

Na fotografiach rozpadów ^{45}Fe ujrzeliśmy jeszcze coś ciekawego! Mimo że najczęstszym sposobem rozpadu ^{45}Fe jest emisja $2p$, to ulega on też, jak każdy nuklid neutrono-deficytowy, przemianom β^+ . W przypadku nuklidów dalekich od trwałości jądro po przemianie β jest często tak wzbudzone, że wyrzuca protony – jest to znane zjawisko tak zwanej emisji cząstek opóźnionych. I rzeczywiście, wśród rozpadów ^{45}Fe zaobserwowaliśmy około 40 przypadków przemiany β^+ z emisją jednego i dwóch protonów opóźnionych, zgodnie z oczekiwaniem. Takie protony mogliśmy łatwo odróżnić od protonów z emisji $2p$, ponieważ mają dużo większą energię, a zatem dłuższe tory. Ku naszemu zaskoczeniu zobaczyliśmy jednak kilka zdarzeń z emisją trzech protonów opóźnionych – była to pierwsza obserwacja takiego procesu (rys. 4c, zob. okładka). I to jeszcze nie koniec. W trakcie eksperymentu do detektora wpadały też jony ^{43}Cr , który jest również bardzo egzotycznym nuklidem i którego rozpad rejestrowaliśmy (^{43}Cr tworzy się także po emisji $2p$ przez ^{45}Fe). Wśród nich znaleźliśmy zdarzenia emisji jednego, dwóch, a także trzech protonów opóźnionych. Odkryliśmy więc ten nowy proces od razu w dwóch nuklidach!

W następnym eksperymencie, który przeprowadzony został w 2011 roku w NSCL, użyliśmy detektora OTPC do badania innego bardzo egzotycznego nuklidu, ^{48}Ni . Jako pocisku użyliśmy ponownie ^{58}Ni , który jest najlżejszym trwałym izotopem niklu. Aby wytworzyć ^{48}Ni , w reakcji trzeba oderwać od pocisku dokładnie 10 neutronów i ani jednego protonu. Takie zdarzenie jest niezwykle mało prawdopodobne. Dlatego mimo bardzo dobrych warunków doświadczalnych,

po dziesięciu dniach pomiaru, zaobserwowaliśmy tylko 6 rozpadów ^{48}Ni . Cztery z nich przedstawiały jednoczesną emisję dwóch protonów (rys. 5, zob. okładka)! Odkryliśmy w ten sposób kolejny przypadek promieniotwórczości $2p$. Doniesienie o tym wyniku ukazało się w czasopiśmie *Physical Review C*. W zeszłym roku czasopismo to obchodziło 50. rocznicę powstania i z tej okazji redakcja wybrała spośród wszystkich opublikowanych prac „kamienie milowe” 50-lecia. Wśród wyróżnionych publikacji znalazła się nasza, o emisji $2p$ przez ^{48}Ni , i była jedyną, której głównymi autorami byli fizycy polscy.

Detektor OTPC został wykorzystany w wielu innych projektach poświęconych poszukiwaniu i badaniu rzadkich przemian egzotycznych nuklidów. Wykazaliśmy między innymi, że proces emisji trzech protonów opóźnionych zachodzi też w ^{31}Ar i ^{23}Si . Znamy więc już cztery nuklidy, w których zachodzi taka przemiana – i wszystkie zostały odkryte za pomocą naszego detektora. Badaliśmy też bardzo rzadkie przemiany nuklidów z nadmiarem neutronów. Na przykład po przemianie beta ^6He raz na milion przypadków stan końcowy rozpada się na cząstkę α i deuteron. W laboratorium CERN mogliśmy wbijać do detektora paczki zawierające od kilkuset do kilku tysięcy jonów ^6He i następnie czekać na rozpad z emisją cząstek. Udało nam się takie rozpad zaobserwować (rys. 6, zob. okładka) i uzyskać nowe, wcześniej niedostępne informacje o ich przebiegu.

W przyszłości planujemy następne eksperymenty. Mamy nadzieję, że uda nam się zrobić jeszcze wiele fotografii rzadkich przemian jądrowych, które poszerzą naszą wiedzę o nuklidach na granicy istnienia.



Zadania

Przygotował Dominik BUREK

M 1675. Na tablicy wypisane są liczby od 1 do 1 000 000. Ahmed wykreśla wszystkie liczby pierwsze, a następnie Hamza skreśla wszystkie liczby podzielne przez

2, 3, 4, ..., 100, oraz 1000, 1001, 1002, ..., 10 000.

Udowodnij, że iloczyn pozostałych liczb jest potęgą (o wykładniku większym niż 1) pewnej liczby całkowitej. Rozwiązanie na str. 17

M 1676. W kole matematycznym jest 49 uczniów. Wiadomo, że jeśli trzech członków tego koła nie zna się parami, to dwójka z nich ma w kole wspólnego znajomego. Udowodnij, że jeden z uczniów ma co najmniej 6 znajomych w kole.

Rozwiązanie na str. 15

M 1677. Punkty P i Q leżą na odcinku AB trójkąta nierównoramiennego ABC , tak że $AC = AP$ i $BC = BQ$. Symetralna odcinka PQ przecina dwusieczną kąta ACB w punkcie R (wewnątrz trójkąta). Udowodnij, że

$$\sphericalangle PRQ + \sphericalangle ACB = 180^\circ.$$

Rozwiązanie na str. 14

Przygotował Andrzej MAJHOFER

F 1025. Wewnętrzny promień cienkiej rurki szklanej jest równy r . Jaki jest „widoczny” promień wewnętrzny d rurki, gdy obserwowana jest z zewnątrz, z odległości znacznie większej od jej zewnętrznego promienia R ?

Rurka wykonana jest ze szkła o współczynniku załamania n .

Rozwiązanie na str. 1

F 1026. Neutrino są cząstkami elementarnymi o bardzo małej masie spoczynkowej i bardzo słabo oddziałującymi z materią, co powoduje, że niezmiernie trudno je badać. 23 lutego 1987 roku w detektorze Kamiokande zarejestrowano „błysk” neutrin trwający $\Delta t \approx 2$ s. Energie zarejestrowanych neutrin mieściły się w zakresie od około 8 MeV do około 40 MeV. Przyjęto, że zostały one wyemitowane podczas wybuchu supernowej SN1987A odległej od Ziemi o $L \approx 170\,000$ lat świetlnych. Przyjmij, że obserwowane neutrino wyemitowane zostały jednocześnie, i na tej podstawie oszacuj ich masę spoczynkową m_ν .

Rozwiązanie na str. 11