

Wielkie Twierdzenie Fermata

Pierre de Fermat (1601–1665) sformułował następujące twierdzenie:

Równanie $X^n + Y^n = Z^n$, gdzie $n \geq 3$, nie ma rozwiązań w liczbach naturalnych.

Dowód tego twierdzenia został opublikowany przez A. Wilesa w roku 1995 w ponad 300 lat od jego sformułowania.

Długa i bogata historia poszukiwania dowodu jest opisana w książce P. Ribenboima *Wielkie Twierdzenie Fermata dla laików*, WNT, Warszawa 2001.

Do badania rozwiązań tego równania próbowano stosować różne metody. Począwszy od elementarnych (teoria podzielności liczb całkowitych), które doprowadziły do udowodnienia Wielkiego Twierdzenia Fermata dla $n = 4$, poprzez metody algebraicznej teorii liczb (bada ona własności liczb niewymiernych, które są pierwiastkami wielomianów o współczynnikach całkowitych), które pozwoliły udowodnić Wielkie Twierdzenie Fermata dla wielu innych małych

wykładników, na przykład dla wszystkich wykładników pierwszych mniejszych od 100 000, aż do metod analitycznej teorii liczb, które pozwoliły wykazać, że Wielkie Twierdzenie Fermata zachodzi dla nieskończenie wielu wykładników pierwszych.

Decydujące jednak okazało się zastosowanie metod z bardziej zaawansowanych działów matematyki znacznie rozwiniętych w XX wieku, jak teoria krzywych eliptycznych. Zasadniczy nowy pomysł należał do G. Freya, który z rozwiązaniem $X = a$, $Y = b$, $Z = c$ równania Fermata w liczbach naturalnych związał krzywą o równaniu $Y^2 = X(X - a^n)(X + b^n)$. Jest to właśnie pewna krzywa eliptyczna. Wielu matematyków zaczęło badać własności takiej krzywej i okazały się one zadziwiające. Wreszcie A. Wiles doprowadził rozumowanie do końca dowodząc, że krzywej o tak zadziwiających własnościach być nie może, a więc i równanie Fermata nie ma rozwiązań.

Jerzy BROWKIN

Model standardowy oddziaływań cząstek elementarnych

W momencie ukazania się pierwszego numeru *Delty* model standardowy oddziaływań cząstek elementarnych był już w zasadzie sformułowany. W ciągu 30 lat model ten, zwany modelem Glashowa, Salama i Weinberga (GSW), został sprawdzony do odległości rzędu 10^{-18} m, to jest do skali energii rzędu 100 GeV.

Podstawą tego modelu jest przyjęcie nieprzemiennej symetrii oddziaływań silnych, elektromagnetycznych i słabych względem grupy $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ transformacji pól opisujących kwarki i leptony. W momencie formułowania modelu GSW znane były trzy typy kwarków (u , d i s) i cztery leptony (e , ν_e , μ i ν_μ). Odkrycie czwartego kwarka c w listopadzie 1974 r., koniecznego dla matematycznej poprawności modelu, było wielkim wydarzeniem. Rok wcześniej dokonano dwóch innych doniosłych odkryć: słabych oddziaływań fermionów bez zmiany ich ładunku elektrycznego i tzw. swobody asymptotycznej oddziaływań silnych, tłumaczącej jakościowo proton jako stan związany kwarków. Te fakty spowodowały uznanie modelu GSW.

Obecnie znamy trzy „generacje” fermionów: pierwsza zawiera u , d , e , ν_e , druga – c , s , μ , ν_μ , trzecia – t , b , τ , ν_τ oraz 12 bozonów cechowania: 8 bezmasowych gluonów przenoszących oddziaływania silne, 3 masywne bozony pośredniczące w oddziaływaniach słabych W^\pm , Z^0 (odkryte w 1983 roku) i foton. Każdy z kwarków występuje w trzech „kolorach”; kolor w oddziaływaniach silnych jest tym, czym ładunek elektryczny w oddziaływaniach elektromagnetycznych. Mamy więc 8 fermionów (i 8 antyfermionów) w każdej

generacji. Skład fundamentalnych cząstek zamyka bozon Higgsa H , na którego odkrycie czeka niecierpliwie całe środowisko fizyków cząstek elementarnych. Bozon ten jest „pozostałością” tzw. mechanizmu Higgsa, generowania mas W^\pm , Z^0 i fermionów.

Model standardowy redukuje więc zbiór kilkuset cząstek elementarnych do 24 fermionów (i 24 antyfermionów) oraz 13 bozonów, których masy i stałe sprzężenia są swobodnymi parametrami teorii ustalonymi doświadczalnie.

Sformułowanie modelu standardowego jest niewątpliwie wielkim sukcesem fizyki cząstek elementarnych. Ale nadal nie znamy odpowiedzi na wiele pytań: dlaczego fermiony układają się w generacje (i tylko trzy generacje), dlaczego grupą symetrii jest $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, czy poprawny jest mechanizm Higgsa, jak włączyć oddziaływania grawitacyjne itp. Przez wiele lat te pytania można było ignorować, gdyż od strony doświadczalnej nie było potrzeby modyfikacji teorii. Sytuacja zaczyna na szczęście ulegać zmianie. Wyniki ostatnich doświadczeń neutrinowych, wskazujących na niezerową masę neutrin i ich mieszanie, nie pasują do minimalnej wersji modelu standardowego i zmuszają nas do przeformułowania teorii oddziaływań elementarnych. Na rynku jest wiele propozycji teoretycznych: supersymetria, superstruny, modele z replikami grup cechowania, dodatkowe wymiary itp. Jedynie przyszłe doświadczenia pozwolą nam rozstrzygnąć, która koncepcja teoretyczna jest poprawna.

Jan KALINOWSKI