

Strzał atomową futbolówką

Zgodnie z mechaniką kwantową każdy obiekt materialny jawi się, zależnie od warunków, jako fala lub jako cząstka. Ten pogląd, chociaż stanowi fundament wiedzy o świecie atomowym, jest zupełnie sprzeczny z codziennym doświadczeniem. Wszak cząstka to cząstka, a fala to fala. Fizycy jednak są przekonani, że prawa mechaniki kwantowej są uniwersalne i stosują się nie tylko do najmniejszych obiektów. Ostatnio wykonano finezyjny eksperyment, który pokazał, że fulleren - krągła piłeczka zbudowana aż z 60 atomów węgla - może się zachowywać jak fala.

Stanisław Mrówczyński

Początków koncepcji dualizmu korpuskularno-falowego należy szukać w słynnej, uhonorowanej Nagrodą Nobla pracy Alberta Einsteina z 1905 r., dotyczącej tzw. efektu fotoelektrycznego. Genialny uczony doszedł do wniosku, że promień światła oddziałując z materią przypomina bardziej strumień cząstek - fotonów niż, jak chce tego fizyka klasyczna, falę. Pogląd ten ma ciekawą prehistorię. Przez długie wieki natura światła pozostawała zagadką. Przypuszczano, że tworzy je rój maleńkich cząstek. Rzecznikiem tego poglądu, za którym wówczas nie stał żaden dowód doświadczalny, był prawodawca nowożytnej fizyki - Izaak Newton. Jego wielki autorytet sprawił, że odrzucono konkurencyjny model, wedle którego światło jest falą. Thomas Young wykonał w 1803 r. eksperyment - prototyp wielu późniejszych, który pomógł wyjaśnić problem. Padająca na ekran wiązka światła przechodziła przez nieprzezroczystą przegrodę, w której wykonano dwie wąskie, blisko siebie położone szczeliny. Na ekranie ukazał się nie obraz owych szczelin, lecz ciąg jasnych i ciemnych plamek. Wynik eksperymentu objaśniono jako efekt nakładania się fal pochodzących od dwóch szczelin. Dalszy rozwój optyki w pełni potwierdził falową naturę światła. Dopiero Albert Einstein dopatrywał się, zainspirowany ideami rodzącej się właśnie teorii kwantów, korpuskularnych własności światła, tj. wynikających z budowy cząstkowej. Należy podkreślić, że przed Einsteinem poglądy o korpuskularnym bądź falowym charakterze światła traktowano jako wzajemnie się wykluczające. Mechanika kwantowa natomiast wprowadziła podejście dualistyczne.

Zasadniczą ideę do współczesnej koncepcji dualizmu korpuskularno-falowego wniósł jednak nie Einstein, lecz Louis de Broglie w 1924 r. Pierwszy zauważył, że klasyczna fala ujawnia na poziomie kwantowym strukturę cząstkową, drugi natomiast dokonał jakby odwrotnej obserwacji. Stwierdził mianowicie, że z ruchem każdego obiektu, który na gruncie fizyki klasycznej jest cząstką, stowarzyszona jest fala o określonej długości. Już wkrótce wykonano eksperyment, będący odpowiednikiem wspomnianego doświadczenia Younga, który potwierdził falową naturę elektronu. Okazało się, że ten - przechodząc przez przegrodę z dwoma otworami - niekoniecznie zachowuje się jak cząstka, która przechodzi przez pierwszy albo przez drugi otwór. Może on jak fala przejść przez oba otwory jednocześnie! Jednak w momencie rejestracji elektron znów okazuje się dobrze zlokalizowaną cząstką.

Takie paradoksalne zachowania obiektów mikroświata jest źródłem niekończących się dyskusji fizyków, którzy zgodni są co do tego, jak należy prowadzić obliczenia na gruncie mechaniki kwantowej, przewidywać wyniki różnych eksperymentów, nie mogą zaś nijak się zgodzić jak rozumieć sytuację, w której elektron może znajdować się jednocześnie w dwóch różnych miejscach. Często więc pojawia się pytanie, gdzie kończy się dziwny świat kwantów, a zaczyna zgodne ze zdrowym rozsądkiem królestwo fizyki klasycznej. Od lat podejmowane są wysiłki, aby eksperymentalnie wykryć kwantowe zachowanie coraz to większych obiektów.

Przez długi czas panowało przekonanie, że węgiel występuje tylko w dwóch postaciach, różniących się ułożeniem atomów tworzących kryształy: jako grafit i jako diament. W 1985 r. zaobserwowano dziwne molekuly powstałe z 60 atomów węgla emitowanych z powierzchni grafitu rozgrzanej laserem wielkiej mocy. Struktura nowych cząsteczek okazała się wprost cudowna. Atomy węgla układają się w idealnie regularną piłkę futbolową zszytą z pięcio- i sześciokątnych łątek. Nowy obiekt nazwano fullerenem od nazwiska amerykańskiego architekta Richarda Buckminstera Fullera, twórcy wspaniałych ażurowych konstrukcji. Od czasu odkrycia nowej cząsteczki, za co R.E. Smalley, R.F. Curl i W. Kroto otrzymali w 1996 r. Nagrodę Nobla, technologia wytwarzania fullerenów została dobrze opanowana, więc obecnie można prowadzić różnorakie eksperymenty z atomowymi piłkami.

W październiku tego roku grupa fizyków z Wiednia doniosła o zaobserwowaniu falowych własności fullerenów. Węglowe piłeczki wytworzono w piecu o temperaturze 1000 stopni, uformowano z nich wiązkę i skierowano, tak jak w słynnym eksperymencie Younga, poprzez przeszkodę z szeregiem szczelin na ekran. Tutaj, zgodnie z przewidywaniami mechaniki kwantowej, zaobserwowano obraz, będący wynikiem nakładania się wielu fal. Fulleren jest wciąż obiektem bardzo małym, dalekim od makroskopowych rozmiarów. Nigdy jednak nie udało się jeszcze stwierdzić bezpośrednio kwantowego zachowania cząsteczki składającej się aż z 60 atomów. Granice obserwowanego kwantowego świata po raz kolejny zostały przesunięte. Potwierdza to tezę, że prawa teorii kwantów są uniwersalne, choć w świecie makroskopowym, który nas otacza, efekty kwantowe są niezauważalne. Doświadczenie z fullerenami wzmacnia stanowisko pozytywistów przekonanych, że to nie zachowania obiektów kwantowych są dziwaczne, lecz pojęcia, którymi operujemy, nie nadają się do opisu rzeczywistości.

Dychotomiczny podział na fale i cząstki jest jedynie kulawym tworem naszych umysłów, którego natura nie respektuje.

Autor jest fizykiem, pracuje w Instytucie Problemów Jądrowych w Warszawie oraz w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Kielcach.