

## Doc. dr Tomasz HOFMOKL

To była prawdziwa sensacja. Pod koniec listopada nadeszła telefonicznie wiadomość o niezależnym odkryciu przez dwa zespoły fizyków amerykańskich nowej cząstki o masie 3105 MeV i o czasie życia o kilka rzędów dłuższym niż czas życia rezonansów o porównywalnej masie. Istnienia takiej cząstki nikt nie oczekiwał. Do dziś są kłopoty z wyjaśnieniem jej właściwości. O znaczeniu tego odkrycia dla fizyki pisze prof. Grzegorz Białkowski na stronie 1. Nasza opowieść dotyczy przebiegu doświadczenia i historii odkrycia.

Czasy życia cząstek są bardzo różne (patrz «Delta», 1974, 12); niektóre z nich, zwane rezonansami, żyją średnio  $10^{-24}$  s. Cząstki te przy osiągalnych obecnie energiach rozpadają się w tak bliskiej odległości punktu produkcji, że nie można rejestrować ich śladu w żadnym znanym detektorze. O ich istnieniu wnioskujemy na podstawie dwóch typów eksperymentów.

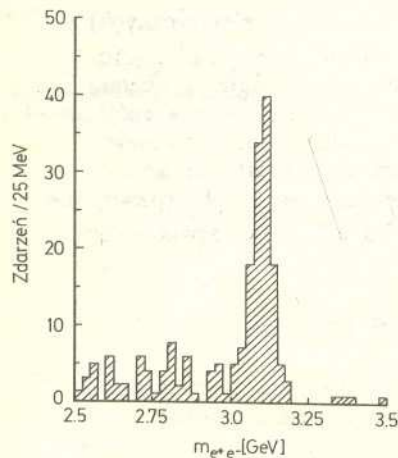
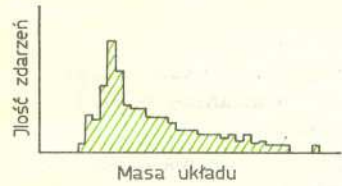
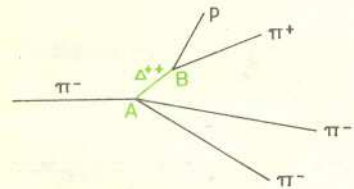
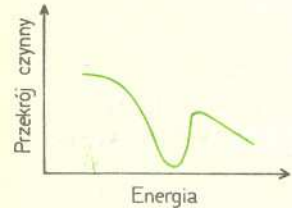
W „doświadczeniach formacji” badamy zależność częstości (przeliczonej zazwyczaj na tak zwany przekrój czynny) występowania określonej cząstki od energii zderzających się cząstek. Energia układu zderzających się cząstek obliczona w układzie środka masy jest równoważna masie układu, jaki te cząstki zderzając się mogą formować. Sporządzamy wykres zależności przekroju czynnego na dany proces od energii. Obserwowane przy określonej energii maksimum świadczy na ogół o tworzeniu się rezonansu w tym obszarze mas. Stąd właśnie pochodzi nazwa „eksperyment formacji” dla tego typu doświadczeń.

W „eksperymentach produkcji” rezonans jest wytworzony wśród innych produktów reakcji i praktycznie natychmiast się rozpada. Rysunek ilustruje w sposób ogromnie przesadzony sytuację dla reakcji  $\pi^- p \rightarrow \Delta^{++} + \pi^- + \pi^-$ , gdzie rezonans  $\Delta^{++}$  rozpada się z kolei na p i  $\pi^+$ . Odcinek drogi od punktu produkcji A do punktu rozpadu B jest zbyt krótki, aby można go było zmierzyć lub nawet zauważyć. O istnieniu rezonansu możemy przekonać się badając produkty rozpadu. Histogram mas, jakie tworzą cząstki, które podejrzewamy, że powstały w wyniku rozpadu rezonansu, powinien mieć maksimum w miejscu odpowiadającym masie tego rezonansu. Rezonans produkuje się, a następnie rozpada — stąd nazwa „eksperyment produkcji” dla tego typu doświadczeń. Naszą opowieść rozpoczynamy w Narodowym Laboratorium w Brookhaven, gdzie od wiosny 1974 r. prowadzono pod kierunkiem prof. Samuela Tinga badania reakcji, w której proton zderza się z jądrami berylu, a wśród produktów reakcji znajduje się elektron i pozyton:  $p + Be \rightarrow e^+ + e^- + \text{cokolwiek}$ .

