

Wydział: WFiIS	Imię i nazwisko: 1. Axel Zuziak 2. Marcin Węglarz		Rok II	Grupa B	Zespół 03
LABORATORIUM TECHNIK JĄDROWYCH	Temat: Statystyczny charakter rozpadów promieniotwórczych.				Nr ćwiczenia 1+9
Data wykonania: 04.03.2015	Data oddania: 18.03.2015	Zwrot do poprawy:	Data oddania:	Data zaliczenia:	OCENA:

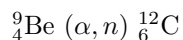
## 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zawartości procentowej wodoru w badanej próbce metodą neutronową. Przybliżenie zagadnienia detekcji neutronów oraz ich oddziaływania z materią.

## 2 Wstęp teoretyczny

Ideą ćwiczenia jest wykorzystanie faktu, że wodór jest wyjątkowo dobrym spowalniaczem neutronów (neutrony tracą przy zderzeniu centralnym prawie 100% swojej energii kinetycznej), ze względu na zbliżone masy atomu wodoru oraz neutronu. Jeżeli na próbkę będą padały jedynie neutrony prężkie to strumień neutronów termicznych po przejściu przez próbkę będzie proporcjonalny do gęstości atomów wodoru w badanym materiale.

Jako źródło neutronów wykorzystuje się źródło Pu-Be, gdzie pluton jest emitorem cząstek alfa, które następnie ulegają reakcji z jądrami berylu, który ma niską energię separacji neutronu.



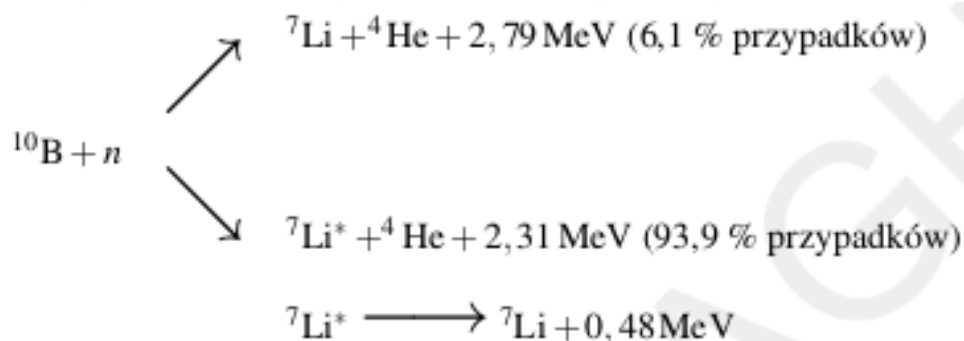
Neutrony powstałe w powyższej reakcji mają różne prędkości, natomiast w doświadczeniu potrzebny jest jedynie strumień neutronów prężkich. W tym celu pomiędzy źródłem a badaną próbką umieszcza się osłonę kadmową. Kadm wykazuje szczególnie duży przekrój czynny na absorpcję neutronów termicznych i przekrój ten gwałtownie maleje dla wyższych energii, dzięki czemu pełni on rolę filtra przepuszczającego jedynie neutrony o większej energii.

Kolejnym punktem na drodze strumienia neutronów jest już badana próbka. Jak wspomniano powyżej wodór ze względu na praktycznie identyczną masę z masą neutronu bardzo wydajnie je spowalnia. W praktyce większość neutronów spowolnionych przez próbkę jest wynikiem ich oddziaływania z jądrami wodoru, dzięki czemu możemy szukać korelacji pomiędzy ilością zliczeń neutronów termicznych w detektorze, a gęstością wodoru w badanej próbce (ponieważ przekrój czynny na oddziaływanie neutronów z jądrami wodoru w głównej mierze zależy od gęstości H).

Przed przystąpieniem do wyznaczania nieznanej zawartości wodoru należy wyznaczyć prostą korelacji częstości zliczeń od znanej zawartości wodoru w próbkach wzorcowych. W tym celu do punktów pochodzących z próbek wzorcowych wystarczy dopasować prostą na przykład metodą najmniejszych kwadratów.

Po przejściu przez próbkę neutrony wpadają do detektora. W doświadczeniu jako detektora użyto licznika proporcjonalnego z dodatkiem gazowego BF<sub>3</sub>. Detekcja neutronów sprawia pewne problemy, ponieważ nie jonizują one materii. Obejściem tego problemu jest właśnie dodatek trójfluorku boru. Bor posiada duży przekrój czynny na absorpcję neutronów termicznych (neutrony termiczne są też lepiej absorbowane ze względu na regułę 1/v, mówiącej że przekrój czynny na oddziaływanie z neutronami jest odwrotnie proporcjonalny do ich prędkości).

