

Obraz świata



Powszechnie uważa się, że świat zbudowany jest w taki sposób, jak chcą tego współcześnie obowiązujące teorie fizyczne. Jako zaprzysiężeni fizycy nie będziemy z tym poglądem dyskutować. Wskażemy jedynie na kilka związanych z tym zagadnień.

Przekonanie o spójności obrazu świata i opisującej go teorii fizycznej jest równoważne z uznaniem pewnej teorii za prawdziwą. Uznanie to następuje automatycznie wtedy, gdy pewna niesprzeczna logicznie teoria opisująca szeroki krąg zjawisk daje przewidywania potwierdzone z dowolną dokładnością w dalszych doświadczeniach. Dowolnie szeroki krąg zjawisk można opisywać na wiele sposobów. Tak się jednak składa, że tylko teorie o względnie prostej strukturze formalnej i pojęciowej doczekały się pozytywnych testów doświadczalnych. Inne zostały szybko obalone. Nie znaczy to wcale, że istniejących prostych teorii nie można w dowolny sposób skomplikować zachowując ich zdolność przewidywania. Komplikacje takie, polegające na przykład na dopisywaniu do równań małych, praktycznie niewykrywalnych wyrazów, można wprowadzić dopiero po stworzeniu pierwotnej prostej teorii. Tylko wtedy bowiem wiemy co i jak mierzyć, a w związku z tym również, co jest praktycznie niemierzalne. Prostota uznanych teorii fizycznych jest ich bardzo ważną cechą. Zdajemy sobie przy tym sprawę z faktu, że opinia ta jest sprzeczna ze zdaniem autorów wielu artykułów i książek popularyzujących fizykę.

W historii każdej teorii fizycznej następuje moment, kiedy wyniki pewnych nowych doświadczeń przestają się zgadzać z przewidywaniami. Teoria przestaje być prawdziwa. Czy zmienia się przez to cały dotychczasowy obraz świata?! Na szczęście nie. Dobra teoria powstaje zawsze jako pewne przybliżenie teorii nowej, ogólniejszej i dokładniejszej. Jest to jednak własność tylko teorii naprawdę prostych i eleganckich. Mechanika Arystotelesa wiążąca przyczynę działania (siłę) z prędkością nie jest przybliżeniem żadnej współczesnej teorii, podczas gdy mechanika Newtona jest bardzo dobrym przybliżeniem (dla niezbyt dużych prędkości) obowiązującej obecnie teorii względności. W mechanice Arystotelesa każdy rodzaj spadku swobodnego (rzut pionowy, poziomy i ukośny z różnymi prędkościami początkowymi) musiałby mieć inną przyczynę (siłę). W mechanice newtonowskiej przyczyna jest jedna (siła grawitacji) i w odpowiednim układzie odniesienia każdy spadek wygląda tak samo. Prostota tego opisu jest uderzająca. Podobnie prosta i pełna wyjątkowo dokładnych przewidywań jest teoria fal elektromagnetycznych Maxwella-Faradaya. Nie bacząc więc na fakt, że nikt tych fal nie dotknął i że nie ma żadnego ośrodka sprężystego (eteru), który by je przynosił, nie wahamy się twierdzić, że falami elektromagnetycznymi wypełniona jest cała pozornie pusta przestrzeń. Przekonują nas o tym wszystkie doświadczenia z udziałem ładunków i prądów elektrycznych, ale przecież nie mamy całkowitej pewności, że doświadczeń tych nie da się opisać inaczej.

Teoria Maxwella-Faradaya też jest tylko przybliżona. Dokładna jest obecnie mechanika kwantowa, w której fale elektromagnetyczne „składają się” z pojedynczych cząstek — fotonów. To nawet łatwiej sobie wyobrazić. Cząstki mogą przecież poruszać się w próżni, ale jak próżnia może drgać! Wszystko więc składa się z mikroskopijnych cząstek: materia z protonów i elektronów (i innych), a promieniowanie z fotonów. Taki obraz świata obowiązywał na początku XX wieku i taki też pozostał do dzisiaj. Tyle tylko, że obecnie nie wyobrażamy sobie cząstek w postaci maleńkich kulek, ale zmuszeni jesteśmy przyjąć, że każda z nich zachowuje się statystycznie. Jak naczynie z nieznanym gazem.

