

NCBJ: IZOMERY PIERWIASTKÓW SUPERCIEŹKICH MOGĄ BYĆ ZNACZNIE BARDZIEJ STABILNE NIŻ DOTĄD SĄDZONO

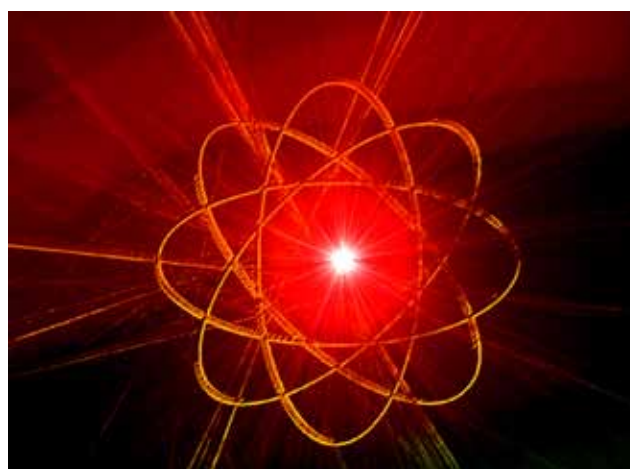
Niektóre stany izomeryczne pierwiastków superciężkich mogą mieć czasy życia mierzone w sekundach, a więc dziesiątki tysięcy razy dłuższe niż czasy życia ich bardzo niestabilnych stanów podstawowych. Jeśli takie egzotyczne stany jądrowe zostaną wytworzone eksperymentalnie, będą wystarczająco stabilne, by badać ich własności chemiczne.

Na takie wnioski wskazują wyniki prac zespołu teoretyków z Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) i Uniwersytetu Zielonogórskiego (UZ). O badaniach poinformował NCBJ w informacji prasowej.

Tablica Mendelejewa zawiera obecnie 118 pierwiastków, ale tylko 80 z nich ma izotopy stabilne. Jądra izotopów niestabilnych wcześniej czy później ulegają rozpadowi. W niektórych przypadkach czas połowicznego rozpadu jest bardzo długi, liczony w milionach lat, w innych czas ten wynosi mniej niż milionowe części sekundy. Nietrwale są wszystkie izotopy pierwiastków najcięższych. Czasy życia krótsze niż sekunda nie pozwalają przy obecnym stanie techniki ustalić własności chemicznych pierwiastka, w szczególności grupy układu okresowego, do której należy - czytamy w przesłanej przez NCBJ informacji prasowej.

Jądra atomowe są układami złożonymi z protonów i neutronów, które oddziałują między sobą w sposób, który obecnie potrafimy opisać jedynie w przybliżeniu. W najcięższych jądrach łączna liczba nukleonów - protonów i neutronów - sięga 300. W świecie makroskopowym, znanym z codziennego doświadczenia, układy złożone mogą ulegać zaburzeniom, np. zaczynają drgać lub obracać się, pozostając nadal związane. W świecie układów złożonych tworzących jądra atomowe, którym rządzą prawa fizyki kwantowej, także mogą wystąpić zaburzenia, a odpowiadają im przejścia układów do stanów wzbudzonych. Różnica - i w gruncie rzeczy istota świata w skali kwantowej - polega na tym, że energie i inne parametry kwantowych stanów wzbudzonych, nie mogą w wyniku zaburzenia zmienić się dowolnie. Dopuszczalne zmiany są ściśle porcjowane, czyli skwantowane - wyjaśniają eksperci NCBJ.

Jak podaje NCBJ, jądro w stanie wzbudzonym ma energię większą od energii stanu podstawowego i na ogół szybko, w czasie rzędu jednej bilionowej części sekundy, powraca do niego, oddając energię wzbudzenia w postaci emisji kwantów gamma. Jednak w niektórych jądrach zdarzają się takie stany wzbudzone, które trwają przez czas wyraźnie dłuższy - nazywa się je izomerami. Jednym z przejawów ich wewnętrznego wzbudzenia może być zmiana spinu, czyli kwantowego odpowiednika momentu pędu, mierzą-



cego jak „szybko wirują składniki układu”. Jądra w stanie izomerycznym tworzą atomy o tych samych własnościach chemicznych, co jądra w stanie podstawowym.

