadratu amplitudy) na wyjściu będzie równa natężeniu wejściowemu. Co się jednak stanie jeśli puścimy na płytkę promieniowanie, w którym zawarty jest dokładnie jeden kwant energii. Nie może się on podzielić na płytce. Oznacza to, że jeśli na dwóch wyjściowych drogach umieścimy dwa detektory jedynie jeden z nich może „kliknąć”. Z drugiej strony wiemy, że powtarzając eksperyment wielokrotnie znajdziemy się w końcu w reżimie klasycznym silnych wiązek, gdzie wiemy, że połowa natężenia światła powinna przejść a połowa się odbić. Oznacza to, że spośród naszych fotonów połowa powinna przejść przez płytkę, a połowa się odbić. Jak jednak ma się zachować pojedynczy foton. Jeśli chcielibyśmy bronić determinizmu, musielibyśmy uznać, że we Wszechświecie istnieją dwa rodzaje fotonów, te które przejdą przez tak ustawioną przez nas płytkę (fotony P) i te które się odbiją (fotony O) i że w używanych przez nas źródłach światła z jakiegoś powodu fotony O i P występują w równych ilościach. Łatwo sobie wyobrazić jakie karkołomne konstrukcje bylibyśmy zmuszeniu wykonać, żeby w ten sposób opisać zachowanie fotonów przechodzących przez sekwencję wielu ustawionych po sobie w różnych konfiguracjach elementów optycznych. Znacznie bardziej ekonomiczne z punktu widzenia złożoności opisu jest porzucenie założenia determinizmu i poszukiwania ukrytych cech fotonów, które determinują ich zachowanie na wszystkich możliwych układach płytek światłodzielących, które mogą ustawić nieodpowiedzialni fizycy przez kolejne stulecia, i uznanie, że fotony zachowują się w sposób *probabilistyczny*, czyli ograniczyć się do stwierdzenia, że dany foton z prawdopodobieństwem $\frac{1}{2}$ przez płytkę przejdzie, a z prawdopodobieństwem $\frac{1}{2}$ od płytki się odbije. Widzimy więc, że z pozornie niewinnego założenia skwantowania energii niesionej przez światło, już na podstawie tak prostego eksperymentu myślowego jesteśmy nagle zmuszeni do porzucenia fundamentu fizyki klasycznej jakim był determinizm. I jest to dopiero początek rewolucji.

Przejdźmy teraz do standardowego eksperymentu myślowego z dwoma szczelinami, który pojawia się praktycznie zawsze gdy próbujemy wprowadzić podstawowe intuicje związane z mechaniką kwantową, a o którym Feynman mówił, że tak naprawdę rozumieć Mechanikę Kwantową to rozumieć eksperyment z dwoma szczelinami. W eksperymencie światło pada na przesłonę z dwoma szczelinami w taki sposób, że na ekranie za szczelinami powstaje obraz interferencyjny. Postać tego obrazu można z łatwością wytłumaczyć w oparciu o optykę falową gdzie fale wtórne wychodzące z dwóch szczelin interferują w danym miejscu ekranu konstruktywnie lub destruktywnie w zależności od różnicy dróg optycznych od każdej ze

