

Zjawisko turbulencji występuje w układach o dużej liczbie stopni swobody. Jak wiemy, układy takie dążą do stanu równowagi termodynamicznej. Jeśli jednak w układzie pojawi się niestabilność (wywołana np. istnieniem dużych zmian gęstości, prędkości czy ciśnienia), to fluktuacje narastają i układ dochodzi do stanu o wysokim poziomie tych fluktuacji. Stan taki nosi nazwę stanu turbulentnego w odróżnieniu od stanu spokojnego (laminarnego). Najbardziej znanym przykładem ruchu turbulentnego jest zjawisko turbulencji hydrodynamicznej. Występuje ono często w instalacji wodociągowej i powoduje hałaśliwe drgania rur. W przepływie turbulentnym ma miejsce silne mieszanie się płynu, wskutek czego wzrasta intensywność transportu pędu, domieszek, ciepła itp.

Mechanizm taki może być związany ze zjawiskiem turbulencji. Choć nikt nie może przeczyć istnieniu tego zjawiska, to dalecy jesteśmy jednak od pełnego ilościowego jego opisu. W szczególności cechą charakterystyczną turbulencji jest próg wyraźnie oddzielający stan laminarny od stanu turbulentnego. Mechanizm progowy jest w oczywisty sposób związany z nieliniowością równań. Do dzisiejszego dnia sprawą otwartą jest problem matematycznej struktury progu. Istnieje kilka konkurujących propozycji, ciągle jednak niewiele wiemy na temat powstawania i rozwoju turbulencji.

Wracając do naszego układu podwójnego, wyobrażamy sobie, że w pewnym (bliżej nieokreślonym) momencie, gdy materii w dysku nagromadzi się dostatecznie dużo, pojawi się niestabilność i dysk stanie się turbulentny. Transport momentu pędu od warstw wewnętrznych na zewnątrz dysku stanie się wtedy efektywny i duża porcja materii spadnie na białego karła. Spadkowi takiemu towarzyszyć będzie wydzielenie energii potencjalnej oraz ewentualnie jądrowej ze świeżo dostarczonego paliwa. Uwolnienie tej energii będzie widoczne jako silny rozbłysk. Mechanizm taki zdaje się dobrze tłumaczyć rozbłyski gwiazd tak zwanych *nowych karłowatych*. Podobne mechanizmy w układzie z bardziej masywnym centrum też odgrywają istotną rolę w zrozumieniu zjawisk astrofizycznych.

W ten sposób badając własności stosunkowo prostego i wyidealizowanego układu potrafimy zbudować model zjawisk pozornie bardzo odległych.

