



Kraków, 11 marca 2015

## ***Dzety zdradzają sekrety najbardziej egzotycznego stanu materii***

*Tuż po Wielkim Wybuchu Wszechświat był wypełniony chaotyczną „zupą” kwarków i gluonów, cząstek dziś uwięzionych w protonach i neutronach. Badanie plazmy kwarkowo-gluonowej wymaga użycia najbardziej wyrafinowanych narzędzi doświadczalnych i teoretycznych. Ważny krok ku poznaniu jej właściwości zrobił zespół fizyków pracujących przy detektorze ATLAS w akceleratorze LHC, który właśnie opublikował wyniki najnowszych analiz.*

Gdy w tunelu akceleratora LHC w ośrodku CERN pod Genewą zderzają się jądra ołowiu pędzące niemal z prędkością światła, materia na ułamki sekund przechodzi do najbardziej egzotycznego stanu znanego współczesnej fizyce: staje się plazmą kwarkowo-gluonową. Nowe informacje o właściwościach tej plazmy, zebrane dzięki analizie strumieni penetrujących ją cząstek, zostały właśnie opublikowane w prestiżowym czasopiśmie „Physical Review Letters” przez międzynarodowy zespół fizyków pracujących przy detektorze ATLAS.

Tuż po uformowaniu się czasoprzestrzeni w Wielkim Wybuchu, Wszechświat wypełniała materia o niezwykłych cechach. Kwarki i gluony, dziś trwale uwięzione we wnętrzach protonów i neutronów, poruszały się swobodnie, tworząc jednorodną „zupę”: plazmę kwarkowo-gluonową. Ten wyjątkowy stan materii, pojawiający się dopiero w temperaturach liczonych w bilionach stopni, fizycy potrafią wytwarzać w akceleratorze LHC, w zderzeniach ciężkich jąder atomowych (ołowiu).

Badanie plazmy kwarkowo-gluonowej jest ogromnym wyzwaniem. Pojawia się ona w dość rzadkich zderzeniach, w bardzo małych ilościach. Na dodatek istnieje tylko ułamki sekund: zaraz po powstaniu zaczyna ekspandować pod własnym ciśnieniem, błyskawicznie stygnie i przekształca się w lawiny zwyczajnych cząstek. Co więcej, współczesna fizyka nie dysponuje narzędziami zdolnymi bezpośrednio obserwować kwarki czy gluony. Nie można więc postąpić tak jak np. przy zwykłych pomiarach temperatury: wziąć termometr, wsadzić w plazmę i po prostu poczekać, aż wyświetli się wynik. Potrzebne są znacznie bardziej wyrafinowane metody.

„Na szczęście detektory takie jak ATLAS potrafią rejestrować produkty rozpadów cząstek, które z plazmą kwarkowo-gluonową oddziaływały. Starannie analizując właściwości tych cząstek możemy wyciągać wnioski o cechach samej plazmy”, mówi prof. dr hab. Barbara Wosiek z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie, która koordynowała i zatwierdziła prace zespołu z Columbia University, zajmującego się analizą danych zebranych w detektorze ATLAS w 2011 roku.

Najwięcej informacji o plazmie kwarkowo-gluonowej niosą cząstki, które w wyniku zderzenia rozbiegają się „na boki”. Ich specyficzny kierunek ruchu, poprzeczny względem pierwotnego kierunku lotu jąder ołowiu, pozwala je względnie łatwo odróżnić od tysięcy innych cząstek i jednocześnie gwarantuje, że są one rezultatem wczesnego etapu zderzenia. A skoro tak, to musiały tuż po zderzeniu przedrzeć się przez obłok plazmy kwarkowo-gluonowej, by następnie rozpaść się na skupione, wąskie strugi cząstek, nazywane dżetami.

„Te pierwotne cząstki przechodząc przez gęstą i gorącą plazmę tracą energię, co prowadzi do wygaszania/zanikania wysokoenergetycznych dżetów. W trakcie naszej analizy zajmowaliśmy się rekonstrukcją dżetów o bardzo dużych energiach, sięgających 400 gigaelektronowoltów”, uzupełnia prof. Wosiek.

