

Królewska droga do fizyki

Początkom greckiej filozofii przyrody towarzyszył wielki spór zwolenników poglądu, że w Przyrodzie wszystko stale się zmienia, z filozofami dowodzącymi, że wszelka zmiana jest wykluczona. Ci ostatni powoływali się na liczne paradoksy, do jakich, ich zdaniem, prowadzi pojęcie ruchu. Kompromisowa teoria, w myśl której Świat składa się z niezmiennych atomów pozostających w ciągłym ruchu, nie zyskała wówczas zbyt wielu zwolenników. Świat pojęć starożytnych Greków nie wystarczył do rozstrzygnięcia wspomnianych paradoksów. Postawione pytania, gdy spojrzeć na nie z naszej perspektywy, stają się początkiem „programu badawczego” – poszukiwania wielkości, które pozostają niezmiennie podczas ruchu rozumianego tutaj jako wszelki proces zmiany. Do dziś odkryto wiele takich „niezmienników”, a odpowiednie prawa Przyrody nazywane są zwykle „zasadami zachowania”. Mamy więc zasady zachowania energii, pędu, momentu pędu, ładunku, liczby barionowej... W wielu przypadkach pozwalają one przewidzieć wynik końcowy skomplikowanego procesu, nawet jeśli nie rozumiemy, jak ten proces w szczegółach przebiega. Jakie wspólne cechy muszą mieć równania opisujące przebieg tych procesów, aby były zgodne z zasadami zachowania?

Emma Noether (1885–1935), córka profesora matematyki w Erlangen, Maxa, zdobyła wykształcenie matematyczne jako „wolna słuchaczka” (zwykle studia w Getyndze ukończyła pierwsza Grace Chisholm-Jung (1868–1953) w 1895 r.; w trybie zaocznym – Zofia Kowalewska w 1874 r.). Po obronieniu doktoratu w 1908 roku kontynuowała samodzielną pracę badawczą zastępując czasami ojca w prowadzeniu wykładów. W 1915 roku Felix Klein i David Hilbert zaprosili ją do Getyngi. Tutaj, jako kobieta, mimo wysokiej rangi jej własnych prac i wielkiego autorytetu Hilberta, nie mogła otrzymać posady na uniwersytecie. Prowadziła więc wykłady pod nazwiskiem Hilberta (tzn. formalnym wykładowcą, wpisanym do urzędowych planów, był Hilbert, a w rzeczywistości wykładała Emma Noether). Dopiero w 1923 roku otrzymała stanowisko wykładowcy algebry i niewysoką pensję. W 1933 roku musiała opuścić Niemcy. Zmarła w Stanach Zjednoczonych.

Formułując swoje twierdzenie Noether odwołała się do wariacyjnego sformułowania równań ruchu – tzw. zasady najmniejszego działania (patrz *Delta* 11/1991). Wykazała, że każdemu jednoparametrowemu przekształceniu zmiennych opisujących układ, pozostawiającemu nie zmienioną wartość działania, odpowiada pewna zasada zachowania.

Odpowiedzi na to pytanie udzieliła w 1918 roku Emma Noether. Wykazała ona, że zasady zachowania wynikają z niezmienniczości praw Przyrody względem pewnych operacji – symetrii. Tak więc, z faktu, że każde doświadczenie powtórzone w dowolnym czasie da ten sam wynik, o ile warunki początkowe będą takie same, wynika zasada zachowania energii; z niezmienniczości względem przesunięcia układu w przestrzeni w dowolnym z trzech kierunków, wynika zasada zachowania trzech składowych pędu, a z niezmienniczości względem obrotów – zasada zachowania momentu pędu.

Emma Noether nie tylko powiązała zasady zachowania z własnościami czasoprzestrzeni (symetriami), ale w dowodzie twierdzenia podała również przepis na obliczanie zachowywanych wielkości. W ten sposób wskazała „królewską drogę do fizyki teoretycznej”, otwartą, oczywiście, dla tych wszystkich, którzy poznali już dobrze język matematyczny, w którym sformułowane jest jej twierdzenie (patrz margines). Od tej pory tworzenie nowych teorii jest, w zasadzie, proste: (a) – wypisujemy wzór na działanie, (b) – sprawdzamy, czy jest on niezmienniczy względem wszystkich żądanych symetrii, co przy okazji daje nam przepis na (c) – wyznaczenie wielkości zachowanych. Teraz, dla eksperymentatorów pozostaje już tylko zadanie (d) – sprawdzenie, że rzeczywiście te i w ten sposób obliczone wielkości są zachowywane w procesach, których teorię właśnie stworzyliśmy. Bardzo proste! Tak też, z grubsza biorąc, przebiegał rozwój fizyki teoretycznej po roku 1918. Odkrycie mechaniki kwantowej skomplikowało jedynie techniczne szczegóły obliczeń pozostawiając całość schematu bez zmian. Wiele z tych „szczegółów technicznych” okazało się bardzo trudnymi problemami, czyniąc z kwantowej teorii pola dziedzinę od wielu już lat stymulującą rozwój nowych teorii matematycznych.

Podany wyżej przepis „na fizykę teoretyczną” uległ w ostatnim trzydziestoleciu wzbogaceniu o metody postępowania z symetriami przybliżonymi, nazywane przez fizyków technikami „łamania symetrii”.

Redakcja