

Doc. dr Michał ŚWIĘCKI

Oto jak sobie producent filmu telewizyjnego „Klucz do wszechświata”, Alec Nisbet, wyobraża cztery kwarki



„do góry”



„do dołu”



„dziwny”



„powabny”



Rozwiązanie zadania M 129

Niech x będzie liczbą zawodników chińskich, y zaś liczbą zawodników amerykańskich.

Chińczycy w spotkaniach między sobą zdobyli razem $\frac{1}{2}x(x-1)$ punktów, w spotkaniach zaś z Amerykanami zdobyli $\frac{1}{2}xy$ punktów. Podobne rozumowanie można przeprowadzić odnośnie do liczby punktów zdobytych przez Amerykanów.

Jest więc

$$\frac{1}{2}x(x-1) + \frac{1}{2}xy = xy,$$

skąd

$$x^2 - x + y^2 - y - 2xy = 0, \quad x + y = (x - y)^2,$$

zatem $x + y$ jest kwadratem liczby

całkowitej.

W historii rozwoju fizyki nieczęsto zdarzała się taka sytuacja, że w trakcie poszukiwania opisu teoretycznego pewnych nowych i niezrozumiałych zjawisk spekulacje czysto teoretyczne, nie oparte na żadnych przesłankach doświadczalnych, znajdowały następnie pełne potwierdzenie w doświadczeniach. Zwykle okazywało się wtedy, że spekulacje te były początkiem zupełnie nowej teorii, tłumaczącej to wszystko czego nie rozumiano. W fizyce cząstek elementarnych sytuacja taka zdarzyła się w zasadzie dwukrotnie. Na początku naszego wieku przewidziano istnienie fotonu, co zapoczątkowało erę fizyki kwantowej. Pod koniec lat dwudziestych Dirac przewidział istnienie antycząstek i wtedy też rozpoczęło się panowanie kwantowej teorii pola, które trwa do dzisiaj. Wydaje się, że z podobnego typu sytuacją mamy do czynienia w związku z odkryciami, które uhonorowano nagrodą Nobla w 1976 roku (o odkryciach tych patrz Delta 6/1975). Przypomnijmy krótko fakty historyczne. W 1964 roku fizycy teoretycy, analizując prawa zachowania obowiązujące wśród cząstek elementarnych, doszli do wniosku, że wszystkie cząstki oddziałujące silnie (zwane hadronami) zachowują się tak, jakby były zbudowane z trzech podstawowych cegiełek — kwarków (pisaliśmy o tym w poprzednim numerze Delt). Hipoteza kwarków została następnie potwierdzona pośrednio w wielu doświadczeniach. Najbardziej przekonujące były wyniki współczesnej wersji historycznego doświadczenia Rutherforda z 1911 roku, którą mądrze nazwano głębokim nieelastycznym rozpraszaniem leptonów na nukleonach (GNRLnN). Rutherford wraz ze współpracownikami rozpraszali cząstki α na folii ze złota. Okazało się, że cząstki te przelatują przez atomy złota nie natrafiając na żadną materię atomową, uginają się tylko w silnym polu elektrostatycznym wytworzonym przez ładunek skupiony w środku atomu. Wyciągnięto stąd wniosek o istnieniu małego jądra atomowego, którego rozmiary ($\sim 10^{-12}$ cm) i ładunek (równy liczbie atomowej) można było ocenić z wielkości owego ugięcia. W doświadczeniu GNRLnN rozpraszano elektrony na nukleonach i w podobny, jak u Rutherforda, sposób wywnioskowano, że nukleony te składają się z kwarków o ładunkach równych $\frac{2}{3}$ i $\frac{1}{3}$ ładunku elementarnego (tyle też przewidywali teoretycy), że kwarki wewnątrz nukleonów mają bardzo małe masy oraz, że praktycznie nie mają one rozmiarów — są prawie punktowe, podobnie jak fotony, elektrony, miony i neutrina. Wyniki doświadczenia GNRLnN są równie mocnym argumentem za istnieniem kwarków wewnątrz nukleonów, jak wyniki doświadczenia Rutherforda były argumentem za istnieniem jądra wewnątrz atomów. Tyle tylko, że atomy można było stosunkowo łatwo zjonizować i otrzymać ich jądra, podczas gdy kwarki są związane tak wielkimi siłami, że nieprędko uda się rozbić nukleony. Zachęceni tak pięknym potwierdzeniem swoich rozważań fizycy zaczęli budować ścisłą teorię kwarków. W teorii tej proton zachowuje się, jak pęcherzyk pary nasyconej w cieczy. Para składa się z gazu kwarkowego, którego cząsteczki, jako prawie bezmasowe, poruszają się z prędkością bliską prędkości światła. Pęcherzyki mogą się rozpadać na dwa lub więcej (tak np. powstają mezony π), ale nigdy nie można oderwać od nich pojedynczej cząsteczki gazu — kwarku. Tak prosto opisana struktura ma jednak dosyć złożoną postać matematyczną. Równania opisujące kwarki są raczej skomplikowane. Nietrudno jednak było się przekonać, że równania te mają rozwiązanie jedynie wtedy, gdy do klasycznego już układu trzech kwarków dodamy nowy, tzw. powabny kwark. Wniosek taki wyciągnięto już w roku 1970. Otóż w 1974 roku odkryto pierwsze cząstki zawierające w swej strukturze kwarki powabne. I za to odkrycie przyznano w zeszłym roku nagrodę Nobla z fizyki. Na zakończenie warto pewnie odpowiedzieć na narzucające się pytanie: czym jest ciecz, w której pływają hadrony napełnione gazem kwarkowym? We współczesnej wersji teorii kwarków cieczą tą jest sama próżnia, która wywiera stałe ciśnienie na wszystkie zanurzone w niej cząstki. Dlatego są one takie małe, a nie rozplývają się jak każdy gaz po całej przestrzeni. Dziwna jest ta próżnia — przypomina dawno wygnany z teorii eter Maxwella. Czy może znów coś trzeba wyganiać z teorii?



