

Jak powstaje moment pędu w rozszczepieniu jąder atomowych?



Fot. 1. Układ eksperymentalny v-ball array znajdujący się w ośrodku badawczym Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie (Alto, Orsay, Francja).

Uniwersytetu Warszawskiego.

Seria pomiarów przeprowadzonych w ośrodku badawczym Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie we Francji doprowadziła do przełomowej obserwacji, pozwalającej ustalić okoliczności pojawienia się wysokiego momentu pędu w procesie rozszczepienia jąder atomowych. Wyniki analizy własności promieniowania emitowanego w reakcji rozszczepienia jąder atomowych ^{238}U , ^{232}Th oraz ^{252}Cf wskazały jednoznacznie, że nie ma korelacji pomiędzy momentami pędu powstałych fragmentów rozszczepienia. Oznacza to, że w przeciwieństwie do przewidywań większości dotychczas stosowanych modeli rozszczepienia, źródła momentu pędu są niezależne i musi on powstawać po rozszczepieniu. Uzyskane rezultaty, opublikowane w czasopiśmie *Nature*, są efektem współpracy fizyków z międzynarodowej grupy badawczej Nu-ball, w tym także z Wydziału Fizyki

Kiedy zbyt mocno nadmuchany balonik pęka, to jego kawałki odlatują w przeciwne strony wykonując przy tym przeróżne powietrzne ewolucje. Podobnie przebiega proces rozszczepienia jądra atomowego, w którym ulega ono podziałowi na dwie części, czemu towarzyszy emisja kilku neutronów. Wydzielona w tym procesie energia objawia się nie tylko w postaci energii kinetycznej powstałych fragmentów, ale także w formie rotacji i innych wzbudzeń jądrowych. Jednym z towarzyszących zjawisk jest emisja kwantów promieniowania gamma, które unoszą nie tylko nadmiar powstałej energii, ale i moment pędu (czyli hamują obroty).

W rozszczepiającym się systemie początkowy moment pędu wynosi praktycznie zero i mechanizm powstawania momentów pędu fragmentów rozszczepienia stanowił niezbadaną eksperymentalnie zagadkę od ponad 40 lat. W szczególności, nie było jasne, czy pojawiają się one przed, czy po podzieleniu się jądra atomowego. Do przełomowego rozstrzygnięcia tej kwestii doprowadziła seria pomiarów przeprowadzonych w ośrodku badawczym Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie (IJC) w Orsay we Francji.



Fot. 2. Spotkanie grupy Nu-ball, wrzesień 2019, Warszawa

Uzyskane rezultaty, opublikowane w czasopiśmie *Nature*, są efektem współpracy fizyków z 37 ośrodków naukowych (z 16 krajów), w tym także z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, tworzących grupę badawczą *Nu-ball*. Wiodącą rolę odgrywają w niej naukowcy z laboratorium IJC, w którym w 2018 roku na układzie ALTO przeprowadzono ponad 1200 godzin pomiarów z wykorzystaniem skolimowanej wiązki neutronów szybkich. Neutrony trafiały na tarcze zawierające materiały rozszczepialne, ^{238}U lub ^{232}Th , i indukowały rozszczepienie jąder atomowych. W dodatkowym pomiarze zbadano także spontaniczne rozszczepienie ^{252}Cf . Promieniowanie gamma, towarzyszące reakcjom rozszczepienia jąder, było rejestrowane przez układ około 200 detektorów. Udało się zrekonstruować kaskady przejść jądrowych w około 30 fragmentach rozszczepienia. Wyniki analizy własności emitowanego promieniowania jednoznacznie wskazały na brak korelacji pomiędzy momentami pędu powstałych fragmentów we wszystkich zbadanych przypadkach. Oznacza to, że w przeciwieństwie do większości dotychczas stosowanych modeli rozszczepienia, źródła momentu pędu są osobne, i musi on powstawać po rozszczepieniu. Co więcej, pomiędzy powstającymi fragmentami nie ma przekazu informacji. Uzyskane wyniki pozwoliły zaproponować mechanizm opisujący powstawanie momentu pędu w rozszczepieniu. Zakłada on, że podczas rozszczepienia jądra atomowego najpierw powstaje przewężenie, a następnie zachodzi podział na dwa, niezależne układy o bardzo wydłużonym kształcie. Nowe systemy dążą do kształtu kulistego, a energia związana z deformacją przekształca się na wzbudzenie powstałych jąder atomowych. Zaproponowany przebieg rozszczepienia tłumaczy statystyczny charakter wzbudzeń, niezależny dla każdego z fragmentów.

Rezultaty uzyskane przez fizyków z grupy *Nu-ball* mają zastosowanie w modelowaniu reaktorów jądrowych, w którym istotną składową transportu ciepła stanowi promieniowanie gamma emitowane przez fragmenty rozszczepienia oraz krotność jego występowania. Są one również

istotne w planowaniu eksperymentów nastawionych na wytworzenie nowych superciężkich pierwiastków oraz egzotycznych nuklidów o dużym nadmiarze neutronów.

PUBLIKACJA NAUKOWA

Wilson, J.N., Thisse, D., Lebois, M. *et al.* Angular momentum generation in nuclear fission. *Nature* 590, 566–570 (2021)

doi: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03304-w>

Współautorzy z Wydziału Fizyki UW:

Ewa Adamska, Victor Gauadilla, Agnieszka Korgul, Krzysztof Miernik, Monika Piersa