

J 4.2. Wyznaczanie współczynnika osłabienia oraz energii maksymalnej promieniowania β

INSTRUKCJA WYKONANIA ZADANIA

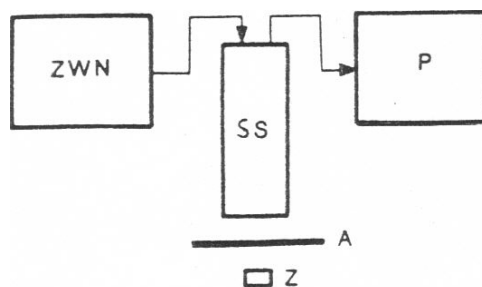
Obowiązujące zagadnienia teoretyczne:

1. Rozpad beta
2. Własności promieniowania β , widno energetyczne promieniowania β
3. Oddziaływanie promieniowania β z materią
4. Prawo osłabienia promieniowania β , liniowy i masowy współczynnik absorpcji

Literatura:

1. Cz. Bobrowski, *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa 1996.
2. Skrypt PL: *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Promieniowanie i struktura materii*, H. Goebel, J. Olchowik, J. Rybka, M. Wiertel, K. Wójcik, red. E. Śpiewła, Wydawnictwa Uczelniane PL, Lublin 1994.
3. J. R. Taylor, *Wstęp do analizy błęd pomiarowego*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.

Wykonanie zadania:



Rys. 1 Schemat aparatury pomiarowej. ZWN – zasilacz wysokiego napięcia, SS – sonda scyntylacyjna, P – przelicznik, wzmacniacz i dyskryminator progowy w jednej obudowie. A – absorberent, Z – źródło promieniowania beta

1. W ćwiczeniu należy wyznaczyć zależność natężenia promieniowania beta przechodzącego przez warstwę absorberenta od grubości tej warstwy. Do dyspozycji są następujące źródła β -promieniotwórcze: ^{204}Tl i ^{90}Sr . Absorberentem są cienkie folie aluminiowe. Natężenie promieniowania mierzy się za pomocą sondy scyntylacyjnej, a odczytuje się na przeliczniku P (Rys. 1).
2. Przed wykonaniem pomiarów włączyć aparaturę pomiarową wg instrukcji technicznej.
3. Po odczekaniu około 10 minut zmierzyć tło pomiarowe tzn. ilość zliczeń N_t w zadanym przedziale czasu w nieobecności źródła promieniowania.
4. Poprosić prowadzącego zajęcia o umieszczenie źródła β na obrotowym talerzu tzw. prezenterze próbek.
5. Obrócić talerz o 180° , tak aby źródło β znalazło się pod detektorem.
6. Zmierzyć ilość zliczeń w zadanym przedziale czasu pochodzących od źródła nie osłoniętego foliami aluminiowymi. Cząstki β w tym przypadku są pochłaniane tylko

- przez warstwę powietrza znajdującą się między źródłem a licznikiem i przez osłonę sondy scyntylicyjnej.
7. Obrócić prezydent próbek o 180°, umieścić jedną folię absorbentu w cylindrycznym pojemniku znajdującym się nad źródłem. Obrócić prezydent tak, aby źródło z absorbentem znalazło się pod detektorem. Zmierzyć ilość zliczeń w takim samym co poprzednio przedziale czasu.
 8. Pomiary powtarzać dokładając kolejne folie absorbentu.
 9. Pomiary zakończyć, gdy ilość zliczeń będzie tego samego rzędu co N_t .
 10. Po zakończeniu pomiarów wyjąć z prezydenta próbek pojemnik z foliami i poprosić prowadzącego zajęcia o wyjęcie źródła.
 11. Wyniki zapisać w tabeli:

lp.	l-ba folii	N	R[g/cm ²]	ln N
1	0			
2	...			
...	...			