„W 2001 roku odkryto w ośrodku GSI w Niemczech izomer izotopu pierwiastka darmstadt o liczbie masowej 270. Okazało się, że rozpada się on poprzez emisję cząstki alfa, tak jak większość pierwiastków superciężkich, ale jego czas życia jest ok. 60 razy dłuższy niż czas życia tego samego izotopu w stanie podstawowym. Izomery żyjące dłużej niż stan podstawowy znane były w przypadku lżejszych jąder. Jednak rozpad izomeru darmstadt przez emisję cząstki alfa oznaczał, że typowy rozpad elektromagnetyczny (gamma) jest dla tego jądra mniej prawdopodobny. Pojawilo się naturalne pytanie, czy istnieją też inne izomery pierwiastków superciężkich, których czasy życia są wydłużone w stosunku do czasów życia ich stanów podstawowych” - czytamy w przesłanym komunikacie.

Zespół polskich fizyków podjął próbę oceny efektów odpowiedzialnych za wzbronienie rozpadu alfa. Naukowcy, przeprowadzając obliczenia i oszacowania, poszukiwali takich jąder superciężkich, dla których rozpad alfa byłby najbardziej wzbroniony. Można oczekiwać, że jądra takie są najlepszymi kandydatami na długożyciowe izomery.

„Czysto eksperymentalne określenie struktury stanu wzbudzonego jest w zasadzie niemożliwe” - wyjaśnia prof. Michał Kowal, kierownik Zakładu Fizyki Teoretycznej NCBJ, cytowany w przesłanym komunikacie. „Podejrzewano dotychczas, że za obserwowaną stabilność izomeru darmstadt-270m odpowiedzialne jest wzbudzenie pary neu-

tronowej. Z naszych rachunków wynika, że o stabilności decydują raczej wzbudzenia protonowe” - dodaje.

Stany wzbudzone, z którymi mamy tu do czynienia, można wyobrazić sobie, jako układy, w których część nukleonów - na przykład dwa protony, dwa neutrony lub obie te pary jednocześnie - nie znajduje się w swym podstawowym położeniu, lecz krąży wokół rdzenia jądra w tę samą stronę. W niektórych jądrach taki stan wzbudzony może mieć całkowity spin o wartości sięgającej 19 lub 20 statych Plancka. Dominującym kanałem rozpadu rozważanych jąder jest rozpad alfa, czyli emisja jądra helu zbudowanego z dwóch protonów i dwóch neutronów. Rozpad alfa jąder ze stanów izomerycznych może zachodzić do stanu podstawowego lub do któregoś ze stanów wzbudzonych jądra potomnego (końcowego) - czytamy w prasowym komunikacie.

liczbach protonów i neutronów” - opowiada prof. Janusz Skalski (NCBJ). „Opisaliśmy mechanizm wzbronienia i podailiśmy kandydatów na długo żyjące stany jądrowe. Przeprowadzone przez nas obliczenia i oszacowania wskazują, że długożyciowe stany izomeryczne o strukturze jednoczesnego wzbudzenia dwóch par - protonowej i neutronowej, powinny występować w czterech izotopach darmsztadu. Nie spodziewamy się wystąpienia takich izomerycznych długo żyjących konfiguracji w izotopach pierwiastków o liczbach atomowych $Z=106$, 108 i 112 ” - mówi.

