



Nobel po upływie pół wieku

Nagroda Nobla z fizyki 2013

Krzysztof Fiałkowski

Instytut Fizyki UJ

Przyznanie Nagrody Nobla w 2013 roku było niezwykle z dwóch powodów. Po pierwsze, upłynął rekordowo długi czas od opublikowania prac wyróżnionych nagrodą – 49 lat, czyli niemal pół wieku. Po drugie, wyjątkowa była jedno-myślność, z jaką społeczeństwo fizyków oczekiwało nagrody dla tych właśnie uczonych, którym ją przyznano.

Oczywiście te dwa fakty nie były niezwiązane. Przez kilkanaście lat po roku 1964 wielu fizyków rozwijało i sprawdzało doświadczalnie teorię oddziaływań elektroslabych (a później także i silnych) opartą na pomysle tegorocznych laureatów. W końcu okazało się, że wszystko zgadza się i jedynym brakującym ogniwem teorii jest brak dowodu, że cząstka odpowiadająca postulowanemu przez nich polu – bozon Higgosa – naprawdę istnieje. Dlatego odkrycie tej cząstki było oczywistym i wystarczającym warunkiem przyznania Nagrody Nobla tym, którzy ją wymyślili. Odkrycie to nastąpiło w lecie 2012 roku i już po roku teoretycy otrzymali oczekiwaną nagrodę.

Przypomnijmy teraz, jaki był bieg wypadków. W połowie XX wieku fizycy usiłowali znaleźć uogólnienie teorii oddziaływań elektromagnetycznych, które opisałyby słabe i silne oddziaływania jądrowe. Od czasów pracy Yanga i Millsa z 1954 roku głównym kandydatem na takie uogólnienie stało się rozszerzenie tzw. symetrii cechowania obowiązującej w elektromagnetyzmie. Jednak trudnym do obejścia problemem stał się fakt, że we wszystkich takich teoriach cząstki pośredniczące w oddziaływaniach muszą mieć zerową masę, podobnie jak foton. Tak było w szczególności w zaproponowanej w 1961 roku przez Glashowa zunifikowanej teorii oddziaływań elektromagnetycznych i słabych. Tymczasem oddziaływania słabe mają bardzo krótki zasięg, co odpowiada wymianie bardzo ciężkiej cząstki.

Sugerowano, że rozwiązaniem problemu jest tzw. spontaniczne łamanie symetrii dodatkowo wprowadzonego pola cząstek skalarnych (bez spinu), które pozwala na wprowadzenie niezerowych mas bez łamania założenia symetrii teorii, gdy niesymetryczny jest stan fizyczny o najniższej energii. Taka sytuacja jest dobrze znana w fizyce ciała stałego. Teoria oddziaływań elektromagnetycznych jest oczywiście niezmiennicza względem transformacji obrotów (a także wszystkich transformacji Lorentza), ale obniżanie temperatury stopionego żelaza poniżej temperatury Curie prowadzi do powstania domen magnetycznych, w których kierunek magnetyzacji jest wyróżniony. Okazuje się, że takie samo zjawisko może wystąpić w próżni dla teorii pola.

Jednak zgodnie z tzw. twierdzeniem Goldstone'a w takiej teorii pojawiają się wtedy inne cząstki o masie zero, których istnienia nie potwierdza doświadczenie. Dopiero w 1964 roku w niezależnie i równocześnie napisanych pracach Belgowie François Englert i Robert Brout oraz Brytyjczyk Peter Higgs pokazali, że dla pól skalarnych oddziałujących z polami cechowania można uniknąć konsekwencji twierdzenia Goldstone'a i sformułować zgodną z danymi teorię, w której wszystkie cząstki poza fotonem mają niezerową masę. Niemal równocześnie Amerykanie Guralnik, Hagen i Kibble uzyskali też podobne wyniki. Higgs jako pierwszy zwrócił uwagę, że w tej teorii pojawia się ciężka cząstka o spinie zero – tzw. bozon Higgsa.

Odpowiadające tej cząstce pole ma dwie niezwykle własności. Po pierwsze, w stanie o najniższej możliwej energii, czyli tzw. próżni fizycznej, pole to jest niezerowe. Zatem stan próżni nie odpowiada pustej przestrzeni, ale przestrzeni wypełnionej szczególną konfiguracją pola Higgsa. Po drugie, oddziaływanie tego pola z poruszającymi się w nim cząstkami ma szczególne własności: nadaje cząstkom niezerową masę. Zatem fizyczne cząstki o masie zero to tylko te cząstki, które nie oddziałują z polem Higgsa. Z doświadczenia znamy tylko jedną taką cząstkę – foton.

Bozon Higgsa jest cząstką nietrwałą i o jego istnieniu możemy przekonać się tylko badając możliwe produkty rozpadu. Masa bozonu Higgsa nie dała się jednak przewidzieć w teorii i przez niemal pół wieku trwały bezskuteczne poszukiwania tej cząstki. Dopiero w 2012 roku eksperymenty na największym akceleratorze świata LHC (Large Hadron Collider) wykazały, że przy zderzeniach najwyższych energii powstaje bardzo krótko żyjąca cząstka o masie ponad stukrotnie większej od protonu, której własności zgadzają się z przewidywaniami Higgsa, Brouta i Englerta. Z trójki twórców teorii chwili tej dożyło tylko dwóch (Brout zmarł w 2011 roku) i im przypadła Nagroda Nobla. Wśród ogromnej rzeszy eksperymentatorów odpowiedzialnych za przygotowanie i przeprowadzenie doświadczeń na LHC bardzo trudno byłoby wyróżnić kogoś, czyje zasługi były tak wielkie, że uzasadniłyby dołączenie go do grona laureatów.

Warto może jeszcze zastanowić się, jak pogodzić tak wielkie opóźnienie w przyznaniu nagrody z testamentem Nobla, w którym mowa była o odkryciu z ostatniego roku przed jej wręczeniem. W fizyce cząstek stosowana zwykle wymówka jest bardzo prosta: teoria zasługuje na wyróżnienie dopiero wtedy, kiedy potwierdziły ją eksperymenty. Czasem zresztą sytuacja jest odwrotna i eksperyment zostaje nagrodzony dopiero wtedy, gdy powstaje teoria poprawnie go opisująca.



François Englert i Peter Higgs