W detektorze zachodzi reakcja przedstawiona na Rysunku 1. Jak widać z powyższego rysunku reakcja ma dwa kanały rozpadu, dzięki czemu obserwujemy dwa piki przesunięte względem siebie o około 0,48 MeV. Cząstki alfa oraz jądra litu jonizują dalej materię co prowadzi do wytworzenia impulsu elektrycznego, który następnie jest wzmacniany i przy pomocy analizatora oraz przelicznika zliczany.



Rysunek 1: Reakcja rozpadu boru pod wpływem absorpcji neutronu termicznego.[2]

### 3 Aparatura i wykonanie ćwiczenia

- Neutronowy miernik wodoru
- Wzmacniacz impulsowy
- Zasilacz wysokiego napięcia
- Analizator amplitudy
- Przelicznik

Ćwiczenie rozpoczęto od zapoznania się z aparaturą pomiarową. Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów zmierzono wszystkie wymiary geometryczne zarówno próbek wzorcowych:  $W1, W2, \dots, W7$  jak i tych, dla których wyznaczano gęstość wodoru:  $P1, P2, \dots, P7$ . Zanotowano wagi poszczególnych próbek. Następnie rozpoczęto pomiary częstości detekcji neutronów termicznych dla siedmiu próbek wzorcowych, ustawiając czas detekcji na 100s. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Po zbadaniu próbek wzorcowych analogicznie zmierzono siedem próbek badanych. Wyniki przedstawiono w tabeli 3 oraz na wykresie (Rysunek 2).

### 4 Wyniki pomiarów i obliczenia.

#### 4.1 Wyznaczenie objętości i gęstości badanych próbek.

Przy pomocy linijki zmierzono wymiary geometryczne badanych próbek. Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawiono w tabeli ??.

Tabela 1: Wymiary geometryczne próbek wzorcowych.

Próbka	Waga [g]	Objętość [cm <sup>3</sup> ]	Zawartość $H$ [%]
W7	298,4	346,40	15,1
W6	436,25	361,28	8,89
W5	414,5	345,58	8,08
W4	478,44	338,70	6,42
W3	538,28	346,40	5,45
W2	434,46	337,72	2,05
W1	766,3	361,28	0

Tabela 2: Wymiary geometryczne badanych próbek

Próbka	Waga [g]	Objętość V [cm <sup>3</sup> ]	U(V) [cm <sup>3</sup> ]
P1	181,31	331,89	10,14
P2	371,6	345,58	10,46
P3	511,34	345,58	10,46
P4	590,2	310,37	9,78
P5	593,58	338,70	10,30
P6	416,6	346,40	10,40
P7	439,47	361,28	10,67

Tabela 3: Tabela zawierająca liczbę zliczeń w czasie 100s, a także odpowiednie wartości gęstości oraz stężenia wodoru w danej próbce.

Próbka	Liczba zliczeń $N$	Gęstość $\rho_H$	$u(\rho_H)$	Stężenie $c$ [%]	$u(c)$ [%]
W7	65035	0.1300	-	15.10	-
W6	56688	0.1073	-	8.89	-
W5	52691	0.0969	-	8.08	-
W4	48084	0.0906	-	6.42	-
W3	44622	0.0846	-	5.45	-
W2	18598	0.0263	-	2.05	-
W1	11276	0.0000	-	0.00	-
P1	20634	0.0259	0.0031	4.74	0.58
P2	55253	0.1064	0.0047	9.90	0.53
P3	15683	0.0144	0.0030	0.97	0.21
P4	14594	0.0119	0.0030	0.62	0.16
P5	15017	0.0129	0.0030	0.73	0.17
P6	52814	0.1007	0.0045	8.38	0.45
P7	56700	0.1098	0.0047	9.02	0.47

## 4.2 Cechowanie neutronowego miernika wodoru

Do otrzymanych wyników dla próbek wzorcowych (tabela 3) dopasowano prostą metodą regresji korzystając z programu Gnuplot:

$$J = a_0 + a_1 \rho_H \quad (1)$$

Otrzymano wartości:

$$a_1 = 43,0 \pm 1,5 \cdot 10^4$$

$$a_0 = 9500 \pm 1300$$

Zatem otrzymana krzywa cechowania przyjmuje postać:

$$J = 430000 \rho_H + 9500$$

Następnie przekształcono powyższe równanie do postaci

$$\rho_H = \frac{J - a_0}{a_1} = \frac{J - 9500}{430000}$$

po czy na podstawie tego równania oraz wyników częstości dla badanych próbek (tabela 3) policzono gęstości wodoru.

Chcąc policzyć zawartość procentową wodoru pomnożono otrzymane gęstości przez objętość próbki, a następnie podzielono przez jej masę. Do wyznaczenia niepewności korzystano z prawa przenoszenia niepewności:

$$u(\rho_H) = \sqrt{\left[ \frac{-u(a_0)}{a_1} \right]^2 + \left[ \frac{-(J - a_0)}{a_1^2} u(a_1) \right]^2}$$

Obliczone wartości umieszczono w tabeli 3.

