

Czego się można nauczyć obserwując „młotki litowe”?

Doc. dr Joanna STEPANIAK

Termin „reakcja jądrowa” kojarzy się zwykle absolwentowi współczesnej szkoły średniej z oddziaływaniami nukleonów o energiach rzędu kilku lub kilkunastu megaelektronowoltów z jądrami. Reakcje te prowadzą do rozszczepienia ciężkich jąder. Czy potrafiłbyś jednak Czytelniku odpowiedzieć na pytanie, co się stanie, jeśli uderzy w jądro cząstka, której energia setki czy tysiące razy przewyższa energię wiązania nukleonów w jądrze? Podobne pytanie, zadane przed kilkunastu laty przez jednego z profesorów w czasie egzaminu z fizyki doświadczalnej, wywołało wśród studentów oczekujących na egzamin pewną konsternację. Trzeba dodać, że profesorowi chodziło raczej o sposób podejścia do nowego problemu, niż o wiedzę na poruszany temat — fizyka cząstek elementarnych i fizyka jądrowa wysokich energii nie należały do programu wykładu. Ponadto był to okres, kiedy dopiero zaczęto przyspieszać cząstki w akceleratorach do energii rzędu dziesiątek gigaelektronowoltów i informacje doświadczalne o ich oddziaływaniu z jądrami były jeszcze ubogie.

— Proces może wyglądać podobnie do strzału z karabinu do wielkiej kropli cieczy — powiedział jeden ze studentów. W pierwszej chwili pocisk wyłobi tunel, a następnie rozdygotana kropla wyrzuci kilka drobnych kropelek.

— Ale przecież jądro składa się z nukleonów i odległości między nimi są wielokrotnie większe od promienia nukleonu. Czy nie powinno się raczej mówić o procesie podobnym do zderzenia kuli bilardowej z gromadą podobnych kul — powiedział ktoś inny. Wtedy należałoby rozważać coś w rodzaju sekwencji kolejnych zderzeń.

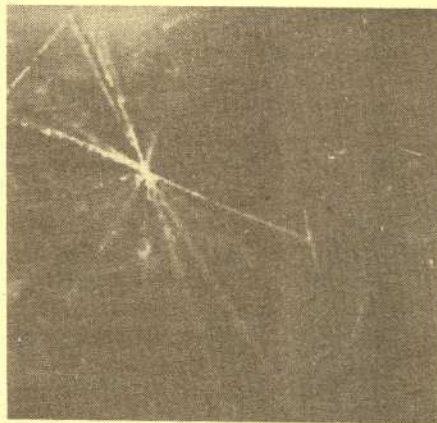
— Od razu widać, że nie słyszeliście o produkcji nowych cząstek. Przecież przy takich energiach w zderzeniu rodzą się mezony i inne nowe cząstki. Może właśnie to jest najważniejsze — powiedział inny student.

— No dobrze, ale skoro w pytaniu jest mowa o jądrze, to pewnie chodzi o to, co się z nim stanie, a nie o to jak wygląda zderzenie pojedynczych nukleonów — nie dawał za wygraną zwolennik kropkowego modelu jądra.

— A może najlepiej byłoby zobaczyć jak jest naprawdę. Przecież chyba robiono takie doświadczenia — pogodził wszystkich ktoś, kto nie lubił spekulacji myślowych.

Kiedy kilka lat później zajmowałam się jako młody pracownik naukowy badaniem oddziaływań cząstek wysokich energii z jądrami, przypomniałam sobie tę dyskusję z czasów studenckich. Zdałam sobie wtedy szybko sprawę, że „zobaczyć jak jest naprawdę” wcale nie jest łatwo. Liczba produktów oddziaływania bywa bardzo duża. W niektórych przypadkach obserwuje się kilkadziesiąt cząstek naładowanych wychodzących z obszaru oddziaływania, nie mówiąc o neutronach i innych cząstkach neutralnych. Przykład takiego właśnie oddziaływania z dużą liczbą cząstek wtórnych przedstawiony jest na zdjęciu.

Zdarzenie zostało zarejestrowane w emulsji jądrowej i zaobserwowane pod mikroskopem optycznym. Wywołał je proton przyspieszony w akceleratorze do energii 24 GeV. Na podstawie obserwacji wielu takich zdarzeń stosunkowo szybko udało się ustalić, że produkty reakcji można podzielić na trzy grupy. Bardzo szybkie, słabo jonizujące cząstki, skolimowane w kierunku lotu cząstki pierwotnej, są w większości mezonami produkowanymi przez szybką cząstkę w jej drodze przez jądro. Prawie ciągle tory cząstek powolnych, rozłożone izotropowo odpowiadają prawdopodobnie produktom rozpadu wzbudzonego jądra. Charakterystyki torów o pośredniej jonizacji świadczyły o tym, że zostały one pozostawione przez nukleony wybite w wyniku rozwijającej się kaskady zderzeń. Jak jednak uzyskać bardziej precyzyjne informacje o wspomnianych procesach? Identyfikacja i pomiar energii wszystkich cząstek wychodzących z jądra były wówczas zadaniem ze sfery fantazji, a i obecnie są praktycznie niemożliwe nawet przy użyciu nowoczesnych technik detekcyjnych. Czy jednak naprawdę jest sens mierzyć „wszystko”? Co właściwie zrobilibyśmy z otrzymaną, ogromną ilością informacji? Na jakie pytanie chcemy dać odpowiedź? Dla zbadania mechanizmu deekscytacji wzbudzonego jądra, poznania jego energii wzbudzenia, najbardziej charakterystyczną wydawała się być emisja większych grup nukleonów. Wykorzystaliśmy do analizy tej emisji obserwację dość szczególną i na pierwszy rzut oka nie charakterystyczną dla całości oddziaływania. Mianowicie niektóre tory, zwykle o niezbyt długim zasięgu kończą się czymś w rodzaju poprzeczki. Zdjęcie jednego z takich torów możesz Czytelniku obejrzyć na zdjęciu.



Uważny obserwator może zauważyć sekwencję ziaren układającą się w linię celującą w punkt przecięcia toru z „poprzeczką”. Jest to ślad elektronu. Tory takie pozostawia promieniotwórcze jądro ^8Li . W wyniku emisji elektronu zmienia się ono w nietrwały izotop berylu, który z kolei rozpada się na dwie cząstki alfa. W gwarze używanej w laboratorium tor tego typu nazywany jest młotkiem litowym. Zbadanie kilkuset tego typu zderzeń pozwoliło poznać, praktycznie dokładnie rozkłady energetyczne i kątowe jednego, dobrze określonego fragmentu jądrowego. Poza przeprowadzeniem pomiarów zasięgów torów i kątów ich emisji konieczne było oczywiście uwzględnienie szeregu poprawek związanych z mniejszym prawdopodobieństwem obserwacji niektórych konfiguracji kinematycznych. Na przykład tory fragmentów o długim zasięgu, emitowanych pod kątami bliskimi 90° nie zawsze kończyły się w jednej warstwie emulsji. Zauważenie tego typu przyczyn zniekształceń jest jednak podstawowym obowiązkiem każdego doświadczalnika, a wprowadzenie odpowiednich poprawek było możliwe.

