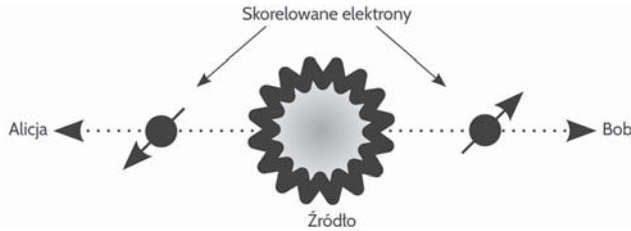


Lokalny realizm stwierdza, że cząstka ma określoną cechę niezależnie od obserwatora, który dokonuje jej pomiaru. Jest to pogląd, który podziela zarówno sir Isaac Newton, jak i Einstein. Związany jest z filozoficzną ideą, że istnieje obiektywna rzeczywistość, która jest niezależna od tego, czy ma ona obserwatora, czy nie. Księżyc będzie nadal istniał, nawet jeśli wszystkie formy życia na Ziemi nagle oślepną. Ale mechanika kwantowa mówi, że obiekty nie mają dającego się zdefiniować stanu, dopóki nie zostaną zmierzone lub zaobserwowane. Jest to weryfikowane zarówno opóźnionym wyborem, jak i eksperymentami z przyjacielem Wignera, opisującymi obiekty makroskopowe w stanie mieszanym, czyli w superpozycji, która „się redukuje” dopiero po dokonaniu obserwacji. Tak więc mechanika kwantowa narusza realizm lokalny.

Realizm lokalny można wprowadzić ponownie do mechaniki kwantowej, jeśli istnieją ukryte zmienne, które zmieniają mechanikę kwantową w teorię deterministyczną. De Broglie oświadczył, że fale materii i cząstki nie są kompatybilnymi opisami, gdyż fale materii, nazwane przez niego falami pilotującymi, są świadectwem leżącej u ich podstaw teorii, której szczegóły dopiero odkryjemy i które zapewniają brakujący parametr (zmienną), aby opis stał się w pełni deterministyczny. Aby zobaczyć, jak to działa, musimy użyć cząstek w splątanym stanie kwantowym (superpozycji).

W 1935 roku Einstein, Nathan Rosen (1909–1995) i Boris Podolsky (1896–1966) wyobrazili sobie eksperyment, który nazywa się teraz eksperymentem EPR, a w którym dwie cząstki są tworzone w stanie superpozycji. Na przykład gdy cząstka i jej antycząstka się połączą, dwa wynikowe fotony muszą mieć dokładnie przeciwną polaryzację. Fotony opuszczają miejsce anihilacji i wędrują w przestrzeń. Jeśli obserwator wykryje polaryzację swojego fotonu jako „up”, to natychmiast wie, że obserwator drugiego fotonu pomierzy swój foton jako „down”. Możemy jednak oddzielić od siebie obserwatorów tak bardzo, że sygnał świetlny nie będzie miał czasu na podróż między obserwatorami, aby zagwarantować, że drugi foton jest przeciwny. Ponieważ informacja nie może wędrować szybciej od światła, pozostajemy z dwoma fotonami w czymś, co nazywamy stanem splątania w odległościach makroskopowych, niemniej zdefiniowanym jako jeden stan kwantowy. Widocznie informacja podróżuje szybciej od światła, co nie jest możliwe, lub opis stanu każdego fotonu niesie więcej ukrytych informacji o wynikach pomiaru, niż jest to dozwolone w mechanice kwantowej, co oznacza, że mechanika kwantowa nie jest kompletną teorią. Jak możemy zdecydować, co jest czym?



Eksperyment EPR (Einsteina, Podolskiego i Rosena) umieszcza dwie cząstki w jednym stanie kwantowym tak, aby pomiar jednej cząstki mówił nam dokładnie, w jakim stanie jest druga cząstka, najwyraźniej gwałtując zasadę względności, że informacja nie może podróżować szybciej od światła

W 1964 roku John Stewart Bell (1928–1990) udowodnił, że druga interpretacja, wedle której mechanika kwantowa jest niepełna, także jest nieprawdziwa. Teoria Bella mówi, że: „Żadna teoria fizyczna lokalnych ukrytych zmiennych nie może nigdy odtworzyć wszystkich przewidywań mechaniki kwantowej”. Sprawdzenie tej teorii zostało pomysłowo opracowane przez samego Bella poprzez test przewidywanej polaryzacji splątanych fotonów przy założeniu, że realizm lokalny jest prawdą lub że nielokalny realizm mechaniki kwantowej jest prawdą. Wprowadził wielkość matematyczną nazwaną S , która stanowiła całkowity zmierzony spin dwóch cząstek eksperymentu. Test obejmował nierówność $|S| < 2,0$, która byłaby ściśle przestrzegana, jeśli ukryte zmienne rzeczywiście by istniały, ale byłaby naruszona, jeśli ściśle przestrzegana byłaby mechanika kwantowa.

Począwszy od lat siedemdziesiątych XX wieku, przeprowadzono szereg coraz bardziej wyrafinowanych eksperymentów, aby sprawdzić, czy równania Bella są spełnione. W 2015 roku „rozstrzygające” testy zostały opublikowane przez B. Hensena z Delft University of Technology, który twierdził, że $|S| = 2,42 \pm 0,20$, co jest nazywane dwunastokrotnym wynikiem ($12-\sigma$), gdyż wartość jest 12 razy większa niż statystyczne odchylenia danych, oraz przez Marissę Giustinę z Institute for Quantum Optics and Quantum Information w Wiedniu w Austrii, która podała jedenastokrotny wynik ($11-\sigma$). Podstawą jest stwierdzenie, że każda teoria o ukrytych zmiennych do skorygowania niekompletności mechaniki kwantowej i wprowadzenia idei fali pilotującej de Broglie’a została przez te eksperymenty wykluczona co najmniej do poziomu jedenastokrotnego. Ten rodzaj pewności statystycznej odpowiada pomierzonej wartości występującej mniej więcej raz na jeden bilion bilionów pomiarów, jeśli były to