szeliny do danego punktu ekranu. Postać obrazu interferencyjnego nie zmieni się jeśli osłabimy źródło światła na tyle, że w jednym momencie w układzie mamy do czynienia co najwyżej z jednym fotonem. Oczywiście, musimy poczekać wtedy odpowiednio dłużej, żeby wiele pozornie przypadkowych plamek na ekranie związanych z uderzeniem pojedynczego fotonu w dane miejsce utworzyło czytelny obraz interferencyjny. Postępując analogicznie jak w eksperymencie myślowym z płytką światłodzielącą, powiemy, że dla każdego fotonu możemy wyznaczyć pewną funkcję gęstości prawdopodobieństwa uderzenia w dane miejsce ekranu, i że zachowanie konkretnego fotonu jest probabilistyczne. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa będzie proporcjonalna do klasycznie obliczonej funkcji rozkładu natężenia klasycznego obrazu interferencyjnego na ekranie, co jest konieczne aby mieć zgodność teorii kwantowej z granicą klasyczną, gdzie rozważamy silne wiązki światła. Tu w zasadzie nie pojawiło się nic fundamentalnie nowego w porównaniu z wnioskami z poprzedniego eksperymentu myślowego się nie pojawiło. Ciekawie się robi, kiedy myśląc intuicyjnie o fotonie jako *obiekcie*, z którym oswoiła nas fizyka klasyczna, zaczynamy pytać np. o to, przez którą szczelinę przeszedł konkretny foton, zarejestrowany w danym punkcie ekranu. W końcu położenie było cechą klasycznych obiektów fizycznych, które miało dobrze określoną wartość w każdej chwili czasu. Jeśli powiemy, że foton przeszedł pierwszą szczeliną trudno w tym momencie wytłumaczyć co tak naprawdę interferuje ze sobą, skoro w drugiej szczelinie nie ma nic. Jesteśmy zmuszeni do uznania, że „foton interferuje sam ze sobą”, albo inaczej mówiąc nie można mu przypisać konkretnej wartości położenia w chwili czasu gdy przechodzi przez szczeliny przesłony. Położenie fotonu nie jest *jego cechą*, która ma określoną wartość w każdej chwili trwania eksperymentu. W naszym eksperymencie myślowym można ją przypisać fotonowi dopiero w momencie detekcji na ekranie. W tym sensie należałoby powiedzieć, że położenie fotonu *uzyskuje określoną wartość* dopiero w wyniku pomiaru. Co więcej, jeśliby zmodyfikować eksperyment w taki sposób, że w pobliżu dwóch szczelin umieszczone zostaną czujniki przejścia fotonu (założmy, że potrafimy stworzyć takie nie pochłaniające fotonu urządzenia), to okaże się, że owszem możemy już precyzyjnie przypisać położenie fotonu w momencie przechodzenia przez szczeliny, ale obraz interferencyjny znika! Zmieniliśmy schemat pomiarowy i w efekcie uzyskaliśmy pożądaną przez nas odpowiedź na pytanie „którą szczeliną?”, jednak kosztem kompletnej zmiany dalszego przebiegu zjawiska.

Stan obiektów kwantowych nie jest więc zestawem wartości wszystkich potencjalnie mierzalnych wielkości fizycznych, jak to miało miejsce w fizyce klasycznej. Wprowadzamy na to miejsce pojęcie funkcji falowej, która pozawala na formułowanie probabilistycznych przewidywań odnośnie zachowania układów kwantowych uwzględniając oddziaływania z innymi układami, jak i cały kontekst pomiarowy w jakim rozważany jest dany układ. W przytoczonych przez nas eksperymentach myślowych funkcja falowa będzie ściśle związana z wartościami pól elektrycznych i magnetycznych klasycznej fali elektromagnetycznej ewoluującej poprzez dany układ elementów optycznych, a jej kwadrat modułu (jako, że jest funkcją zespoloną) z natężeniem tej fali. W momencie pomiaru, kiedy np. cząstka zostaje zlokalizowana w danym obszarze przestrzeni, funkcja falowa zmienia się w taki sposób aby reprezentować nowy zlokalizowany stan cząstki. Formalnie, zmiana funkcji falowej w wyniku pomiaru następuje natychmiastowo i określana jest mianem „kolapsu funkcji

falowej”. Tak naprawdę, większość dyskusji interpretacyjnych dotyczących Mechaniki Kwantowej można sprowadzić do jednego pytania „Czym jest funkcja falowa?”. Poniższy diagram ilustruje najpopularniejsze interpretacje uporządkowane ze względu na sposób odpowiedzi na to pytanie.