Była to kontynuacja ośmioletnich badań nad produkcją par  $e^+ e^-$ , prowadzonych poprzednio również pod kierunkiem S. Tinga w laboratorium DESY koło Hamburga. Dla badań użyto dwóch układów liczników identyfikujących elektrony dodatnie i ujemne oraz określających ich energię i kąty emisji. Układ taki, pokazany na zdjęciu, nosi nazwę spektrometru dwuramiennego. Każde ramię o długości 20 m tworzy kąt  $15^\circ$  z kierunkiem wiązki pierwotnej. Na początku każdego ramienia są trzy elektromagnesy, za nimi liczniki Czerenkowa przypominające z wyglądu bębny betoniarek, a dalej układ wielodrutowych komór proporcjonalnych, które umożliwiają precyzyjne określenie położenia toru elektronu w przestrzeni. Jest to typowe doświadczenie produkcji. Bada się rozkład masy par  $e^+ e^-$  poszukując ewentualnych maksimum, które można by interpretować jako skutek produkcji rezonansu.

W sierpniu 1974 r. zespół fizyków, wśród których znajduje się S. Ting, J. J. Aubert, U. J. Becker i P. J. Biggs, zauważył na rozkładzie badanej masy  $e^+ e^-$  maksimum. Może to być nowy nieznan rezonans, może być błąd w działaniu urządzeń.

Zaczyna się przygoda, ale zaczyna się też okres niezwykle wyczerpującego sprawdzania działania całego układu eksperymentalnego. Trudno uwierzyć, że istnieje jeszcze jedna nowa cząstka, której istnienia nikt się nie spodziewał (aby być bliżej prawdy, należy powiedzieć: prawie nikt). W tym zakresie energii przeprowadzono już uprzednio badania — może tylko nie tak dokładne jak obecnie — poza tym niepokojąco wyglądał sam histogram mas. Był on niezwykle, jak na „obyczaj” rezonansów, wąski — widać to na rysunku zaczerpniętym z pierwszej rozesłanej pracy. Wąskość oznaczała długi czas życia, co z kolei nie znajdowało rozsądnego wytłumaczenia. Po bardzo dokładnym





### Rozwiązanie zadania M 52.

Na płaszczyźnie proste rozłączne są równoległe. Suma prostych równoległych jest całą płaszczyzną lub płaszczyzną z usuniętą co najmniej jedną prostą, a więc nie jest płaszczyzną pozbawioną jednego tylko punktu. Łatwo zauważyć, że z tego krótkiego rozmówienia wynika, iż płaszczyzna pozbawiona dowolnej skończonej liczby punktów nie jest sumą prostych rozłącznych. Czytelnik znający fakty z teorii mnogości zauważy, że z tego dowodu wynika, iż płaszczyzna pozbawiona przeliczalnego zbioru punktów nie jest sumą prostych rozłącznych. Redakcji nie wiadomo, czy przestrzeń trójwymiarowa pozbawiona jednego punktu jest sumą prostych rozłącznych.



Foto Brookhaven

sprawdzeniu okazało się, że aparatura działa bez zarzutu, a zatem obserwowane maksimum świadczy o istnieniu nowego rezonansu.

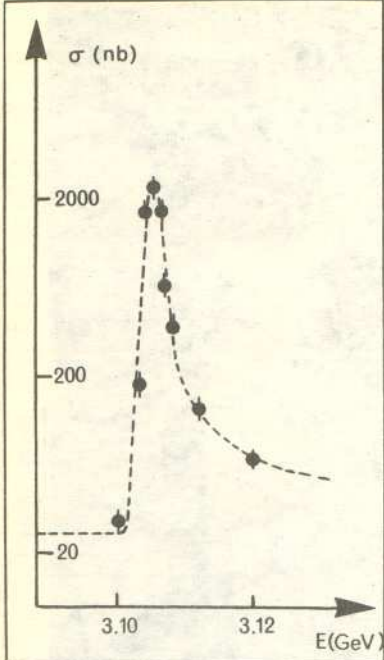
W połowie października zespół posiadał już około 500 zarejestrowanych przypadków odpowiadających rozpadowi nowej cząstki. Planowano dalsze zwiększanie statystyki i dokładne przebadanie całego dostępnego obszaru energii. W połowie listopada wieści napływające ze Stanfordu zmuszają do przyśpieszenia publikacji wyników. Nową cząstkę oznaczono dużą literą J (litera J jest bardzo podobna do chińskiego ideogramu 丁 oznaczającego sylabę Ting — prof. Samuel Ting jest z pochodzenia Chińczykiem). Zdjęcie przedstawia pierwszą stronę publikacji rozesłanej na cały świat i reprodukowanej w niezliczonych kserokopiach.

