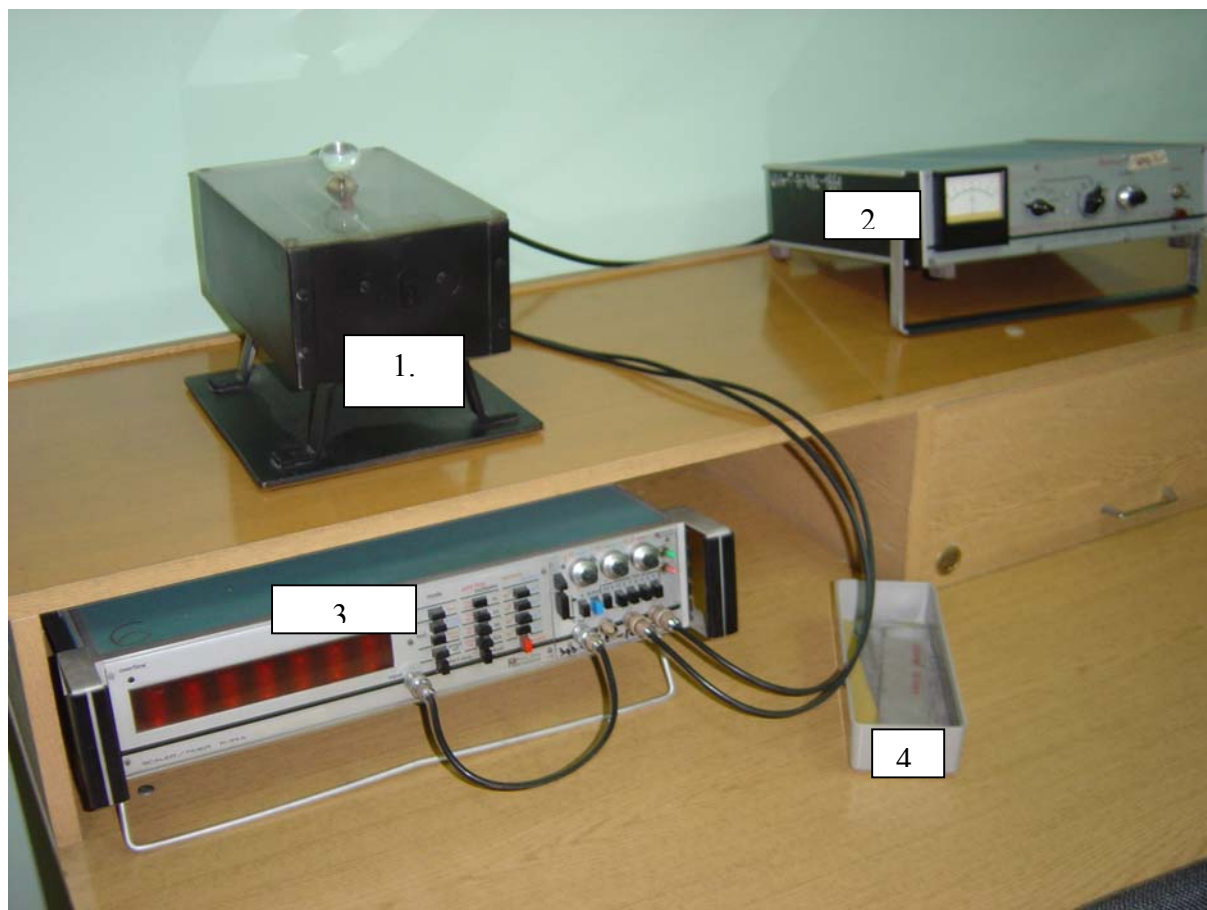


Doświadczenie nr 6

Pomiar energii promieniowania gamma metodą absorpcji elektronów komptonowskich.



1. Pojemnik z licznikami cylindrycznymi pracującymi w koincydencji oraz z uchwytem na warstwy absorpcyjne i ekranem rozpraszającym.
2. Zasilacz wysokiego napięcia.
3. Układ koincydencyjny z automatycznym przelicznikiem.
4. Pojemnik z warstwami absorpcyjnymi.

Odpowiednio zabezpieczone źródło ^{60}Co obsługujące stanowisko nr 6 oraz nr 2.



1. Student winien wykazać się znajomością następujących zagadnień:

01. Promieniowanie γ i jego własności.
02. Oddziaływanie promieniowania γ z materią ze szczególnym uwzględnieniem efektu Comptona.
03. Wyznaczanie energii promieniowania γ metodą absorpcji elektronów comptonowskich.

