

Warszawa, 9 września 2015

## Widok na wnętrze jądra atomowego stał się bardziej przejrzysty

*Jak dostrzec, co się dzieje we wnętrzu jąder atomowych? Dla fizyków ważnym źródłem informacji są tu mezony, cząstki emitowane podczas zderzeń jąder. Do tej pory nie było jednak wiadomo, które mezony niosą wiarygodną informację, a które ją zakłócają. Analiza wyników międzynarodowego eksperymentu FOPI, przeprowadzona przez fizyków z Uniwersytetu Warszawskiego, pozwoliła uczynić widok na wnętrze jądra atomowego znacznie bardziej przejrzystym.*

Nie wystarczy patrzeć, trzeba jeszcze rozumieć, co się widzi. O procesach zachodzących wewnątrz jąder atomowych fizycy wnioskowali dotychczas m.in. na podstawie obserwacji mezonów, cząstek powstających w zderzeniach jąder. Wnioski nie były jednak w pełni wiarygodne, ponieważ nie wiadomo, ile spośród zaobserwowanych mezonów rzeczywiście pochodzi z wnętrza jąder atomowych. Obecnie naukowcy z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego (IFD FUW) zakończyli analizę danych zebranych w niemieckim ośrodku jądrowym w Darmstadt podczas międzynarodowego eksperymentu FOPI. Okazało się, że mezonów zaciemniających obraz wnętrza jądra atomowego było zaskakująco dużo.

„Codzienny świat widzimy dzięki światłu, czyli fotonom. W fizyce jądrowej odpowiednikiem fotonów są mezony K, nazywane także kaonami. Cząstki te powstają w zderzeniach jąder atomowych, a ponieważ są zdolne opuścić obszar zderzenia słabo absorbowane, mogą zostać przez nas zarejestrowane. Niestety, dotychczas nie bardzo wiedzieliśmy, co tak naprawdę widzimy dzięki mezonom”, mówi prof. dr hab. Tomasz Matulewicz (IFD FUW).

Mezony to nietrwałe cząstki elementarne zbudowane z kwarka i antykwarka. Występują w kilkudziesięciu odmianach, których masy wynoszą od kilkuset do kilkudziesięciu tysięcy mas elektronu. Dla fizyków jądrowych ważne są zwłaszcza mezony  $K^-$  i  $K^+$  oraz mezon fi. Mezon  $K^+$  składa się z kwarka górnego i antykwarka dziwnego, a  $K^-$  z antykwarka górnego i kwarka dziwnego (jest więc antycząstką dla  $K^+$ ). Z kolei mezon fi zawiera kwark i antykwark dziwny.

W normalnych warunkach masa mezonów K odpowiada ok. 1000 mas elektronu. Jednak gdy mezony K tworzą się wewnątrz materii jądrowej, wskutek silnych oddziaływań i wielu efektów kwantowych ich masa efektywna w chwili powstania jest inna: wyrażona w masach elektronu, dla mezonów  $K^-$  spada do ok. 800, a dla  $K^+$  wzrasta do ok. 1150 (efekt zależy od gęstości materii). Dopiero gdy mezony te opuszczą jądro, ich masa staje się równa nominalnej.

Kaony byłyby świetnymi nośnikami informacji o zjawiskach we wnętrzu jądra atomowego gdyby nie fakt, że mogą powstawać także w próżni poza jądrem. W zderzeniach ciężkich jąder może bowiem dojść do emisji mezonu fi, który nim się rozpadnie, potrafi przebyć drogę nawet kilkukrotnie

większą od średnicy dużego jądra atomowego. Dla fizyków to spory problem, bo mezon  $\pi$  w połowie przypadków rozpada się właśnie na mezony  $K^-$  i  $K^+$ . Oznacza to, że w strumieniu mezonów  $K$ , rejestrowanym przez detektory, tylko część cząstek niesie naprawdę wartościową informację o samym jądrze atomowym, podczas gdy część nigdy nie miała z nim nic wspólnego.

„Sytuacja trochę przypomina to, co dzieje się w prima aprilis. Pierwszego kwietnia czytamy wiele doniesień prasowych, które wydają się wiarygodne – i takie naprawdę są. Ale akurat w ten jeden dzień może się zdarzyć jeden czy drugi news, który został wymyślony z sufitu. Jeśli mu zaufamy, wyciągniemy wnioski rozmiijające się z prawdą. Wiemy o tym, stajemy się nieufni i zaczynamy poddać w wątpliwość także rzeczywiste doniesienia. Problem z mezonami  $K$  polegał na tym, że w prima aprilis bawiły się z nami cały czas”, tłumaczy dr Piotr Gasik (FUW, obecnie Wydział Fizyki Uniwersytetu Technicznego w Monachium).