„Przewidywane przez nas wzbronienia rozpadu alfa stanów dwuprotonowych są duże dla właściwie wszystkich jąder darmsztadu” - uzupełnia dr Piotr Jachimowicz (Uniwersytet Zielonogórski). „Oszacowane w pracy czasy życia tych izomerów to setki, a nawet tysiące milisekund,

Niektóre stany izomeryczne pierwiastków superciężkich mogą mieć czasy życia mierzone w sekundach, a więc dziesiątki tysięcy razy dłuższe niż czasy życia ich bardzo niestabilnych stanów podstawowych. Jeśli takie egzotyczne stany jądrowe zostaną wytworzone eksperymentalnie, będą wystarczająco stabilne, by badać ich własności chemiczne.

Na takie wnioski wskazują wyniki prac zespołu teoretyków z Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) i Uniwersytetu Zielonogórskiego (UZ). O badaniach poinformował NCBJ w informacji prasowej.

„Nikt dziś nie umie obliczyć dokładnie czasu życia izomeru ze względu na rozpad alfa” - dodaje prof. Kowal. „Wiadomo jednak, że wzbronienie rozpadu alfa związane jest, z co najmniej trzema przyczynami: różnicą struktury lub spinu stanów początkowego i końcowego oraz różnicą energii tych stanów. Rozpad alfa do jądra potomnego w stanie podstawowym wymaga zmiany spinu jądra o dwadzieścia jednostek stałej Plancka. To bardzo dużo! Bariera centryfugalna związana z taką zmianą jest ogromna i praktycznie całkowicie blokuje ten rozpad. Ponadto, ze względu na zupełnie odmienną strukturę stanów początkowego i końcowego, rozpad jest dodatkowo silnie wzbraniany. Te dwa efekty powodują, że rozpad do stanu podstawowego jądra potomnego będzie niesłychanie mało prawdopodobny. Z kolei rozpad do jądra potomnego w stanie wzbudzonym o podobnym spinie co pierwotne jądro izomeryczne, zachodzi z dużym prawdopodobieństwem jedynie wtedy, gdy stan ten ma odpowiednio niską energię wzbudzenia w porównaniu do energii wzbudzenia jądra emitującego. W przypadku niektórych rozważanych przez nas jąder tak nie jest i dlatego podejrzewamy, że dla tych stanów początkowych wystąpi silne tłumienie rozpadu alfa, a w konsekwencji stan izomeryczny będzie miał długi czas życia” - tłumaczy naukowiec, cytowany w prasowym komunikacie.

Praca polskich fizyków ukazała się w czasopiśmie *Physical Review C* i została zaprezentowana podczas cyklu tego-rocznych letnich konferencji fizyki jądrowej. „Analizowaliśmy egzotyczne stany w najcięższych jądrach o parzystych

czyli o trzy do pięciu rzędów wielkości więcej niż czasy życia ich stanów podstawowych” - zaznacza.

Przedstawiony wynik to jak na razie tylko przewidywania teoretyczne. Naukowcy liczą jednak na to, że w niedługim czasie uda się ich przewidywanie sprawdzić eksperymentalnie. „Jest całkiem prawdopodobne, że podobne stany były już wytworzone w prowadzonych w przeszłości eksperymentach, ale nikt ich nie zauważył, bo nastawiano się w tych pomiarach na czasy życia znacznie krótsze” - wyjaśnia prof. Kowal w prasowym komunikacie. „Obecnie nie powinno być większych problemów z wykonaniem odpowiednich pomiarów. Kilka laboratoriów na świecie dysponuje odpowiednimi możliwościami. Być może takie doświadczenia będzie można za kilka lat przeprowadzić także w Warszawie, jeśli zostanie zrealizowany projekt zakupu nowego cyklotronu dla Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów na Uniwersytecie Warszawskim. Jeśli nasze przewidywania co do stabilności izomerów zostaną potwierdzone, to otworzą się zupełnie nowe możliwości dla badań chemii pierwiastków superciężkich” - mówi.

Źródło: PAP - Nauka w Polsce
ekr/

OD REDAKCJI:

dr Piotr Jachimowicz pracuje w Zakładzie Metod Matematycznych Fizyki na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego