

Analiza aktywacyjna składu chemicznego na przykładzie zawartości Mn w stali.

Projekt ćwiczenia w Laboratorium Fizyki i Techniki Jądrowej
na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.

dr Julian Srebrny

Opracowanie zostało wykonane w ramach zadania 33 POKL w Politechnice Warszawskiej”

„MODYFIKACJA KSZTAŁCENIA NA WYDZIALE FIZYKI P.W. W ZAKRESIE WYKORZYSTYWANIA TECHNIK I TECHNOLOGII JĄDROWYCH W GOSPODARCE NARODOWEJ”

projektu „Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego (Program Operacyjny Kapitał Ludzki)

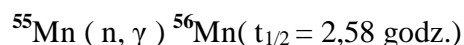


Analiza aktywacyjna składu chemicznego na przykładzie zawartości Mn w stali.

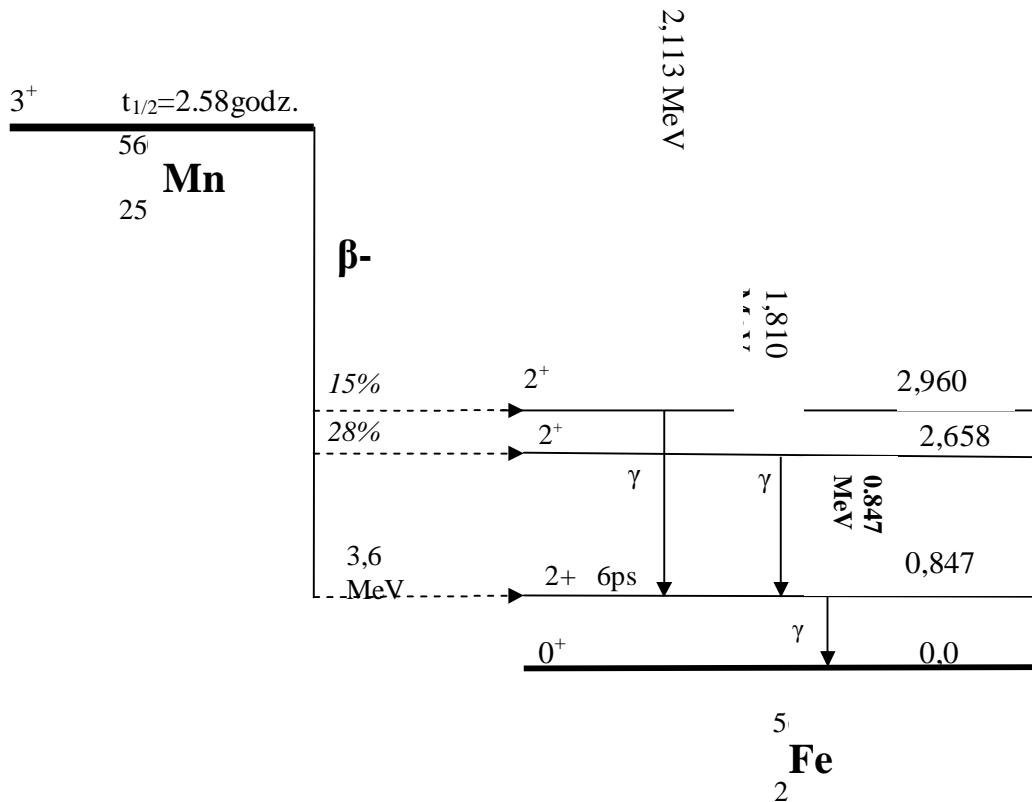
Wykorzystanie precyzyjnego spektrometru germanowego do analizy jakościowej i ilościowej.

Aktywacja w strumieniu neutronów termicznych jest nieniszczącą metodą analizy składu chemicznego materiałów. Dodatkową zaletą jest fakt, że analiza dotyczy składu chemicznego w całej objętości. W opisanym ćwiczeniu przykładem analizy aktywacyjnej będzie badanie zawartości manganu w stali. Często własności stali specjalnych zależą od zawartości domieszek manganu.