Jak odkryć coś ciekawego na zdjęciu reakcji jądrowej

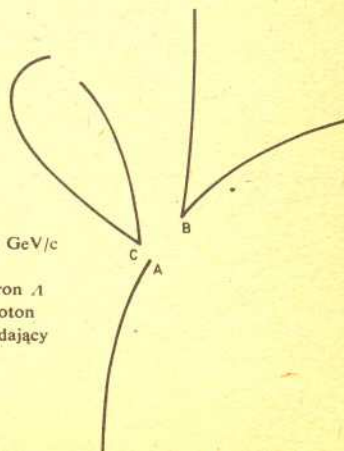
Cząstki elementarne mają, jak sądzimy, rozmiary nie większe niż 10^{-13} cm. Ponieważ oddziaływania silne i słabe, w których cząstki te biorą udział mają zasięg działania również nie przekraczający 10^{-13} cm, więc jedynie długozasięgowe oddziaływania elektromagnetyczne mogą być podstawą wszelkich metod detekcji cząstek. Wyciągamy stąd wniosek, że tylko cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym mogą pozostawiać bezpośrednio zauważalne ślady swej obecności. Cząstki obojętne nie są widoczne, a o ich istnieniu wnioskujemy na podstawie wywołanych przez nie reakcji, w których produkują się obserwowalne cząstki naładowane. Naładowana cząstka poruszająca się wewnątrz jakiegokolwiek materiału wywołuje jonizację znajdujących się w nim atomów i cząsteczek. Droga cząstki zostaje w ten sposób utrwalona na jakiś czas w postaci ciągu zjonizowanych atomów. Jeżeli materiałem detekcyjnym jest klisza fotograficzna, to po jej wywołaniu otrzymujemy fotografię toru cząstki. W innych detektorach wykorzystuje się zjawisko kondensacji pary przesyconej na zjonizowanych cząsteczkach, wrzenia cieczy przegrzanej, powstawania wyładowań elektrycznych w obszarach zjonizowanych, skoku oporności półprzewodników podczas przejścia naładowanej cząstki. W ten sposób możemy uzyskać obraz toru każdej cząstki obdarzonej ładunkiem. Przelatująca przez materiał detekcyjny cząstka traci stopniowo swą energię na jonizację sąsiednich atomów i po chwili zatrzymuje się. Im większa energia cząstki, tym dłuższy jej tor. Zależność między energią i długością toru znana jest dla wszystkich stosowanych detektorów i pozwala na wyznaczenie energii cząstek. Z drugiej strony im szybciej porusza się cząstka, tym mniej czasu spędza w otoczeniu pojedynczego atomu, a w konsekwencji tym mniejsze jest prawdopodobieństwo zajścia jonizacji. Jest to okoliczność szczególnie ważna dla klisz fotograficznych, w których można stosunkowo dokładnie mierzyć stopień jonizacji (grubość toru i liczbę przerw na nim). Umożliwia to wyznaczenie prędkości, a więc i pędu cząstki. Wszystkie podstawowe detektory cząstek dostarczają stosunkowo dokładnych informacji na temat energii i pędu cząstek. Znając zaś te dwie wielkości możemy ze związku $m^2 = c^{-4}(E^2 - p^2c^2)$ obliczyć masę cząstki i sprawdzić w tablicach, czy przypadkiem nie odkryliśmy nowej. Pozostaje jeszcze sprawa wyznaczenia wartości ładunku i spinu cząstki. Kwestię tę pozostawmy specjalistom, a sami zajmijmy się pytaniem: jak odkryć coś ciekawego na zdjęciu reakcji jądrowej.

Pomaga w tym często przypadek. Pochodzące z promieniowania kosmicznego lub z akceleratora (przyspieszacza) cząstki od czasu do czasu wywołują reakcje w wystawionym na ich działanie detektorze, np. w kliszy. W reakcjach tych powstaje często kilkadziesiąt cząstek i typowe zdjęcie wygląda tak, jak na rysunku.

Przeglądając tysiące takich zdjęć natrafiono kilkadziesiąt lat temu na obraz, który zdaniem oglądającego kliszę nie był typowy (patrz rysunek).

Powstała litera V mogła być rezultatem reakcji rozpraszania niewidocznej cząstki obojętnej utworzonej w reakcji pierwotnej bądź też wynikiem rozpadu takiej cząstki. W tym drugim przypadku suma pędów cząsteczek tworzących V (produktów rozpadu) powinna celować w środek gwiazdy pierwotnej. Tak też i było. Postanowiono więc sprawdzić hipotezę istnienia nowej cząstki obojętnej rozpadającej się na dwie cząstki naładowane. Zaczęto przeglądać zdjęcia wybierając tylko takie, na których zauważono łatwo widoczne V. Na wybranych zdjęciach zmierzono długości torów i jonizację „produktów rozpadu” wyznaczając stąd energię i pęd cząstek. Jeżeli suma pędów nie była skierowana do środka gwiazdy, to zdjęcie odrzucano. W przeciwnym wypadku obliczano masę cząstki niewidocznej i masę cząstek tworzących literę V. Dla cząstek niewidocznych otrzymywano zawsze dwie jedynie wartości masy: ok. 1100 MeV oraz ok. 500 MeV. W pierwszym przypadku produktami rozpadu były zawsze proton (masa ok. 940 MeV) oraz mezon π (masa ok. 140 MeV), zaś w drugim dwa mezony π . Odkryto w ten sposób dwie nowe cząstki obojętne: *hiperon Λ* i *mezon K^0* .

Opisana historia liczy już sobie wiele lat. Od tego czasu metody przeglądania i pomiaru w znacznym stopniu zautomatyzowano. Jednak podstawowa idea nie uległa zmianie. Tyle tylko, że w historii współczesnej brak przygody owego badacza, któremu litera V wydała się nietypowa.



W punkcie A mezon π^- o pędzie 4 GeV/c oddziałuje z protonem w komórce pęcherzykowej dając w wyniku hiperon Λ (rozpadający się w punkcie B na proton i mezon π^-) oraz mezon K^0 (rozpadający się w punkcie C na π^+ i π^-).