Aby rozstrzygnąć, skąd pochodzą mezony  $K$  rejestrowane w zderzeniach ciężkich jąder atomowych, w ośrodku jądrowym GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH w Darmstadt przeprowadzono w minionych latach serie pomiarów z użyciem detektora FOPI, skonstruowanego przy istotnym udziale fizyków z IFD FUW. Detektor rejestrował zderzenia jąder niklu  $^{58}\text{Ni}$  z takimi samymi jądrami. Spośród ok. 300 milionów zaobserwowanych zderzeń fizykom z IFD FUW po uważnej analizie udało się zidentyfikować 170 przypadków z udziałem mezonu  $\pi$ .

„Gdyby ktoś potrafił w tłumie wszystkich warszawiaków znaleźć jedną konkretną osobę, byłby to z pewnością niezły wyczyn. Jednak trzeba byłoby go powtórzyć niemal dwieście razy, aby dorównać naszej skuteczności!”, mówi dr Krzysztof Piasecki (IFD FUW) i wyjaśnia, dlaczego mezony  $\pi$  pojawiały się tak rzadko: „Energia jąder atomowych zderzanych w detektorze FOPI nie wystarczała do produkcji mezonów  $\pi$ . Na szczęście cząstki w jądrze także się poruszają i czasami energia ich ruchu dodawała się do energii zderzenia. To wtedy pojawiała się szansa na narodziny mezonu  $\pi$ ”.

Zarejestrowane rozpady mezonów  $\pi$  pozwoliły oszacować, ile mezonów  $K$  tworzy się w próżni. Okazało się, że niemal co czwarty kaon (ok. 22%) nie ma nic wspólnego z jądrem atomowym! Mało tego, liczba kaonów spoza jądra zmienia się nietrywialnie w zależności od energii mezonów: przy pewnych energiach jest ich nieco więcej, przy pewnych nieco mniej.

Uwzględnione w kolejnych modelach teoretycznych, wyniki analiz fizyków z IFD FUW pomogą znacznie lepiej zrozumieć zjawiska zachodzące w trakcie zderzeń jąder atomowych i dokładniej interpretować dane zebrane przez detektory cząstek. Co ciekawe, wyniki mają także znaczenie dla astronomów badających gwiazdy neutronowe. Zgodnie z dotychczasowymi modelami, największa masa gwiazdy neutronowej nie powinna przekraczać 1,4 mas Słońca. Ostatnio zaobserwowano jednak gwiazdy tego typu o masach bliskich dwóm masom Słońca. Tę zaskakującą rozbieżność prawdopodobnie uda się wytłumaczyć przyjmując, że jądra gwiazd neutronowych w rzeczywistości składają się nie tylko z neutronów, ale też z dużej liczby protonów i mezonów  $K$ .

Badanie cząstek zawierających kwark dziwny, takich jak mezony  $K$ , należy do długich tradycji Instytutu Fizyki Doświadczalnej FUW. Została ona zapoczątkowana w 1952 roku, gdy profesorowie Marian Danysz i Jerzy Pniewski odkryli tu hiperjądra, czyli jądra atomowe, w których jeden z protonów lub neutronów jest zastąpiony hiperonem. Z czasem okazało się, że hiperon to cząstka zbudowana z trójki kwarków: górnego, dolnego i dziwnego. Odkrycie hiperjąder było pierwszym przypadkiem detekcji w jądrze atomowym innej cząstki niż protony i neutrony i miało ogromne znaczenie dla rozwoju fizyki jądrowej. Jest też uważane za jedno z najważniejszych odkryć warszawskiego ośrodka fizyki subatomowej.

Badania fizyków z IFD FUW nad emisją mezonów z jąder atomowych sfinansowano z polskich (MNiSW) i europejskich programów badawczych.

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ok. 200 nauczycieli akademickich, wśród których jest 88 pracowników z tytułem profesora. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ok. 1000 studentów i ponad 170 doktorantów.

## **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

„Influence of Phi mesons on negative kaons in Ni + Ni collisions at 1.91A GeV beam energy”; FOPI Collaboration; Physical Review C 91, 054904 (2015); DOI: 10.1103/PhysRevC.91.054904

## **KONTAKTY:**

prof. dr hab. **Tomasz Matulewicz**  
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
tel. +48 22 5532655  
email: [tomasz.matulewicz@fuw.edu.pl](mailto:tomasz.matulewicz@fuw.edu.pl)

dr **Krzysztof Piasecki**  
Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
tel. +48 22 5532656  
email: [krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl](mailto:krzysztof.piasecki@fuw.edu.pl)

## **POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://gsi.de/>  
Strona GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH w Darmstadt.

<http://www.fuw.edu.pl/>  
Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

<http://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>  
Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

## **MATERIAŁY GRAFICZNE:**

**FUW150909b\_fot01s.jpg**                      **HR:**    [http://www.fuw.edu.pl/press/images/2015/FUW150909b\\_fot01.jpg](http://www.fuw.edu.pl/press/images/2015/FUW150909b_fot01.jpg)  
Niemał co czwarty mezon K to efekt rozpadów poza jądrem atomowym. (Źródło: FUW)