Naturalny mangan jest monoizotopem. Jedynym składnikiem jest ^{55}Mn . Aktywacja neutronami termicznymi w reakcji:



Prowadzi do powstania ^{56}Mn (przekrój czynny aż 13 b), który poprzez rozpad β^- prowadzi do emisji kwantów gamma o energii 0,847 MeV. Jest to podstawowa składowa widma γ , emitowana przy każdym rozpadzie ^{56}Mn .



Wykorzystując do pomiaru promieniowania γ nowoczesny spektrometr germanowy otrzymujemy intensywność linii gamma o energii 0,847 MeV z dużą dokładnością dzięki znakomitej zdolności rozdzielczej energetycznej spektrometrów germanowych pracujących w temperaturze ciekłego azotu.

Naturalne żelazo zawiera kilka stabilnych izotopów :

^{54}Fe (5,8 %), ^{56}Fe (91,7%), ^{57}Fe (2,2%) i ^{58}Fe (0,3%) .

Reakcja (n, γ) na tych izotopach żelaza prowadzi do produktów nie emitujących kwantów gamma lub długożyciowych o znikomej aktywności. W ten sposób aktywacja próbki żelaza , nawet z małą zawartością Mn ($< 1\%$) prowadzi do obserwacji linii γ pochodzących tylko z ^{56}Mn .

Ćwiczenie będzie polegać na aktywacji w strumieniu neutronów termicznych badanej próbki stali i wzorcowej próbki z manganu. Jeżeli zadba się o aktywację obu próbek w tym samym strumieniu neutronów termicznych oraz pomiar widma gamma w takiej samej geometrii dla obu próbek, niepewność zawartości Mn w stali może być wyznaczona z małą niepewnością pomiarową. Będzie to po prostu wyznaczenie względnej intensywności linii gamma 0,847 MeV z obu próbek. Dodatkowym czynnikiem powiększającym dokładność pomiaru może być sprawdzenie czasu zaniku badanych linii gamma.

Proponuję wykonać kalibrację energetyczną spektrometru germanowego przy pomocy źródła ^{152}Eu . Źródło to emituje ok. 10 intensywnych linii promieniowania gamma w pełnym zakresie energii od 0,1 MeV do 1,4 MeV. Spis silniejszych linii promieniowania γ emitowanych przy rozpadzie ^{152}Eu ($t_{1/2} = 13,5$ lat) znajduje się poniżej.

$^{152}\text{Eu}(t_{1/2}=13,5 \text{ lat})$

Energia linii γ (MeV)	Intensywności względne
0,1218	1362
0,2447	358
0,3443	1275
0,4440	148
0,7790	619
0,9641	692
1,0859	465
1,0697	82
1,1121	649
1,4080	1000

Zdolniejszym studentom można zaproponować analizę z uwzględnieniem dwu wysokoenergetycznych linii promieniowania γ z rozpadu ^{56}Mn .

Na zakończenie można zaproponować studentom przygotowanie ulotki reklamowej naszego urządzenia do badania zawartości manganu w stali. Ulotka taka powinna m.in. zawierać czułość metody w zależności od zakresu zawartości Mn w stali

Zagadnienia do opanowania przez studentów przed i w trakcie wykonywania ćwiczenia:

1. Źródło neutronów termicznych
 - a) reakcja produkcji szybkich neutronów
 - b) metody spowalniania neutronów
 - c) zalety neutronów termicznych w porównaniu do szybkich neutronów

2. Równanie aktywacji próbek w źródle neutronów termicznych

3. Oddziaływanie promieniowania γ z materią
 - a) efekt fotoelektryczny
 - b) efekt Comptona
 - c) tworzenie par elektron-pozyton

4. Zasady działania detektora germanowego promieniowania γ
 - a) struktura pasmowa półprzewodników
 - b) dlaczego musimy chłodzić detektor germanowy
 - c) po co jest wysoka próżnia w kriostacie detektora Ge
 - d) istotne czynniki wpływające na zdolność rozdzielczą energetyczną detektorów Ge

5. Funkcje podstawowych układów elektronicznych:
 - a) przedwzmacniacz
 - b) wzmacniacz liniowy
 - c) zasilacz HV
 - d) analizator amplitudy
 - e) oscyloskop, podstawa czasu, próg wyzwiania(tryger)

6. Schematy rozpadów jąder promieniotwórczych