



Kraków, 14 czerwca 2018

## **Rosną szanse na wykrycie „grudek” w jądrach atomowych**

*Jak naprawdę wyglądają jądra atomowe? Czy znajdujące się w nich protony i neutrony są rozmieszczone chaotycznie? A może łączą się w klastry alfa, czyli grudki zbudowane z dwóch protonów i dwóch neutronów? W przypadku kilku lekkich jąder doświadczalne potwierdzenie indywidualizmu bądź rodzinnej natury nukleonów będzie teraz łatwiejsze dzięki przewidywaniom przedstawionym przez fizyków z Krakowa i Kielc.*

Każdy w miarę sumienny licealista dokładnie wie, jak wygląda jądro atomowe: to zlepek przypadkowo rozmieszczonych protonów i neutronów (czyli nukleonów). Sami fizycy nie mają jednak tak jednoznacznych wyobrażeń. Już w 1931 roku, zaledwie 20 lat po odkryciu jądra atomowego, pojawiły się pierwsze sugestie, że protony i neutrony w jądrach atomowych łączą się w jądra helu, a więc w grupki dwóch protonów i dwóch neutronów, często nazywane klastrami alfa. Jądra atomowe są jednak obiektami tak skrajnie małymi i trudnymi do zbadania, że choć od pierwszych przewidywań upłynął już niemal wiek, wciąż nie udało się jednoznacznie potwierdzić występowania w nich klastrów alfa.

Łączenie się obiektów w grupy sprzyja obniżaniu energii w układach fizycznych. Ten potężny, uniwersalny mechanizm występuje w przyrodzie w różnych skalach wielkości: kwarki łączą się w mezony lub bariony, atomy w cząsteczki, gwiazdy w galaktyki, a galaktyki w grupy galaktyk. W przypadku jąder atomowych symulacje komputerowe sugerują, że np. w jądrze berylu  ${}^9\text{Be}$  znajdują się dwa klastry alfa i jeden neutron (cały kompleks z wyglądu przypominałby hantel). W jądrze węgla  ${}^{12}\text{C}$  powinny znajdować się trzy klastry alfa (kształt jądra byłby więc trójkątny), cztery w tlenie  ${}^{16}\text{O}$  (tu jądro przypominałoby piramidę), dziesięć w wapniu  ${}^{40}\text{Ca}$  i czternaście w niklu  ${}^{56}\text{Ni}$ .

W 2014 roku naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie, we współpracy z fizykami z Universidad de Grenada, przedstawili sposób wykrycia śladów pierwotnej struktury jąder atomowych w rozkładzie prędkości cząstek rozbiegających się z punktu zderzenia ultrarelatywistycznych lekkich jąder atomowych z tarczą zbudowaną z jąder ciężkich, takich jak ołów  ${}^{208}\text{Pb}$  czy złoto  ${}^{197}\text{Au}$ . Ówczesne przewidywania koncentrowały się wokół sposobów detekcji klastrów alfa w jądrach węgla  ${}^{12}\text{C}$ .

„W naszej najnowszej publikacji, napisanej wraz z fizykami z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, przedstawiamy bardziej szczegółowe przewidywania dotyczące możliwości zaobserwowania śladów klastrów alfa w jądrach atomowych. Pokazujemy przy tym, jak klastry te można byłoby wykryć w kolejnych jądrach, nie tylko węgla  ${}^{12}\text{C}$ , ale także berylu  ${}^7\text{Be}$  i  ${}^9\text{Be}$  oraz tlenu  ${}^{16}\text{O}$ ”, mówi prof. dr hab. Wojciech Broniowski (IFJ PAN, UJK).

Metoda wykrycia klastrów alfa w jądrach atomowych, opisana w publikacji wyróżnionej przez redaktorów czasopisma „Physical Review C”, opiera się na ciekawej zależności. Ciężkie jądra atomowe, nawet gdyby składały się z klastrów alfa, są tak duże, że z dobrym przybliżeniem można je traktować jako dość jednorodne kule. Gdy w takie jądro z prędkością ultrarelatywistyczną (a więc bardzo bliską prędkości światła) uderza lekkie jądro atomowe, energia zderzenia jest tak wielka, że protony i neutrony na ułamki sekund rozpadają się na kwarki i zlepiające je gluony. Powstaje wówczas prawdopodobnie najbardziej egzotyczny płyn: plazma kwarkowo-gluonowa.

„W naszej pracy zauważamy, że jeśli lekkie jądro atomowe nie jest jednorodne, obłok plazmy kwarkowo-gluonowej utworzony w wyniku zderzenia jest zdeformowany. Jego kształt przynajmniej w pewnym stopniu będzie odpowiadał kształtowi lekkiego jądra. Plazma będzie się więc rozlewała na wszystkie strony, ale w różnych kierunkach z nieco innymi prędkościami”, wyjaśnia dr hab. Maciej Rybczyński, prof. UJK.

Plazma kwarkowo-gluonowa stygnie tak szybko, że bezpośrednie jej zaobserwowanie nie jest obecnie możliwe. Już po kilku femtosekundach (milionowych części jednej miliardowej sekundy) kwarki i gluony łączą się ponownie w cząstki w procesie nazywanym hadronizacją.

„W kierunkach, w których plazma kwarkowo-gluonowa płynęła nieco szybciej, możemy się spodziewać nieco większych prędkości cząstek powstałych przy hadronizacji. Jeśli więc z dostateczną precyzją zarejestrujemy pędy cząstek rozbiegających się z punktu zderzenia, potencjalnie jesteśmy w stanie z drobnych różnic wydobyć informację o kształcie jądra, które uderzyło w tarczę. Na dodatek informacja ta będzie dotyczyła jądra w stanie podstawowym”, tłumaczy Milena Piotrowska, doktorantka UJK.

Badania fizyków z IFJ PAN i UJK, współfinansowane z grantów Narodowego Centrum Nauki, dostarczają konkretnych przewidywań teoretycznych. Kolejny krok należy teraz do fizyków doświadczalnych pracujących przy akceleratorach o dużych energiach, takich jak Super Proton Synchrotron (SPS) czy Large Hadron Collider (LHC) w europejskiej organizacji CERN bądź Relativistic Heavy-Ion Collider (RHIC) w amerykańskim Brookhaven National Laboratory. Ponieważ eksperymenty potwierdzające grudkowatą strukturę jąder atomowych nie wymagają rozbudowy obecnie działającej aparatury, będzie można je przeprowadzić już w najbliższych latach.

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 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. **Wojciech Broniowski**  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk  
tel.: +48 12 6628431  
email: [wojciech.broniowski@ifj.edu.pl](mailto:wojciech.broniowski@ifj.edu.pl)

#### **PUBLIKACJE NAUKOWE:**

1. „Signatures of alpha clustering in ultrarelativistic collisions with light nuclei”  
M. Rybczyński, M. Piotrowska, W. Broniowski  
Phys. Rev. C 97, 034912  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.97.034912>

**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:**

IFJ180614b\_fot01s.jpg

HR: [http://press.ifj.edu.pl/news/2018/06/14/IFJ180614b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2018/06/14/IFJ180614b_fot01.jpg)

W ultrarelatywistycznym zderzeniu jądra berylu  ${}^7\text{Be}$  z jądrem ołowiu  ${}^{208}\text{Pb}$  (po lewej) powstaje obłok plazmy kwarkowo-gluonowej (po prawej). Początkowy kształt obłoku i prędkości jego ekspansji w różnych kierunkach niosą informację o pierwotnej budowie jądra berylu.  
(Źródło: IFJ PAN)