

Stabilność pierwiastków superciężkich

Robert SMOLAŃCZUK



Znane obecnie pierwiastki superciężkie to: rutherford (Rf, $Z = 104$), dubna (Db, 105), seaborg (Sg, 106), bohr (Bh, 107), has (Hs, 108), meitner (Mt, 109) oraz 110, 111 i 112. Jądrami superciężkimi nazywane są izotopy powyższych pierwiastków, jak również jeszcze nieodkryte jądra o liczbach atomowych $Z > 112$. Jądra superciężkie cechują się wzrostem roli odpychającego oddziaływania kulombowskiego wraz ze wzrastającą liczbą protonów w jądrze. Wydawałoby się więc, że oddziaływanie to powinno prowadzić do szybkiego rozpadu takich jąder. Najcięższe z dotychczas znanych jąder superciężkich wykazują jednak zaskakująco dużą stabilność (względnie długie czasy życia). Zwiększona stabilność tych jąder została przewidziana przez fizyków polskich, a następnie potwierdzona w rosyjsko-amerykańskim eksperymencie przeprowadzonym w roku 1993 w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej w Rosji. Niedługo potem, w Instytucie Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadcie w Niemczech, międzynarodowa grupa fizyków również potwierdziła przewidywania teorii, dokonując syntezy nowych pierwiastków 110, 111 i 112.

Zwiększona stabilność tych jąder, szczególnie ze względu na podział jądra na porównywalne fragmenty (samorzutne rozszczepienie), wynika z istnienia kwantowych efektów powłokowych. Protony i neutrony w jądrach atomowych wypełniają dostępne dyskretne poziomy energetyczne. W znanych nam lżejszych jądrach o kształtach kulistych poziomy te grupują się w powłoki jądrowe oddzielone dużymi przerwami energetycznymi. Zewnętrzne powłoki (powłoki zawierające poziomy o najwyższych energiach) zapełnione są całkowicie lub prawie całkowicie przez nukleony. Taka konfiguracja nukleonów tworzących jądro jest bardziej stabilna ze względu na samorzutne rozszczepienie oraz emisję jądra atomu helu ${}^4\text{He}_2$, czyli rozpad α . Zaskakujący jest jednak fakt, że powłoki te pojawiają się także w jądrach superciężkich, które według przewidywań teoretycznych powinny być zdeformowane.

Jeśli teoretycznie zwiększamy deformację jądra, to uzyskujemy zmniejszanie się przerw energetycznych pomiędzy powłokami, a w konsekwencji zmniejszanie stabilności jąder. Jednak dopuszczenie w tych rozważaniach bogatej klasy kształtów powierzchni jądra prowadzi do powstania znacznych przerw energetycznych w jednocząstkowych widmach poziomów energetycznych w przypadku zdeformowanych jąder superciężkich o liczbie protonów $Z \approx 108$ i neutronów $N \approx 162$. Efekt ten występuje dla kształtów osiowo symetrycznych opisywanych przez parzyste wielomiany ósmego stopnia kąta pomiędzy osią symetrii jądra a promieniem wodzącym punktu na jego powierzchni. Obliczone czasy życia tych jąder wzrastają nawet o kilka rzędów wielkości w stosunku do czasów życia zdeformowanych jąder o Z i N znacznie różniących się od 108 i 162 odpowiednio. Przedstawione powyżej zachowanie się powierzchni zdeformowanych jąder superciężkich prowadzi do teoretycznych czasów życia potwierdzanych doświadczalnie. Jednak jeszcze wciąż nie ma bezpośredniego dowodu doświadczalnego na to, czy jądra te są zdeformowane czy nie.

Zsyntetyzowane w rosyjsko-amerykańskim eksperymencie jądra ${}^{265}106_{159}$ i ${}^{266}106_{160}$ rozpadły się po czasie rzędu 10 sekund, a zsyntetyzowane w GSI izotopy ${}^{269}110_{159}$, ${}^{271}110_{161}$, ${}^{272}111_{161}$ i ${}^{277}112_{165}$ – po czasie rzędu 0,1–1 ms. Silniejsze efekty powłokowe, a w konsekwencji znacznie dłuższe czasy życia, przewidywane są dla dotychczas nie obserwowanych kulistych jąder superciężkich zbudowanych z większej liczby neutronów niż zdeformowane jądra superciężkie. Przewidywana stabilność kulistych jąder superciężkich została przedyskutowana w artykule pt. „Gdzie kończy się Tablica Mendelejewa?”, *Delta* 3/1998.



Rozwiązanie zadania F 498.

Zwierciadło powinno mieć wysokość równą co najmniej połowie naszego wzrostu. Dolna krawędź lustra powinna znajdować się nad ziemią na wysokości równej połowie odległości oczu od stóp, czyli prawie połowie naszego wzrostu.