W ramach standardowej interpretacji (oznaczonej w powyższym diagramie na żółto), funkcja falowa jest pewnym narzędziem pozwalającym przewidzieć związki pomiędzy przygotowaniem układu a jego pomiarem i ma charakter operacyjny nierozdzielnie związany z danym obserwatorem. Prowadzi to do ostatecznego porzucenia „realizmu obiektywnego” co zgrabnie podsumowują poniższe cytaty:

Pojęcie obiektywnej rzeczywistości wyparowało, zastąpione przez przejrzysty matematyczny formalizm, który nie opisuje już zachowania samych cząstek a raczej naszą wiedzę o tym zachowaniu. (Werner Heisenberg)

Tym, co obserwujemy, nie jest przyroda sama w sobie, lecz przyroda, jaka nam się jawi, gdy zadajemy jej pytania we właściwy nam sposób. (Werner Heisenberg)

Stan kwantowy nie jest obiektywną własnością pojedynczego układu, ale informacją uzyskaną ze sposobu przygotowania układu, która może być użyta to przewidywania wyników przyszłych pomiarów. Kolaps funkcji falowej zachodzi w umyśle obserwatora, nie dlatego, że zachodzi tam jakiś szczególny proces fizyczny, ale dlatego, że stan jest pojęciowym konstruktem samego obserwatora. (Asher Peres)

Sugerowane przez Mechanikę Kwantową porzucenie „realizmu obiektywnego” spotkało się z entuzjastycznym przyjęciem wśród osób, którym bliska jest filozofia wschodu zwłaszcza

buddyjskie spojrzenie na świat jako nierozdzielnej całości, w ramach której nie możliwe jest mówienie o niezależnych obiektach istniejących samych w sobie. Co ciekawe pogląd o pewnych analogiach między wnioskami płynącymi z interpretacji Mechaniki Kwantowej a Filozofią wschodu podzielał jeden z jej twórców Erwin Schroedinger:

Nasza nauka - rodem z Grecji - opera się na zasadzie obiektywizacji.... moim zdaniem nasz dotychczasowy sposób myślenia wymaga w tej kwestii jakiejś zmiany, przydałby mu się niewielki zastrzyk myśli wschodu. Wymaga to ostrożności, nie chcemy się przecież wyżyć nieznaną w żadnej innej epoce logicznej ścisłości jaką osiągnęło nasze myślenie naukowe. (Erwin Schroedinger „Czym jest życie”)

Najsłynniejszym przedstawicielem Filozofii wschodu niezwykle zainteresowanym osiągnięciami Mechaniki Kwantowej jest sam Dalailama organizujący coroczne konferencje naukowo-filozoficzne „Mind and Life”, podczas których jednym z częstych gości bywał Anton Zeillinger, fizyk doświadczalnych słynący z pionierskich eksperymentów w dziedzinie fundamentalnych zjawisk kwantowych. Poniższe cytaty ilustrują ciekawe podobieństwa pomiędzy tymi z pozoru nie związanymi ze sobą światami filozofii buddyjskiej i mechaniki kwantowej:

Rzeczy i zdarzenia są 'puste' w takim sensie, że nie posiadają żadnej niezmiennej esencji ani absolutnego istnienia, które zasługiwało by na miano „niezależności” od reszty. [...]Materia nie może być obiektywnie pojmowana i opisywana poza obserwatorem – materia i umysł są współzależne. (Dalailama, „The universe in single atom”)

Kiedy fizycy przeprowadzają eksperymenty w laboratorium, są realistami. Mówią o fotonach i elektronach poruszających się tu i tam. W momencie jednak, gdy rozpoczniesz dyskusję filozoficzną i zapytasz ich o podstawy mechaniki kwantowej, większość powie, że tak naprawdę nic nie istnieje w oderwaniu od kontekstu pomiarowego, który to coś definiuje. (Anton Zeilinger)