2. Cel doświadczenia.

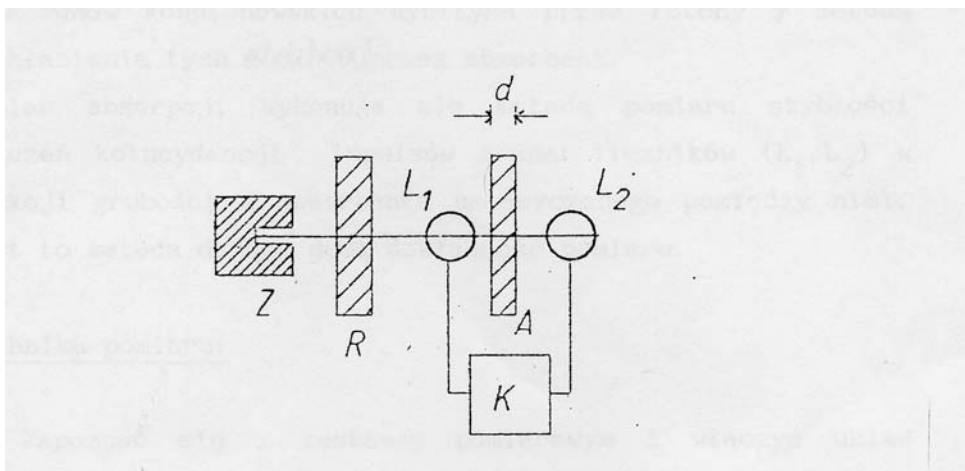
Celem doświadczenia jest wyznaczenie energii kwantów gamma poprzez zmierzenie energii wybitych przez nie elektronów komptonowskich.

3. Technika Pomiarów:

Po to, żeby osiągnąć wyznaczony cel posłużymy się metodą Bothego.

Metoda Bothego polega na wyznaczeniu energii elektronów komptonowskich wybitych przez kwanty gamma metodą pochłaniania tych elektronów przez absorbent. Pomiar absorpcji dokonuje się metodą pomiaru szybkości zliczeń koincydencji impulsów z dwu liczników (L_1 , L_2) w funkcji grubości absorbenta umieszczonego pomiędzy nimi. Metoda ta daje dużą dokładność pomiaru.

Schemat ideowy aparatury przedstawia poniższy rysunek (porównaj go ze zdjęciami aparatury):



Z – źródło promieniowania gamma.

R – rozpraszacz (konwerter).

K – układ koincydencyjny.

L_1 , L_2 – liczniki G-M.

A – absorbent elektronów komptonowskich.

Wymagania dotyczące geometrii pomiarów:

- Wiązka kwantów gamma musi mieć kierunek prostopadły do osi licznika G-M.
- Na drodze wiązki kwantów gamma, przed pierwszym licznikiem, umieszcza się płytkę aluminiową o grubości – 2-5 mm, która odgrywa rolę ekranu rozpraszającego R . Taka grubość aluminium zapewnia powstanie maksymalnego strumienia elektronów komptonowskich wybitych z aluminium w kierunku liczników.
- Używamy cylindrycznych liczników G-M, cienkościennych.
- Liczniki ustawione są równoległe w odpowiednich uchwytach. Odległość między licznikami powinna wynosić 25-40 mm.
- Przysłony ze szczelinami przytwierdza się nieruchomo w pobliżu każdego licznika (nie zaznaczono na schemacie ideowym).
- Absorbent z aluminium umieszcza się między licznikami w odpowiedniej kasie.
- Jako absorbent stosuje się folie aluminiowe w postaci pasków (w doświadczeniu wymiary: 36 mm szerokość, długość 160 mm, 4 x 0,09 mm grubość, 5 x 0,21 mm grubość, 1 x 1,5 mm).

Wykonanie pomiaru:

- Zapoznać się z układem pomiarowym i włączyć układ elektroniczny w obecności prowadzącego ćwiczenia. Sprawdzić działanie poszczególnych liczników.
- Sprawdzić ustawienie liczników G-M. Powinny one znajdować się w odległości ok. 50-70 cm od wylotu osłony źródła kwantów gamma (^{60}Co), a osie liczników powinny być prostopadłe do wiązki kwantów. Kierunek wiązki kwantów gamma powinien trafiać w środek długości czynnej licznika.
- Pierwszy pomiar natężenia wiązki promieniowania gamma wykonać przy otwartym źródle bez absorbenta, czas pomiaru 4-5 minut.
- Zdjąć krzywe absorpcji $I = I(R)$ elektronów komptonowskich w glinie:
 - Na grubość absorbenta rzeczywistego składa się grubość wstawionego absorbenta glinowego R' i grubość dwu ścianek licznika $2r$ tzn. $R_{\text{rzecz.}} = R' + 2r$. Wartość r należy przyjąć za równoważną warstwie glinu 0,015 cm.
 - Grubość absorbenta R' zmieniać od 0 – 1,5 mm. Należy tworzyć odpowiednie kombinacje płytek tak, by uzyskać co najmniej 10-12 punktów pomiarowych (od warstwy najcieńszej do najgrubszej). Absorbent glinowy o grubości 1,5 mm włożyć jako ostatni – przy jego użyciu powinno uzyskać się tzw. poziom tła.
 - Czas pojedynczego pomiaru przy grubości absorbenta $R' < 0,5$ mm powinien wynosić nie mniej niż 8 min, dla grubości $R' > 0,5$ mm nie mniej niż 15 min.