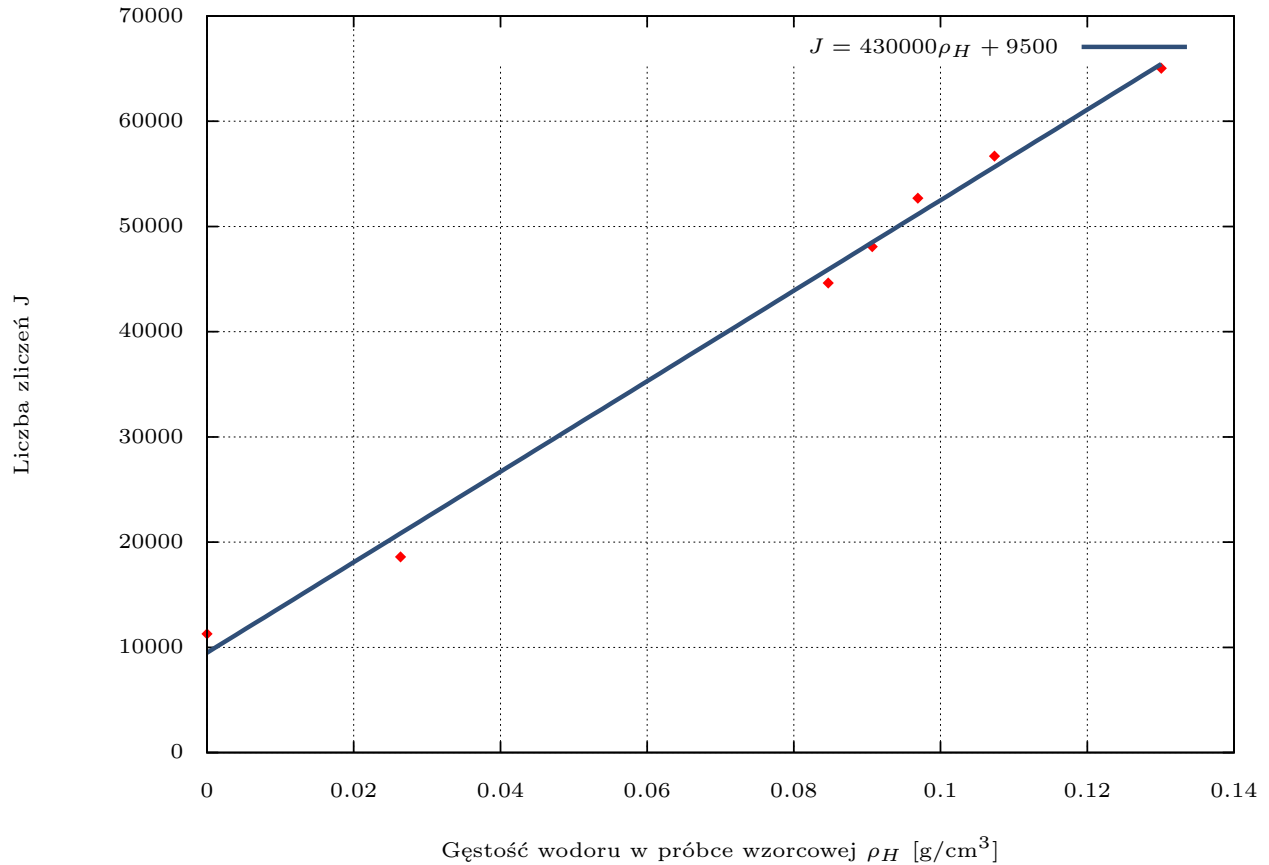
Mając gęstość wodoru w badanej próbce oraz jej wymiary geometryczne i masę, możemy wyznaczyć zawartość procentową wodoru  $c$  ze wzoru:

$$c = \frac{\rho_H V}{m} \quad (2)$$

Natomiast niepewność z prawa przenoszenia niepewności pomiarowej:

$$u(c) = \sqrt{\left[\frac{V}{m}u(\rho_H)\right]^2 + \left[\frac{\rho_H}{m}u(V)\right]^2} \quad (3)$$

Jak widać z Rysunku 2, częstość zliczeń jest skorelowana z zawartością wodoru, dzięki czemu metoda ta pozwala na wyznaczenie wilgotności materiału (należy pamiętać o odjęciu stałej gęstości wodoru dla danego materiału nie będącego składnikiem wody). Dodatkowo dokładniejsze pomiary wielkości próbki, a także większa ilość próbek wzorcowych mogą poprawić dokładność tej metody.



Rysunek 2: Krzywa cechowania neutronowego miernika wodoru

## Literatura

- [1] <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/>
- [2] B. Dziunikowski, S.J. Kalita *Ćwiczenia laboratoryjne z jądrowych metod pomiarowych*, Wydawnictwa AGH, Kraków 1995