Przenieśmy się obecnie do Stanford Linear Accelerator Center. W zespole prof. Burta Richtera pracują fizycy tej miary, co M. Perl, W. Chinowsky, G. Goldhaber i G. H. Trilling. Zespół bada reakcję  $e^+ + e^- \rightarrow$  hadrony. Elektrony i pozytony krążące w przeciwnych kierunkach w pierścieniach akumulacyjnych SPEAR zderzają się. Aparatura detekcyjna rejestruje tylko te spośród produktów reakcji, które oddziałują silnie (np. mezony pi, nukleony itp.), czyli hadrony. Pokazany na zdjęciu układ detekcyjny umożliwia wyobrażenie sobie wielkości urządzenia. Wyniki uzyskiwane w czerwcu budziły pewien niepokój — były niepowtarzalne w okolicy masy pary pozyton–elektron równej 3100 MeV. Przyczyna była nieznaną, niekiedy układ detekcyjny liczył „w normie”, to znaczy tak jak przy nieco niższej i nieco wyższej energii, niekiedy zaś zaczynał liczyć

**"EXPERIMENTAL OBSERVATION OF A HEAVY VECTOR PARTICLE J"**  
by

J.J. Aubert, U. Becker, J.P. Biggs, J. Burger, M. Chen, C. Everhart, F. Goldhaber, J. Leong, T. McCarriston, T.C. Rhoades, M. Rohde, Samuel C.C. Ting, and Sau Lan Wu, Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., U.S.A.

Brookhaven National Laboratory, Upton, New York  
**Abstract:** We report the observation of a heavy vector particle J, with mass  $m = 3.1$  GeV and width approximately zero. The observation was made from the reaction  $p + \bar{p} \rightarrow e^+e^- + X$  by measuring the  $e^+e^-$  mass spectrum with a precise pair spectrometer at the 30 GeV Brookhaven National Laboratory Alternating Gradient Synchrotron.



pięciokrotnie szybciej. W lipcu SPEAR wyłączono planując jego przebudowę tak, aby można było magazynować cząstki o wyższej energii. Eksperyment rozpoczęto w sobotę 9 listopada 1974 r. od zbadania podejrzanego obszaru mas. Energię zderzających się wiązek, a więc i masę układu  $e^+ e^-$ , zmieniano bardzo małymi krokami rejestrując przekrój czynny na produkcję hadronów. W okolicy masy równej 3100 MeV przekrój czynny wyraźnie osiągał maksimum — prędkość rejestracji badanych zdarzeń była dziesięciokrotnie wyższa niż w obszarze sąsiednim.

W niedzielę o godzinie 11 istnienie nowej cząstki stało się pewne. Fizyków ogarnęła euforia, otworzono butelkę szampana i wszyscy świętowali swoje odkrycie. Tylko jeden członek zespołu, Gerson Goldhaber, zamknął się w odosobnieniu, aby napisać tekst pracy przeznaczony do natychmiastowej publikacji. Podczas jego nieobecności postanowiono powtórzyć pomiary badając jeszcze dokładniej obszar masy rezonansu. Okazało się, że przy bardzo precyzyjnym zmienianiu energii wiązek można znaleźć taką energię, przy której częstość zliczeń, a więc i przekrój czynny, wzrasta stokrotnie w porównaniu z sąsiednimi obszarami. Pomiary zakończono, zanim Goldhaber ukończył pisanie pracy. Gdy wrócił z gotowym tekstem, dowiedział się, że przygotowany materiał musi jeszcze raz przerabiać. Nowy wynik był jeszcze bardziej zaskakujący — rezonans okazał się węższy, niż sądzono początkowo.