Tabela pomiarowa:

Numer pomiaru	Czas pomiaru [min]	Grubość absorbenta aluminiowego [mm]	Liczba koincydencji

5. Opracowanie wyników.

Energia elektronu komptonowskiego w funkcji kąta rozproszenia elektronu:

$$E_c = \frac{2E_\gamma^2}{\frac{E_\gamma^2 \tan^2 \alpha}{m_0 c^2} + \frac{2E_\gamma + m_0 c^2}{\cos^2 \alpha}}$$

gdzie;

E_c - energia kinetyczna elektronu komptonowskiego,

E_γ - energia kwantu przed rozproszeniem,

$m_0 c^2$ - energia spoczynkowa elektronu,

α - kąt odrzutu elektronu.

Dla zderzenia centralnego $\alpha = 0$ formuła ta przechodzi w wyrażenie:

$$E_{\max} = \frac{2E_\gamma^2}{m_0 c^2 + 2E_\gamma}.$$

W przeprowadzonym pomiarze liczniki G-M pracowały w koincydencji podwójnej, tzn. rejestrowały tylko te elektrony, które były wybijane z radiatora (lub ścianki licznika 1

zwróconej w stronę radiatora) i które po przejściu 1-ego licznika dotarły do czynnego obszaru drugiego. Prędkość zliczeń koincydencji zmniejszała się, w miarę zwiększania grubości umieszczonego absorbenta.

Energię kwantów gamma można określić na podstawie krzywej absorpcji elektronów komptonowskich dwoma sposobami: metodą pochłaniania całkowitego i połówkowego.

Metoda nr 1: metoda pochłaniania całkowitego:

Dane doświadczalne nanosimy na wykres półlogarytmiczny, a mianowicie na osi odciętych odkładamy grubość warstwy pochłaniającej [g/cm^2], na osi rzędnych logarytm natężenia promieniowania $\ln I$ lub $\log I$, z zaznaczeniem niepewności pomiarowych. Poprzez ekstrapolację początkowej liniowej części tak uzyskanej krzywej absorpcji do jej przecięcia z linią poziomą odpowiadającą logarytmowi z tła, znajdujemy warstwę pochłaniania całkowitego $R_{\max}$ w aluminium dla elektronów komptonowskich. (Jeżeli wcześniej nie uwzględniliśmy w warstwie absorbenta grubości ścianek licznika, to teraz to trzeba zrobić koniecznie). Znając ostateczną wartość $R_{\max}$ można wyznaczyć maksymalną energię tych elektronów $E_{\max}$, posługując się empirycznymi zależnościami:

Empiryczne wzory na $E_{\max}$

$$E_{\max} = 1,92 R_{\max}^{0,795},$$

dla

$$0,15 \text{ [MeV]} < E_{\max} < 0,8 \text{ [MeV]};$$

$$0,03 \text{ [g/cm}^2\text{]} < R_{\max} < 0,3 \text{ [g/cm}^2\text{]},$$

i

$$E_{\max} = 1,85 R_{\max} + 0,245,$$

dla

$$0,3 \text{ [g/cm}^2\text{]} < R_{\max} < 1,49 \text{ [g/cm}^2\text{]};$$

$$0,8 \text{ [MeV]} < E_{\max} < 3 \text{ [MeV]}.$$

Uwaga: Powyższe wzory dają wartość energii $E_{\max}$ w MeV jeżeli grubości są wyrażone w g/cm^2 .

Rozwiązując równanie (3) względem E_{γ} i wstawiając uzyskaną doświadczalnie wartość $E_{\max}$ można wyliczyć energię kwantów gamma.

Metoda nr 2: metoda pochłaniania połówkowego:

W tym przypadku wykorzystuje się znaną z literatury zależność między energią promieniowania gamma [MeV] i grubością absorbenta [g/cm^2], osłabiającą natężenie elektronów komptonowskich $K_n = 1/2^n$ razy.

R_I , któremu odpowiada $K_I = 1/2$ nazywa się zasięgiem połówkowym.

Kolejność czynności:

- a. Z krzywej doświadczalnej absorpcji określić wartości R_n dla $n = 1$ i $n = 2$.
- b. Następnie korzystając z wykresów $E_\gamma = E_\gamma(R_n)$, podanych poniżej, określić energię kwantów *gamma* na podstawie zmierzonych grubości cząstkowych.
- c. Zestawić uzyskane wyniki na energię kwantów gamma metodami doświadczalnymi i porównać z energią kwantów gamma emitowanych przez ^{60}Co podawaną w literaturze.

Tabela wyników:

Energia kwantów gamma [MeV] ^{60}Co	Doświadczalna		Katalogowa
	Metoda nr 1	Metoda nr 2	

