Aktualności (nie tylko) fizyczne

Nagrodę Nobla z Fizyki za rok 1999 odebrali Holendrzy: Gerardus 't Hooft i Martinus J.G. Veltman. Przyznano im ją za *wyjaśnienie kwantowej struktury oddziaływań elektrosłabych.*

I bardzo dobrze!

Każdy fizyk po cichutku marzy o tej Nagrodzie. Szansę na jej uzyskanie ma niewielu, a jeszcze mniejszej liczbie się to udaje. Dlatego przyjemnie jest mieć poczucie przyczynienia się do czyjegoś sukcesu. Tego radosnego uczucia mogła tym razem doświadczyć dość liczna rzesza kilku tysięcy fizyków i inżynierów, w tym kilkudziesięciu Polaków.

Łatwiej wytłumaczyć, dlaczego przyznano tę Nagrodę właśnie teraz, niż wyjaśnić (na poziomie popularnym), za co ją przyznano. Zacznijmy jednak od tej trudniejszej strony.

Opis najbardziej elementarnej struktury materii opiera się na mechanice kwantowej i szczególnej teorii względności. Wyrażamy go w języku kwantowej teorii pola. Ustalenie gramatyki tego języka zajęło prawie pół wieku. Za początek można uznać prace Diraca z końca lat dwudziestych, w których (w pewnym sensie) przewidział on istnienie antymaterii, a za zwieńczenie – właśnie prace tegorocznych Noblistów z przełomu lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Trwało to tak długo, bo do końca nie było wiadomo, czy jest to precyzyjny język, czy tylko niemowlęce gaworzenie.

Podstawowym problemem (prawie od samego początku) były pojawiające się w rachunkach nieskończoności. Relatywistyczna teoria kwantowa okazała się być zawsze problemem wielu ciał. Zgodnie z zasadą nieoznaczoności mechaniki kwantowej im dokładniej chcemy zbadać położenie pojedynczej cząstki elementarnej, tym bardziej energetycznego próbnika musimy użyć, co zgodnie ze szczególną teorią względności okazuje się prowadzić do kreacji par cząstka–antycząstka. W efekcie dowolny teoretyczny rachunek (czyli przewidywanie) można sprowadzić do sumowania szeregu (kolejnych poprawek opisujących wkłady do sytuacji z coraz większą liczbą cząstek), który to szereg okazuje się... rozbieżny. Jednocześnie zaniedbanie poprawek dawało wyniki z grubsza zgodne z doświadczeniem. Trudno się dziwić początkowemu rozczarowaniu wyrażonemu przyjęciem dość karkołomnego poglądu, że widocznie w tym przypadku $\infty = 0$ i rozpoczęciem poszukiwania teorii, która mogłaby to wyjaśnić.

Poszukiwania te nie zostały uwieńczone sukcesem. Zamiast tego okazało się, że w przypadku elektrodynamiki kwantowej nieskończoności mogą zostać zaabsorbowane w sposób systematyczny poprzez przedefiniowanie takich wielkości jak masy cząstek i ładunek elektryczny. Co więcej ten szalony pomysł (tym razem, że $\infty - \infty \neq 0$) prowadził do skończonych poprawek dających wyniki zadziwiająco zgodne z doświadczeniem. Taki schemat postępowania ochrzczono „renormalizacją" i oczekiwano jego realizacji przez każdą teorię fundamentalną.

Niestety, opis oddziaływań słabych, odpowiedzialnych za rozpady cięższych cząstek elementarnych na lżejsze (np. neutronu na proton, elektron i antyneutrino elektronowe – bez którego Słońce nie mogłoby świecić), nie wydawał się podlegać procedurze renormalizacji.

Zasługa tegorocznych Noblistów polegała na tym, że jako jedni z nielicznych nie tylko nie zwątpili w renormalizację oddziaływań słabych, ale doprowadzili do jej wykazania. Przy okazji okazało się, że decydującą rolę odgrywa wewnętrzna symetria tych oddziaływań. Z powodów historycznych symetrię tę nazywa się symetrią cechowania, gdyż w przypadku elektrostatyki odpowiada ona swobodzie wybrania miejsca zerowego potencjału elektrycznego. W kwantowej elektrodynamice odpowiednia symetria jest równoważna obrotom na płaszczyźnie, a oddziaływania słabe mają wewnętrzną strukturę (w zasadzie) równoważną obrotom w przestrzeni trójwymiarowej.

Odkrycie znaczenia wewnętrznej symetrii dało renormalizacji solidne (solidniejsze) podstawy matematyczne. Pomimo tego obecnie przeważa wśród teoretyków pogląd, że kwantowa teoria pola nie jest teorią fundamentalną, a renormalizowalność jest wynikiem tłumienia wyrazów nierenormalizowalnych przez odwrotności bardzo dużych mas hipotetycznych nośników hipotetycznych oddziaływań opisywanych przez teorie, w których występują hipotetyczne niepunktowe obiekty takie jak struny.

Czym więc wytłumaczyć tegoroczną Nagrodę? Teoria, fundamentalna czy nie, która rozwinęła się dzięki wykazaniu jej renormalizowalności, pozwala na przeprowadzenie precyzyjnych obliczeń, które w ciągu ostatniej dekady zostały w dobitny sposób potwierdzone głównie przez cztery eksperymenty działające przy zderzaczu e^+e^- LEP w Europejskim Ośrodku Fizyki Cząstek Elementarnych CERN, ale także przez konkurencyjny SLAC w Kaliforni, czy Tevatron (zderzacz $p\bar{p}$ w Fermilabie pod Chicago) i wiele innych eksperymentów. W szczególności w LEPie udało się ustalić, że liczba pokoleń lekkich neutrin wynosi dokładnie trzy, a masa najcięższego kwarku t wynosi dokładnie tyle, ile okazał się on mieć po odkryciu go w Tevatronie (patrz tylna strona okładki).

LEP ma zakończyć swoją chlubną działalność w przyszłym roku, co można przyjąć za koniec okresu precyzyjnych pomiarów przewidywań teorii elektrosłabej, najbardziej kompletnej i precyzyjnej teorii, jaką znamy. Nagroda Nobla dla 't Hoofta i Veltmana została przyjęta również jako uhonorowanie eksperymentalnych prac potwierdzających konstrukcję opartą na osiągnięciach laureatów. Dlaczego jednak nie poczekano do przyszłego roku? Może obawiano się, że LEP odkryje na koniec wciąż brakujący bozon Higgsa, a wtedy Nagrodę trzeba by było przyznać komu innemu? Jeśli to jednak się nie uda, to ostateczną odpowiedź powinien dać następca LEPu – LHC (zderzacz pp). Między innymi o tym będzie można przeczytać w specjalnym majowym numerze *Delty* poświęconym fizyce cząstek.

Piotr ZALEWSKI