

Symetria zapachowa świata wielkich energii działa inaczej

1 czerwca 2025

Wyraźną anomalię świadczącą o łamaniu jednej z najważniejszych symetrii świata kwarków: przybliżonej symetrii zapachowej między kwarkami dolnymi i górnymi – zaobserwowali naukowcy z międzynarodowego eksperymentu NA61/SHINE.

Istnienie anomalii – zauważone w zderzeniach jąder atomowych argonu i skandu – może wynikać z dotychczas nieznanymi niedoskonałościami obecnych modeli zderzeń jądrowych, ale nie można wykluczyć jej potencjalnego związku z od dawna poszukiwaną „nową fizyką” – opisują przedstawiciele Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie w przesłanym PAP komunikacie.

Jeśli z tej samej liczby klocków drewnianych i plastikowych zmontujemy jakąś konstrukcję, a potem ją rozbijemy, to dalej połowa klocków powinna być drewnianych i połowa plastikowych. Fizycy żyli dotychczas w przekonaniu, że podobna symetria stanów początkowego i końcowego (nazywana symetrią zapachową), występuje w zderzeniach cząstek zawierających kwarki dolne i górne.

Z artykułu opublikowanego na łamach prestiżowego czasopisma „Nature Communications” wyłania się jednak inny obraz rzeczywistości. Intrygującą obserwację o dalekosiężnych konsekwencjach przeprowadziła grupa eksperymentu NA61/SHINE, której istotną część stanowią fizycy z Polski, w tym z IFJ PAN.

Zespół badał zderzenia jąder argonu i skandu przyspieszanych przez akcelerator SPS – ten sam, który odpowiada także za ostatnią fazę rozpędzania protonów przed wstrzykiwaniem ich do

wnętrza akceleratora LHC w CERN pod Genewą.

„Zgodnie z obecnym stanem wiedzy, dostrzegany przez nas świat materii tworzą głównie cząstki elementarne nazywane kwarkami. Występują one w sześciu odmianach, każdej mającej swój antymaterialny odpowiednik. Protony i neutrony, podstawowe składniki jąder atomowych, składają się z trójek zmieszanych kwarków dolnych i górnych, podczas gdy pary kwark-antykwar są określane mianem mezonów” – opisuje cytowany w komunikacie prof. Andrzej Rybicki (IFJ PAN).

Czynnikiem odpowiedzialnym za sklejanie kwarków w protony, neutrony lub mezony są oddziaływania silne, opisywane za pomocą teorii nazywanej chromodynamiką kwantową.

Z jej równań wynika, że gdyby kwarki wszystkich typów miały te same masy, oddziaływanie silne nie wyróżniałoby żadnego z nich. W rzeczywistości kwarki poszczególnych odmian (zapachów) istotnie różnią się masami, co łamie tę symetrię. Kluczowy staje się jednak fakt, że dwa najlżejsze rodzaje kwarków – wspomniane już dolne i górne – niewiele się różnią masami.

Oddziaływania silne traktują je więc nie idealnie tak samo, ale wystarczająco podobnie, by można mówić o istnieniu przybliżonej symetrii zapachowej. W badaniach jądrowych znaczenie tej symetrii jest niebagatelne. To właśnie dzięki niej wiadomo, że jeśli zderzenie o dużej energii, zachodzące z udziałem kwarków dolnych, produkuje z pewnym prawdopodobieństwem jakieś cząstki wtórne, to z niemal tym samym prawdopodobieństwem inne, odpowiadające im cząstki wtórne powstałyby w zderzeniu, w którym byłyby obecne kwarki górne (i vice versa).

Zespół eksperymentu NA61/SHINE zajmował się badaniami mezonów K (kaonów) podczas wysokoenergetycznych zderzeń jąder atomowych argonu i skandu.

„Wyniki opublikowane przez nasz zespół okazują się statystycznie znacząco odbiegać od dotychczasowych przewidywań

teoretycznych. Zwykle przyjmuje się, że rozbieżności w danych eksperymentalnych wynikające z przybliżonego charakteru symetrii zapachowej nie przekraczają 3 proc. w tym zakresie energii. My natomiast donosimy o nadprodukcji kaonów naładowanych sięgającej aż 18 proc.” – mówi prof. Rybicki.

W badanych układach przed zderzeniami było nieco więcej kwarków dolnych niż górnych. “intuicyjnie oczekiwaliśmy, że jeśli wystąpią zaburzenia symetrii zapachowej, w ich wyniku powinniśmy po zderzeniu obserwować więcej kwarków dolnych. Tymczasem z naszych analiz wynika jednoznacznie: symetria zapachowa jest łamana w drugą stronę i na końcu to kwarków górnych jest więcej!” – mówi cytowana w komunikacie IFJ PAN pomysłodawczyni pomiaru kaonów neutralnych, prof. dr hab. Katarzyna Grebieszko z Politechniki Warszawskiej.

Przyczyny zaobserwowanego łamania symetrii w zderzeniach jąder atomowych argonu i skandu nie są obecnie znane. Być może w rachunkach teoretycznych inspirowanych chromodynamiką kwantową nie uwzględniono jakichś istotnych własności tych zderzeń. Jednak nie można wykluczyć i innej, bardziej spektakularnej możliwości: że zaobserwowany efekt wykracza poza dotychczasową teorię oddziaływań silnych i zbudowany za jej pomocą Model Standardowy, co oznaczałoby, że jest przejawem długo poszukiwanej „nowej fizyki”.

„Dziś nie potrafimy jeszcze powiedzieć, czy jest to zjawisko uniwersalne, dotyczące wszystkich oddziaływań z obecnością kwarków, czy też występuje na przykład tylko dla jąder o określonych masach, bądź dla takich, a nie innych energii zderzeń” – podkreśla prof. Rybicki i dodaje: „Ta niewiedza w praktyce oznacza, że ponownej, uważnej weryfikacji należałoby poddać praktycznie wszystkie modele produkcji cząstek w zderzeniach wysokich energii i liczne wyniki eksperymentalne”.

W najbliższych miesiącach naukowcy z zespołu NA61/SHINE rozpoczną prace mające na celu potwierdzenie łamania symetrii zapachowej w zderzeniach charakteryzujących się początkowo

równymi liczbami kwarków dolnych i górnych.

Niestety, na najciekawsze wyniki przyjdzie wszystkim poczekać: zderzenia jąder magnezu będzie można zrealizować dopiero po mającej się wkrótce rozpocząć, a planowanej na trzy lata przerwie modernizacyjnej w działaniu akceleratora LHC.

Prace sfinansowano ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Narodowego Centrum Nauki.

Autorstwo: PAP

Źródło: NaukawPolsce.pl