



Kraków, 1 marca 2018

Jak rodzą się hadrony przy ogromnych energiach dostępnych w LHC?

Nasz świat składa się głównie z cząstek zbudowanych z trzech kwarków powiązanych gluonami. Proces zlepiania się kwarków, zwany hadronizacją, jest wciąż słabo poznany. Dzięki analizie unikalnych danych zebranych dla wysokoenergetycznych zderzeń protonów w akceleratorze LHC fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, działający w międzynarodowej współpracy przy eksperymencie LHCb, zdobyli na jego temat nowe informacje.

Gdy rozpędzone do największych energii protony zderzają się w akceleratorze LHC, ich cząstki składowe – kwarki i gluony – tworzą zagadkowy stan pośredni. Dużym zaskoczeniem była obserwacja, że w zderzeniach stosunkowo prostych cząstek, jakimi są protony, ów stan pośredni wykazuje właściwości cieczy, typowe dla zderzeń znacznie bardziej złożonych obiektów (ciężkich jonów). Właściwości tego typu wskazują na istnienie nowego stanu materii: plazmy kwarkowo-gluonowej, w której kwarki i gluony zachowują się niemal jak cząstki swobodne. Ta egzotyczna ciecz błyskawicznie się schładza. W efekcie kwarki i gluony ponownie wiążą się ze sobą w procesie zwanym hadronizacją. Jego efektem są narodziny hadronów, cząstek będących zlepkami dwóch lub trzech kwarków. Dzięki najnowszej analizie danych zebranych przy energii siedmiu teraelektronowoltów w eksperymencie LHCb, naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie zdobyli nowe informacje dotyczące przebiegu hadronizacji w zderzeniach protonów.

„Główną rolę w zderzeniach protonów odgrywa oddziaływanie silne, opisywane przez chromodynamikę kwantową. Zjawiska zachodzące podczas schładzania plazmy kwarkowo-gluonowej są jednak tak złożone pod względem obliczeniowym, że dotychczas nie udało się dobrze poznać i zrozumieć szczegółów hadronizacji. A przecież jest to proces o kluczowym znaczeniu! To dzięki niemu w pierwszych chwilach po Wielkim Wybuchu z kwarków i gluonów uformowała się dominująca większość cząstek tworzących nasze codzienne środowisko”, mówi dr hab. inż. Marcin Kucharczyk, prof. IFJ PAN.

W akceleratorze LHC hadronizacja zachodzi niezwykle szybko, na dodatek w ekstremalnie małym obszarze wokół punktu zderzenia protonów: jego rozmiary sięgają zaledwie femtometrów, czyli milionowych części jednej miliardowej metra. Nic dziwnego, że bezpośrednia obserwacja tego procesu nie jest obecnie możliwa. Żeby zdobyć jakiegokolwiek informacje o jego przebiegu, fizycy muszą sięgać po różne metody pośrednie. Kluczową rolę odgrywa w nich podstawowe narzędzie mechaniki kwantowej: funkcja falowa, której właściwości odwzorowują cechy cząstek danego typu (warto zauważyć, że mimo upływu niemal 100 lat od narodzin mechaniki kwantowej, funkcja falowa nadal nie doczekała się jednoznacznej interpretacji fizycznej!).

„Funkcje falowe identycznych cząstek będą się na siebie efektywnie nakładały, czyli interferowały. Jeśli w wyniku interferencji dojdzie do ich wzmocnienia, mówimy o korelacjach Bosego-Einsteina, jeśli do wytłumienia – o korelacjach Fermiego-Diraca. W naszych analizach interesowały nas wzmocnienia, a więc korelacje Bosego-Einsteina. Poszukiwaliśmy ich między mezonami pi wylatującymi z obszaru hadronizacji w kierunkach bliskich pierwotnemu kierunkowi zderzających się wiązek protonów”, wyjaśnia doktorant Bartosz Małecki (IFJ PAN).

Metoda użyta przez krakowskich fizyków została oryginalnie opracowana dla potrzeb radioastronomii i nosi nazwę interferometrii HBT (od nazwisk jej dwóch twórców: Roberta Hanbury'ego Browna i Richarda Twissa). Użyta w odniesieniu do cząstek, interferometria HBT pozwala m.in. określić rozmiary obszaru hadronizacji i jego ewolucję w czasie. Za jej pomocą można zdobyć informacje na przykład o tym, czy obszar ten jest różny dla różnych liczb wyemitowanych cząstek bądź dla ich różnych rodzajów.

Dane z detektora LHCb umożliwiły badanie procesu hadronizacji w obszarze tzw. małych kątów, czyli dla hadronów produkowanych w kierunkach bliskich kierunkowi pierwotnych wiązek protonów. Analiza wykonana przez grupę z IFJ PAN dostarczyła wskazówek, że parametry opisujące źródło hadronizacji w niezbadanym jak dotąd obszarze małych kątów, a dostępnym w eksperymencie LHCb, różnią się od wyników podobnych analiz wykonanych dla większych kątów w innych eksperymentach.

„Analiza, która dostarczyła tych ciekawych wyników, będzie kontynuowana w eksperymencie LHCb dla różnych energii zderzeń i różnych rodzajów zderzających się obiektów. Dzięki temu będzie można zweryfikować niektóre z modeli opisujących hadronizację, a w konsekwencji lepiej zrozumieć przebieg samego procesu”, podsumowuje prof. dr hab. Mariusz Witek (IFJ PAN).

Prace zespołu z IFJ PAN zostały sfinansowane m.in. z grantu OPUS Narodowego Centrum Nauki.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopiśmie naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W kategoryzacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

dr hab. inż. **Marcin Kucharczyk**, prof. IFJ PAN
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628050
email: marcin.kucharczyk@cern.ch

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „Bose-Einstein correlations of same-sign charged pions in the forward region in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV”
The LHCb collaboration, R., Adeva, B. et al.
Journal of High Energy Physics (2017) 2017: 25
DOI: [https://doi.org/10.1007/JHEP12\(2017\)025](https://doi.org/10.1007/JHEP12(2017)025)

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ180301b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2018/03/01/IFJ180301b_fot01.jpg

Cząstki wyprodukowane w trakcie jednego ze zderzeń dwóch protonów o energiach 7 TeV każdy, zarejestrowane przez detektory eksperymentu LHCb w 2011 roku; widok z dwóch różnych ujęć. (Źródło: CERN, LHCb)