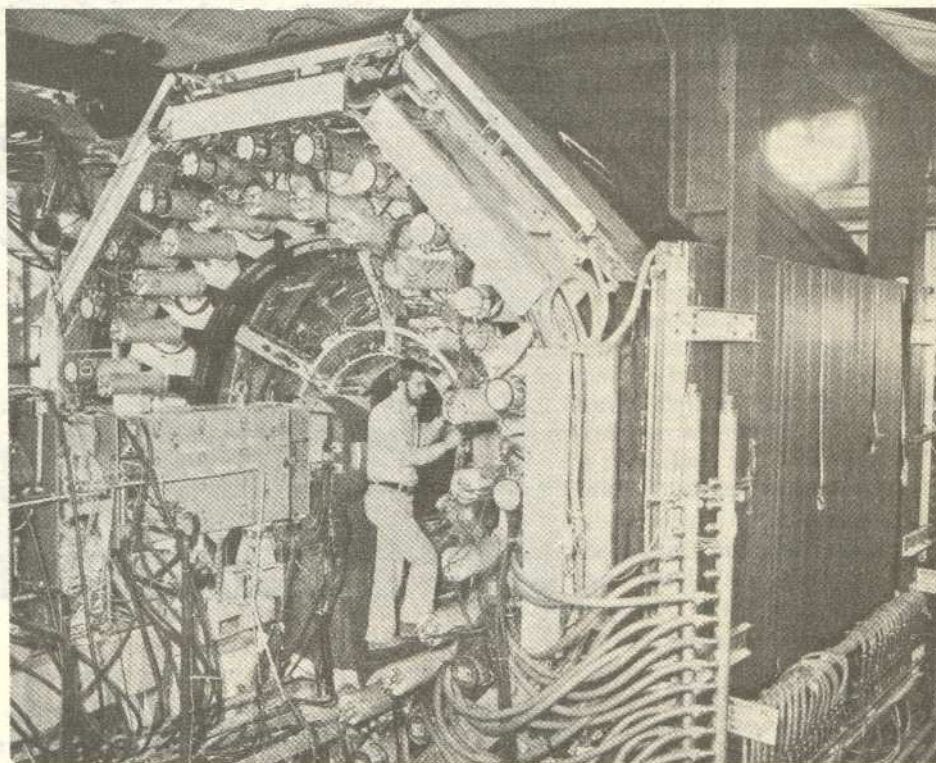


Foto SLAC



Foto CERN

Oba zespoły publikują swoje wyniki jednocześnie. W kilka godzin po odkryciu wieść dociera telefonicznie do większych laboratoriów europejskich, a wkrótce potem S. Ting przyjeżdża do CERN-u z referatem. Wieść jest prawdziwą sensacją. Tam gdzie istniały możliwości techniczne, przystąpiono natychmiast do powtarzania eksperymentu stanfordzkiego. 13 listopada układ pierścieni kumulacyjnych ADONE we Frascati (Włochy) zostaje wykorzystany do eksperymentu. Niestety górna granica masy  $e^+ e^-$ , jaką można osiągnąć w tym urządzeniu, wynosi tylko 3000 MeV. Operatorzy podejmują ryzyko. Przeciążają elektromagnesy pierścieni kumulujących i 15 listopada potwierdzają wyniki amerykańskie. Urządzenie wytrzymuje. Podobne wyniki otrzymują Niemcy w Hamburgu za pomocą pierścieni kumulacyjnych DORIS. Wyniki ogłaszają 24 listopada. W Stanford praca trwa nadal. Do początku stycznia 1975 r. uczeni znajdują dodatkowo dwa nowe rezonanse o masie 3695 MeV i około 4000 MeV. Czas życia cząstki o masie 3,7 GeV jest również niezwykle długi: rzędu  $10^{-20}$  s. Odkrycie nowych cząstek to dopiero początek wielkiej przygody. Jak w każdej przygodzie nie wiemy, co jutro przyniesie. Wiemy jednak, że zrobiono nowy krok naprzód w poznaniu otaczającego nas świata.