Burton Richter urodził się w 1931 r. W 1948 rozpoczął studia w MIT (Massachusetts Institute of Technology) z mocnym postanowieniem poświęcenia się pracy naukowej w chemii lub w fizyce. Już po pierwszym roku stwierdził, jak sam pisze, że fizyka jest znacznie bardziej podniecająca.

W 1952 r. rozpoczął studia doktoranckie badając strukturę nadsubtelnej izotopu rtęci 197. Szybko zainteresował się fizyką cząstek. W 1956 r. kończy pracę doktorską na temat produkcji mezonów π pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego γ .

Po doktoracie zainteresował się sprawdzaniem eksperymentalnym elektrodynamiki kwantowej.

W doświadczeniach przeprowadzonych w Stanford sprawdził stosowalność elektrodynamiki kwantowej na odległościach 10^{-13} cm.

Doświadczenie uzyskane w tych eksperymentach pozwoliło mu na udział w realizacji elektronowych pierścieni kumulacyjnych w Stanford. Wraz z W. C. Barberem, B. Gittelmanem i Gerry O'Neill pracowali 6 lat nim uzyskali zderzające się wiązki, które można było wykorzystać w eksperymentach. W 1965 r. w wyniku doświadczeń, w których uczestniczy, granica stosowalności elektrodynamiki kwantowej została przesunięta o rząd wielkości (10^{-14} cm).

W 1973 roku rozpoczyna eksperymenty, które doprowadziły do wyników nagrodzonych nagrodą Nobla.

Burton Richter tak kończy opis swojej działalności naukowej zamieszczony w *Adventures in Experimental Physics*, tom 5 (1976): „... dopiero teraz uświadomiłem sobie, jak wielką i długą miłością było moje obcowanie z elektronami. Jak w większości przygód miłosnych były i cienie i blaski, ale radość zawsze przeważała nad zniechęceniem”.

国王,皇后陛下,皇族们,各位朋友:

得到诺贝尔奖,是一个科学家最大的荣誉.我是在中国长大的,因此想借这个机会向在发展中国家青年们强调实验工作的重要性.

中国有一句古语:‘劳心者治人,劳力者治于人.’这种落后的思想,对在发展国家的青年们有很大的害处.由于这种思想,很多在发展国家的学生们都倾向于理论的研究,而避免实验工作.

事实上,自然科学理论不能离开实验的基础,特别,物理学是从实验产生的.

我希望由于我这次得奖,能够唤起在发展中国家学生们的兴趣,而注意实验工作的重要性.

Samuel Ting jest Chińczykiem z pochodzenia. W dwa miesiące po urodzeniu (1936) w USA powrócił wraz z rodzicami do Chin. Do Ameryki przyjechał ponownie w 1956 r.

Kończy studia w zakresie matematyki i fizyki, utrzymując się ze stypendium. Ting chciał zostać fizykiem teoretycznym.

Dwa zdarzenia wpłynęły na zmianę planów. Jak sam pisze — pierwszym była rozmowa z profesorem Ulenbeckiem:

„powiedział mi, że przeciętny doświadczalnik jest bardzo przydatny, ale przeciętny teoretyk nie”. Po tym przyszło zaproszenie z Berkeley, gdzie poszukiwano fizyków do będącego w toku eksperymentu. Praca i warunki finansowe były bardzo atrakcyjne. Samuel Ting pojechał do Berkeley i stał się fizykiem doświadczalnym.

Po uzyskaniu doktoratu wyjechał do CERN-u (Europejska Organizacja Badań Jądrowych pod Genewą w Szwajcarii), gdzie pracował pod kierunkiem prof. Giuseppe Cocconi przy akceleratorze protonowym. Ting bardzo ciepło wspomina współpracę z włoskim fizykiem, od którego wiele się nauczył. W roku 1965 powraca do Stanów i wyklada na uniwersytecie Columbia. Wydział Fizyki dysponował w owym okresie silnym zespołem fizyków: Jack Steinberger, Leon Lederman, Melvin Schwartz, T. D. Lee, I. I. Rabi. „Nauczyłem się od nich wielu rzeczy — pisze Ting — Wszyscy oni byli zapalonymi fizykami i dużego stopnia indywidualistami. Od nich, ale w to mi nikt nie wierzy, nauczyłem się też jedzenia chińskich potraw”.

Pracując w Columbii Ting poznał metody eksperymentalne, które miał później stosować w pracy, która przyniosła mu nagrodę Nobla.

W 1966 r. podjął pracę w DESY — laboratorium koło Hamburga, dysponującym akceleratorem elektronów. Zajął się tam sprawdzaniem elektrodynamiki kwantowej — sprawdzenie wypadło pozytywnie. Po pięciu latach pracy i po rocznym urlopie Ting przystąpił do budowy spektrometru, pozwalającego na badanie par $e^+ e^-$ wyprodukowanych w zderzeniach proton-tarcza.

Powyżej:

Zdjęcie Samuela Tinga i Burta Richtera w czasie uroczystości przyznania nagrody Nobla w grudniu 1976. (Zdjęcie wykonane przez Jeanne Ting i zamieszczone w CERN Courier 1/2, 1977).

Obok:

Rękopis tekstu przemówienia S. Tinga podczas uroczystości. (Zdjęcie z CERN Courier 1/2, 1977.)