Dlaczego fotony nie mogą być zbiorem kulek? To proste. Zbiór kulek nie może na przykład interferować i dlatego nie jest żadną falą. Falą więc musi być każdy foton z osobną. Falą kulistą, płaską, wreszcie jaką chcemy. Z analizy zjawiska fotoelektrycznego wiemy jednak, że fala elektromagnetyczna dowolnego kształtu zawsze przekazuje swą energię elektronom porcjami ($E = h\nu$) w bardzo małym obszarze. Fotony muszą być bardzo małe, nawet wtedy, gdy są falą kulistą (pochodzącą z punktowego źródła światła) o rozmiarach 10 m. Doszliśmy do sprzeczności. Każda teoria fizyczna dochodziła w swym rozwoju do jakiegoś podobnego typu sprzeczności natury pojęciowej bądź formalnej i zawsze rozwiązanie ich okazywało się bardzo owocne. Mechanika w wersji newtonowskiej posługiwała się pojęciem natychmiastowego przenoszenia oddziaływań na dowolne odległości, co nie podobało się już samemu Newtonowi. Rozwiązanie tego problemu przez wprowadzenie pośredniczącego pola i jego fal doprowadziło do powstania szczególnej teorii względności. Ta teoria również miała brak, którym była niezadowolająca definicja inercjalnego układu odniesienia i związana z tym niemożność opisu oddziaływań grawitacyjnych. Prawdziwy układ inercjalny to przecież układ spadający swobodnie w polu grawitacyjnym. A znów jedynie w układach inercjalnych obowiązują prawa szczególnej teorii względności. Pogodzenie tego wszystkiego dało einsteinowską ogólną teorię względności. Teoria fal elektromagnetycznych powstała w wyniku rozwiązania sprzeczności tkwiącej w teorii indukcji elektromagnetycznej Faradaya. Teoria ta prowadziła w niektórych wypadkach do naruszenia prawa zachowania ładunku. Maxwell usunął tę sprzeczność i w wyniku otrzymał, że nie tylko zmienne pole magnetyczne jest źródłem zmiennego pola elektrycznego, ale również zmienne pole elektryczne jest źródłem zmiennego pola magnetycznego. A to były już fale. Sprzeczność napotkaną poprzednio dla fotonu usunięto przez wprowadzenie opisu statystycznego.