Jeszcze dobitniejsze stwierdzenia można znaleźć w niektórych popularnych książkach Gary’ego Zukava, w których choć autor momentami wystawia nas na trudną próbę strawienia czoła nieco bełkotliwym zdaniom w stylu „foton przetwarza informację i jest obiektem organicznym” to pojawiają się też w nich miejscami sformułowania dość trafne, np.:

Zgodnie z mechaniką kwantową nie ma takiej rzeczy jak świat obiektywny. Nie możemy wyeliminować siebie z opisu [...]Obserwator i to co obserwowane są ze sobą splecione w prawdziwym i fundamentalnym sensie. Dokładna natura tego splecenia nie jest jasna, ale sugeruje że podział na „świat zewnętrzny” i „świat wewnętrzny” jest iluzją. (Gary Zukav, „Tańczący mistrzowie Wu Li”)

W ten sposób wychodząc z Mechaniki Kwantowej docieramy tak naprawdę do jednego z najbardziej doniosłych problemów w historii myśli filozoficznej, czyli problemu dualizmu, związanego z relacją umysł-materia, czy też ja-świat zewnętrzny:

Cząstki nie posiadają cech obiektywnych niezależnych od mojego umysłu. W fizyce atomowej przestaje obowiązywać ostry kartezjański podział na umysł i materię. Nie można mówić o przyrodzie nie mówiąc jednocześnie o sobie. (Fritiof Capra, „Punkt Zwrotny”)

Nic więc dziwnego, że cytaty niosące podobne myśli można znaleźć również w filozofii zachodu jeszcze w okresie kiedy trudno byłoby ją posądzić o bycie pod wpływem idei wypływających z wyników Mechaniki Kwantowej. Jako, że jest to fakt może nie do końca znany, a warty podkreślenia zwłaszcza w szkole, warto przytoczyć cytat jednego z

najwybitniejszych myślicieli polskich XX wieku, który jednak częściej jest kojarzony ze swoją działalnością artystyczną niż filozoficzną, chociaż jak sam pod koniec życia przyznawał, to tę drugą cenił bardziej:

Układ nasz, z którego żadną miarą wyjść nie możemy, rozbitny jest na podmiot i przedmiot, których rzeczywistego stosunku nigdy nie wyjaśnimy, ponieważ nie jesteśmy obojętnymi spektatorami zjawisk, ale jedną ze stron działających. (Stanisław Ignacy Witkiewicz „O Dualizmie”)

Można teraz pokusić się o pewne ogólne spojrzenie na historyczny rozwój Fizyki z punktu widzenia roli jaką odgrywał obserwator w opisie świata. W Fizyce Arystotelesa Ruch był pojęciem absolutnym. Prawa fizyki zdefiniowane były względem jedynie słusznego absolutnego układu odniesienia (Ziemia). W Fizyce nowożytnej już od czasu Galileusza i Newtona Ruch stał się pojęciem względnym, zależnym od obserwatora, nie mniej wciąż np. czas i przestrzeń utrzymały swój status pojęć absolutnych, a obiekty fizyczne wciąż posiadały swoje cechy niezależnie od obserwatora. Teoria względności zwiększyła dodatkowo rolę obserwatora wykazując, że nie tylko ruch ale też czas, przestrzeń jak również masa są pojęciami fizycznymi zależnymi od obserwatora. Nie mniej, to dopiero Mechanika Kwantowa każe zrezygnować, z traktowania obiektów fizycznych jako posiadających pewien ustalony zestaw cech, których ilościowy charakter co prawda może zależeć od wyboru konkretnego układu odniesienia, ale wszystkie te cechy są jednocześnie określone dla wszystkich obserwatorów. W Mechanice Kwantowej rola obserwatora staje się naprawdę fundamentalna, gdyż sam opis świata jest sformułowany od początku z perspektywy tegoż obserwatora czyli *od wewnątrz*. Można by powiedzieć, że tak jak realizm obiektywny był próbą opisu świata *od zewnątrz* po uprzednim usunięciu się obserwatora z tegoż Wszechświata, mechanika kwantowa wymusiła na nas ponowne włożenie obserwatora do środka i ograniczenie się do obrazu Wszechświata widzianego od wewnątrz.