Po zrekonstruowaniu dżetów zarejestrowanych dla zderzeń jąder ołowiu, zespół fizyków zestawiał wyniki z wnioskami z analizy zderzeń proton-proton. Idea stojąca za takim porównaniem była prosta. Z dość precyzyjnego opisu teoretycznego zderzeń protonów wynika, że nie może w nich powstawać plazma kwarkowo-gluonowa. Z kolei modele teoretyczne zderzeń ciężkich jąder przewidują formowanie się gęstej plazmy w czołowych zderzeniach jądro-jądro przy bardzo wysokich energiach. Zestawiając wyniki analiz obu rodzajów zderzeń można więc ocenić, jak dżety oddziałują z plazmą.

„W zderzeniach jąder ołowiu zarejestrowaliśmy aż o połowę mniej dżetów niż w zderzeniach protonów. Oznacza to, że cząstki powstałe w pierwotnym akcie zderzenia straciły energię na skutek oddziaływania z plazmą, co w konsekwencji spowodowało wygaszenie wysokoenergetycznych dżetów. To ważny wynik, ponieważ pozwala odrzucić część modeli teoretycznych plazmy kwarkowo-gluonowej, które tak silnego tłumienia nie przewidują”, wyjaśnia prof. Wosiek.

Detektor ATLAS, w którego budowę od początku były zaangażowane instytucje naukowe z Polski, w tym IFJ PAN, jest niezwykle wyrafinowanym urządzeniem o rozmiarach kilkupiętrowej kamienicy. Zbierane przez niego dane o zderzeniach cząstek płyną ponad 100 milionami kanałów elektronicznych, z których w trakcie typowych pomiarów ponad 99% pracuje poprawnie.

Zderzenia jąder ołowiu to jeden z elementów programu badawczego realizowanego przez międzynarodowe grupy naukowców w największych eksperymentach przy akceleratorze LHC. Główna tematyka badań dotyczy tu jednak zderzeń proton-proton, wykorzystywanych do weryfikowania poprawności współczesnej teorii budowy materii – Modelu Standardowego – oraz do poszukiwania zjawisk wykraczających poza ten opis. Spektakularnym sukcesem fizyków pracujących przy detektorach ATLAS i CMS w LHC było odkrycie w 2012 roku poszukiwanego od półwiecza bozonu Higgsa.

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 450 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach 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:**

prof. dr hab. **Barbara Wosiek**  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel. +48 12 6628429  
email: [barbara.wosiek@ifj.edu.pl](mailto:barbara.wosiek@ifj.edu.pl)

## **PRACE NAUKOWE:**

„Measurements of the Nuclear Modification Factor for Jets in Pb+Pb Collisions...”; G. Aad et al. (ATLAS Collaboration); Physical Review Letters 114, 072302; DOI: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.072302>

## **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:**

**IFJ150311b\_fot01s.jpg**

HR: [http://press.ifj.edu.pl/news/2015/03/IFJ150311b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2015/03/IFJ150311b_fot01.jpg)

Wąskie strumienie cząstek (dżety) zarejestrowane w detektorze ATLAS w pojedynczym zderzeniu jąder ołowiu. Dżety, widoczne w zaznaczonych stożkach na głównym rysunku (lub jako wąskie strugi cząstek na dolnym prawym rysunku), rozbiegają się w kierunkach bliskich prostopadłym do kierunku zderzających się wiązek jąder ołowiu (jest on prostopadły do płaszczyzny grafiki). (Źródło: ATLAS Experiment© 2014 CERN)

**IFJ150311b\_fot02s.jpg**

HR: [http://press.ifj.edu.pl/news/2015/03/IFJ150311b\\_fot02.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2015/03/IFJ150311b_fot02.jpg)

Wnętrze detektora ATLAS przy akceleratorze LHC w ośrodku CERN pod Genewą. (Źródło: ATLAS Experiment© 2014 CERN)

**IFJ150311b\_fot03s.jpg**

HR: [http://press.ifj.edu.pl/news/2015/03/IFJ150311b\\_fot03.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2015/03/IFJ150311b_fot03.jpg)

Schemat budowy detektora ATLAS. Ludzkie sylwetki dają wyobrażenie o rozmiarach urządzenia. (Źródło: ATLAS Experiment© 2014 CERN)