

Jak to jest naprawdę

Doc. dr Michał ŚWIĘCKI

Czy jednak wszystkie wielkości występujące w fizyce są ciągłe? Wiemy na pewno, że, przynajmniej w granicach dokładności współczesnych doświadczeń, tak nie jest. Dobrym przykładem jest ładunek elektryczny, który składa się z elementarnych, niepodzielnych fragmentów równych ładunkowi elektronu. Niepodzielnych, a więc punktowych, bez struktury. W żadnym bowiem doświadczeniu nie udało się wyprodukować cząstki elementarnej o ładunku będącym częścią ładunku elektronu. Wiemy na podstawie doświadczeń, że ładunek ten zajmuje obszar o rozmiarach nie większych niż 10^{-14} cm. Ładunki elektryczne są więc punktowe, dyskretne i podobnie ma się sprawa z wieloma innymi wielkościami, które przypisujemy cząstkom elementarnym. I tak, dyskretne są ładunki barionowe (liczba barionów minus liczba antybarionów), ładunki leptonowe, a nawet takie wydawałoby się typowo makroskopowe wielkości, jak moment pędu. Oczywiście na skalę makroskopową wielkości te praktycznie zmieniają się w sposób ciągły — nie ma bowiem znaczenia zmiana wynosząca np. 10^{-23} mierzonej wielkości. Gdy jednak zaczniemy wykonywać doświadczenia z udziałem pojedynczych cząstek, wszystkie te parametry okażą się dyskretne. Jest to fakt doświadczalny i nie ma na to żadnej rady. Burzy się nasza wyobraźnia na takie nieciągłości. Czy można sobie na przykład wyobrazić, że cząstka może kręcić się dokoła własnej osi tylko z określoną częstością — częstością niezależną od rodzaju sił zewnętrznych, w których polu działania umieścimy tę cząstkę? A jednak własny moment pędu cząstek, spin (zresztą moment pędu względem innych cząstek również) jest skwantowany i zawsze równa się wielokrotności $\frac{1}{2} \hbar$. Trudno to sobie wyobrazić. Podobnie ma

się sprawa ze stanem podstawowym *izolowanego* atomu wodoru, o czym pisał w swym artykule G. Białkowski. Czy wszystko musimy umieć sobie wyobrazić? Fizyka nie jest przecież nauką o wyobrażeniach, a nauką opisującą wyniki doświadczeń. Dlatego parapsychologia nie jest (przynajmniej na razie) nauką ścisłą. Często mówi się o tzw. wyobraźni matematycznej. Znaczący to chyba, że wspomniane wyniki doświadczeń opisujemy za pomocą modeli matematycznych. W ten właśnie sposób fizycy opisują tzw. rzeczywistość — poprzez sprawozdanie z przeprowadzonych doświadczeń i przewidywanie nowych. Reszta nie należy do fizyki. Jakże jednak często usiłujemy wyobrażać sobie elektrony w postaci kuleczek, kólek zębatych itp. Zapominamy przy tym, że posługujemy się tu intuicją wykształconą wprawdzie w wielu doświadczeniach, tyle tylko, że przeprowadzanych na skalę makroskopową. Nie możemy przeto się dziwić, że intuicja ta zawodzi w mikroświecie. Czy jednak nie możemy wykonać doświadczeń, które odpowiedziałyby na pytanie: gdzie jest elektron i jaki jest jego kształt? Weźmy atom wodoru. Elektron w tym atomie znajduje się, zgodnie z prawami mechaniki kwantowej, gdzieś wewnątrz kuli o promieniu rzędu 10^{-8} cm. Dokładne położenie elektronu nie jest znane — możemy mówić jedynie o prawdopodobieństwie jakiegoś określonego położenia. Ale przecież położenie można zmierzyć i przekonać się, gdzie jest elektron. Co otrzymamy? Otóż okazuje się, że każdy taki pomiar przeprowadzony z dokładnością lepszą niż 10^{-8} cm wywoła natychmiast rozbitcie, jonizację atomu. Dowiemy się więc, gdzie jest elektron, ale nie będzie to już elektron w atomie. Położenie elektronu wewnątrz atomu nie można określić żadnymi metodami. Nic więc dziwnego, że wszystkie modele atomu, w rodzaju modelu Bohra, w których położenie to było apriorycznie określone, mają obecnie jedynie wartość historyczną. Mechanika kwantowa natomiast nie wypowiada się kategorycznie o żadnych wielkościach, których pomiar i tak nie jest możliwy. W teorii tej obowiązuje m.in. tzw. zasada nieoznaczoności, która twierdzi (zgodnie z doświadczeniem), że nie jest możliwe dowolnie dokładne określenie pędu i położenia cząstki. Tak więc tor cząstki też nie jest określony: jeżeli znamy jej położenie w pewnej chwili, to zupełnie nie znamy pędu (czyli prędkości) i nic nie możemy powiedzieć o położeniu za chwilę. Nie ma więc żadnego sensu mówienie o orbicie elektronu w atomie. Opis kwantowy okazał się wyjątkowo skuteczny i został potwierdzony przez wiele doświadczeń. Jeżeli potrafimy teraz pogodzić się z faktem, że jakiegokolwiek makroskopowe wyobrażenia o wnętrzu atomu są prawie z definicji zawodne (zamiast tego mechanika kwantowa wprowadza jakby prawdopodobieństwo różnych wyobrażeń), to już stosunkowo łatwo przyjdzie nam zaakceptować dyskretności i nieciągłości występujące w mikroświecie. Wynikają one jednoznacznie z aparatu matematycznego, jakim posługuje się mechanika kwantowa, a mianowicie z tzw. procedury kwantowania. Nie wnikając w szczegóły tej dość złożonej matematycznej teorii, powiemy tylko, że np. procedura kwantowania zastosowana do pola elektromagnetycznego prowadzi do pojawienia się punktowych cząstek elementarnych tego pola — fotonów, które mają określony spin, ładunek (zero) i inne liczby kwantowe, a różnią się jedynie pędem (czyli częstotliwością). Podobnie możemy mówić o kwantach pola elektronowego — elektronach itd. Na zakończenie spróbuję odpowiedzieć na pytanie osób szczególnie upartych, które chcą dalej wiedzieć, jak „naprawdę” wygląda świat, choć pytanie to nie jest naukowe. Otóż, zgodnie z prawami mechaniki kwantowej, świat nie jest precyzyjnym tworem, który powoli odkrywamy. Raczej możemy powiedzieć, że jest on zbudowany w szczegółach niedokładnie, chaotycznie. A jednak da się go opisać piękną teorią matematyczną.