Oczywiście, istnieje grupa fizyków, i to wybitnych fizyków, którzy traktują fakt porzucenia klasycznego realizmu obiektywnego jako porażkę poznawczą, a nie wejście na wyższy poziom poznania. Roger Penrose, który stara się obronić realizm, przypisując funkcji falowej istnienie obiektywne a sam fakt pomiaru i tzw. kolapsu funkcji falowej stara się powiązać z efektami grawitacyjnymi, pisze:

Nie można pogodzić się z teorią kwantów. Musimy ją zmienić, tak by dostarczała wiarygodnego obrazu świata [...] Jeśli zinterpretujemy dosłownie deklarację niektórych najśłynniejszych zwolenników teorii kwantów, to nie otrzymamy w ogóle żadnego obrazu świata (Roger Penrose, Cienie Umysłu)

Mówiąc o braku obrazu w ogóle, Penrose ma na myśli właśnie brak realizmu obiektywnego. Pośród pozostałych obrońców realizmu do najśłynniejszych należą David Bohm i Hugh Everett. Bohm stworzył teorię parametrów ukrytych pozwalającą przywrócić determinizm i obiektywne istnienie cech fizycznych obiektów kosztem założenia istnienia gigantycznej liczby niezaobserwowanych parametrów, które determinują zachowanie cząstek. Teoria ta nie ma zbyt wielu zwolenników w obliczu ogromnej liczby dowodów doświadczalnych na łamanie tzw. nierówności Bella, które wykluczając wszystkie teorie parameterów ukrytych z wyjątkiem takich, w których zaburzona byłaby przyczynowość, co jest chyba nieco zbyt wygórowaną ceną jaką należałoby zapłacić za obronę realizmu. Everett sformułował teorię, w ramach której nigdy nie następuje kolaps funkcji falowej, istnieją wszystkie składniki

superpozycji, a nasza świadomość, która jest też układem kwantowym żyje w jednym z tych składników i dlatego obserwuje konkretne wyniki pomiarów. Istnieje przy tym jednocześnie nieskończenie wiele innych „naszych świadomości” obserwujących inne wyniki pomiarów i w ten sposób cały wszechświat w sensie istnienia obiektywnego jest wielo-światem z wszystkimi możliwymi wariantami swojej ewolucji istniejącymi jednocześnie. Teoria ta znana jest pod nazwą teorii wielu światów i mimo swej aury fantastyczności jest wyznawana przez wcale nie znikomą liczbę współczesnych fizyków.

Można więc traktować Mechanikę Kwantową jako narzędzie do liczenia pewnych przydatnych praktycznie wielkości i postępować zgodnie z receptą „o czym nie można mówić, o tym trzeba milczeć”. Wydaje mi się, że poprzestając na tym tracimy wgląd w coś niezwykle głębokiego, co prześwituje z „tajemnicy Wszechświata” poprzez zaobserwowane przez nas zjawiska kwantowe. Jeśli choć fragment z przedstawionych tu wywodów na temat wyróżnionej roli obserwatora, którą narzuca nam Mechanika Kwantowa i konieczności porzucenia realizmu obiektywnego ma sens, jest to doprawdy niesamowite, że wielowiekowy filozoficzny problem dualizmu psycho-fizycznego zyskał nowe światło dzięki teorii, która wyrosła na próbie wyjaśnienia dlaczego rozgrzane ciała promieniają w taki a nie inny sposób. Samo to pokazuje jak potężnym narzędziem jest Fizyka i jak potrafi zaskakiwać samych swych twórców. Wydaje się też, że dzięki takiemu spojrzeniu istnieje niepowtarzalna okazja aby pokazać Fizykę z jej „humanistycznej” strony, zaciekawiając tym tych, którzy widzieli w niej do tej pory jedynie równie pochyłe i zębatki.