Tak więc foton oddziałuje z materią w postaci niewielkiego obiektu, ale nie potrafimy przewidzieć, gdzie nastąpi to oddziaływanie. Możemy obliczyć jedynie prawdopodobieństwo dla każdego takiego miejsca i prawdopodobieństwo to rozchodzi się (?) jak fala. Fala fotonowa ma określoną długość i częstość ($E = h\nu$, $p = \frac{h}{\lambda}$), a równania, za pomocą których możemy obliczyć jej własności, to nic innego, jak stare równania Maxwella-Faradaya. I to właśnie nazywamy teorią kwantową (w wersji dla fotonów nazywamy ją elektrodynamiką kwantową). Bardzo dziwna to teoria. Przeszła ona jednak wszystkie testy doświadczalne. Dzięki niej zbudowano tranzystory i lasery. Czego jeszcze chcecie?! Że jakoś serce ścisają te prawdopodobieństwa... Jaki więc jest ten obraz świata dyktowany przez uznaną powszechnie teorię kwantową? Czy musimy raz na zawsze uwierzyć, że cała otaczająca nas materia składa się z obiektów nieprecyzyjnych o własnościach, które z natury rzeczy nie są jednoznaczne? Chyba nie. Zwróćmy bowiem uwagę na fakt, że rozmiary elektronu nie są większe niż 10^{-17} m, a osiągalna dokładność pomiaru położenia wynosi nie więcej niż 10^{-7} m. Dziesięć rzędów wielkości! Czy możemy więc twierdzić, że wszystko o tym elektronie wiemy? Czy butla z gazem umieszczona na Marsie ujawniłaby nam swój skład, rodzaje i pędy cząsteczek oraz siły działające między nimi? Nawet temperaturę trudno byłoby zmierzyć. Trzeba by było bowiem zbadać promieniowanie tej butli. Podobnie badamy cząstki przez ich oddziaływania elektromagnetyczne z przyrządami (ślady jonizacyjne w kliszach i komorach pęcherzykowych). Już z samej natury tych doświadczeń wynika konieczność posługiwania się opisem statystycznym. Ponieważ jednak nie wszystkim taki opis się podoba, tak jak nie podobało się newtonowskie oddziaływanie na odległość, to może warto szukać innego. Na to pytanie nie ma właściwie odpowiedzi. Mechanika kwantowa jest teorią prawdopodobnie niesprzeczną formalnie i świetnie zgadza się z doświadczeniem. Podobnie jak teoria Newtona 200 lat temu. Tylko te nieprecyzyjne fotony nie mieszczą się w głowie. Na zakończenie trzeba jednak zwrócić uwagę na fakt, że nie wszystko w teorii kwantowej jest zupełnie w porządku. Nie udało się dotąd opisać przy jej pomocy oddziaływań grawitacyjnych. Jako niesłychanie słabe wydają się one zupełnie bez znaczenia dla zachowania się cząstek. A jednak... Gdyby Wszechświat był tworem zamkniętym, co dopuszcza ogólna teoria względności, wtedy, zgodnie z prawami mechaniki kwantowej, czas i przestrzeń powinny być dyskretne, nieciągłe. Może więc mikrozasoprzestrzeń jest właśnie nieciągła. Wbrew pozorom można by to zmierzyć, wykorzystując relatywistyczny efekt spowolnienia czasu w układach poruszających się bardzo szybko. Doświadczeń takich nie da się jednak na razie wykonać. Wciąż więc nie ma, niestety, żadnych powodów, żeby cokolwiek zmieniać w istniejącej strukturze teorii.

Świat jest tak zbudowany,
jak Bóg to sobie obliczył.
Gottfried Wilhelm Leibniz

Czy jednak ludzie obliczają teraz tak, jak to robił Bóg? Czy matematyka naprawdę dobrze nadaje się do opisu rzeczywistości?



O liczbach nieosiągalnych

Mgr Andrzej PELC



Zbiory skończone umiemy porównywać pod względem wielkości. Najprostszy sposób, to policzyć, ile elementów ma każdy z nich, i porównać otrzymane liczby naturalne. Większy będzie ten zbiór, którego liczba elementów okaże się większa.

Można jednak postąpić inaczej. Wyobraźmy sobie salę balową, w której jest wiele osób. Jak bez liczenia przekonać się, czy jest więcej kobiet, czy mężczyzn? Wystarczy, że orkiestra zagra dobrą muzykę taneczną; balowicze połączą się w pary (to jest bal, a nie dyskoteka) i każdy, kto tylko znajdzie partnera, ruszy w tany. Rzut oka na salę pozwoli stwierdzić, która płeć była liczniej reprezentowana: jeśli pozostali panowie bez tancerek — było ich więcej, jeśli panie bez partnerów one stały się liczniej. Jeśli zaś nikt nie podpira ścian, panowała idealna równowaga liczebna. Zwróćmy uwagę, że ten drugi sposób porównywania wielkości zbiorów ma pewną przewagę nad pierwszym. Obywa się on mianowicie bez pojęcia liczby i dzięki temu daje się łatwo uogólnić na zbiory nieskończone. Trzeba tylko odpowiednio sprecyzować pojęcie ustawiania w pary. Powiemy mianowicie, że zbiory A i B są równoliczne, jeśli istnieje funkcja, przekształcająca zbiór A na cały zbiór B , o tej własności, że różnym elementom przypisuje różne wartości. Podobnie, zbiór B jest liczniejszy od zbioru A , jeśli nie ma funkcji odwzorowującej A na cały zbiór B . W naszym przykładzie sali balowej pierwsza sytuacja odpowiada przypadkowi, gdy wszyscy mogli zatańczyć,