Tło pomiarowe: $N_t = \dots$

Źródło β :

Opracowanie wyników pomiarów:

Liniowy współczynnik absorpcji promieniowania dla danego materiału wyznacza się z prawa osłabienia:

$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

gdzie: N - natężenie promieniowania, które przeszło przez warstwę absorbentu o grubości x;

N_0 – natężenie promieniowania padającego na absorbent (przy $x = 0$);

μ - liniowy współczynnik absorpcji, który określa względną stratę natężenia promieniowania na jednostkę grubości warstwy.

Logarytmując obie strony tego wyrażenia otrzymuje się inną postać prawa osłabienia:

$$\ln N = \ln N_0 - \mu x \quad (2)$$

W półlogarytmicznym układzie współrzędnych ($\ln N$, x) jest to równanie prostej o współczynniku kierunkowym, którego wartość bezwzględna jest równa μ a wyraz wolny równy $\ln N_0$.

Masowy współczynnik absorpcji jest stosunkiem liniowego współczynnika absorpcji do gęstości ρ absorbentu

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \text{ [cm}^2\text{/g]}. \quad (3)$$

Masowy współczynnik absorpcji jest w przybliżeniu niezależny od rodzaju absorbentu, zależy natomiast od energii promieniowania.

W celu opracowania wyników pomiarów należy:

1. Obliczyć logarytmy naturalne z ilości zliczeń N dla kolejnych pomiarów.
2. Obliczyć grubość kolejnych warstw absorbentu R wg wzoru:

$$R = s + d \rho_p + n h \rho_{Al}, \quad (4)$$

gdzie n oznacza ilość krążków z folii Al,

$d = 3$ cm, grubość warstwy powietrza między źródłem a detektorem;

h – grubość krążków z folii Al (podaje prowadzący zajęcia);

$s = 0,001$ g/cm², grubość osłony sondy scyntylicyjnej;

ρ_p – gęstość powietrza;

ρ_{Al} - gęstość aluminium.

Uwaga!

Wartości wstawiane do tego wyrażenia muszą mieć takie jednostki, aby grubość warstwy pochłaniającej R była wyrażona w g/cm². W fizyce jądrowej często nie podaje się rodzaju ośrodka ani jego gęstości i grubości warstwy oddzielnie, lecz iloczyn gęstości i grubości wyrażony w g/cm². Wielkość ta jest równa masie warstwy o podstawie jednostkowej – 1 cm².

3. Na papierze milimetrowym sporządzić układ współrzędnych: oś OX – R , oś OY - $\ln N$.
4. Nanieść punkty doświadczalne (nie rysować wykresu).
5. Wybrać kilka pierwszych (kolejnych) punktów, które układają się na prostej.
6. Wykorzystując współrzędne wybranych punktów, obliczyć metodą najmniejszych kwadratów równanie opisujące prostą $y = AR + B$. Narysować na wykresie prostą wg obliczonego równania.
7. Podać wartość masowego współczynnika absorpcji promieniowania beta, który jest równy wartości bezwzględnej współczynnika kierunkowego A

$$\mu_m = |A|.$$

Podać także niepewność jego wyznaczania $\Delta \mu_m = \Delta A$.

8. Na tym samym wykresie narysować drugą prostą opisaną równaniem $\ln N = \ln N_t$. Znaleźć punkt przecięcia obu prostych. Współrzędna x -owa tego punktu jest maksymalnym zasięgiem R_{max} promieniowania beta pochodzących z badanego preparatu.
9. Znając R_{max} obliczyć maksymalną energię promieniowania beta E_{max} , korzystając z zależności między energią i zasięgiem maksymalnym:

$$E_{max} [\text{MeV}] = 1,92 (R_{max})^{0,725} \quad \text{dla } 0,02 \text{ g/cm}^2 < R_{max} < 0,3 \text{ g/cm}^2,$$

$$E_{max} [\text{MeV}] = 1,75 R_{max} + 0,281 \quad \text{dla } R_{max} > 0,4 \text{ g/cm}^2.$$

Niepewność wyznaczania E_{max} obliczyć metodą różniczkowania odpowiedniego wzoru, biorąc pod uwagę dokładność odczytu R_{max} z wykresu.

Autor instrukcji:

Maria Żurawicz