



Szkoła z przyszłością

szkolenie współfinansowane przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock-Świerk

ĆWICZENIE	LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ
9	Pomiar skażeń powierzchni materiałami promieniotwórczymi
Data pomiaru:	
Imię i nazwisko:	
Imię i nazwisko:	

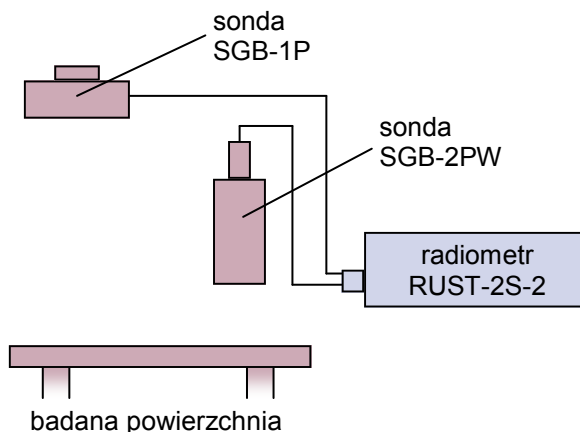
1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodami wykrywania skażeń promieniotwórczych

2. UKŁAD DOŚWIADCZALNY

Zestaw ćwiczeniowy (rys. 1) stanowią:

- dwie sondy: SGB-1P, SGB-2PW,
- radiometr RUST-2S-2 (rys. 2),
- badana powierzchnia (rys. 3).



Rys. 1

3. WSTĘP TEORETYCZNY

Detektor Geigera-Müllera (rys. 4) należy do grupy *detektorów gazowych*. Nazwa ich wywodzi się od rodzaju ośrodka, w którym następuje jonizacja atomów. W detektorze G-M gazem tym jest najczęściej argon (z niewielkim dodatkiem tzw. czynnika gaszącego np. alkoholu lub związków chloru).

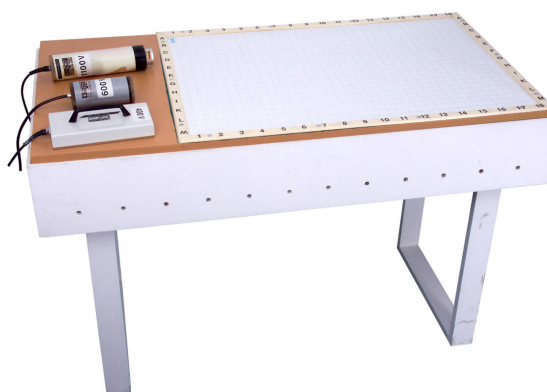
Pole elektryczne wytworzone przez napięcie przyłożone do elektrod powoduje przepływ wytworzonych jonów do elektrod, a więc i przepływ prądu w zewnętrznym obwodzie elektrycznym.

W zależności od konstrukcji detektora oraz wielkości napięcia zasilania detektory gazowe dzielą się na komory jonizacyjne, detektory proporcjonalne oraz detektory Geigera-Müllera (G-M).

W detektorze G-M (oraz w detektorze proporcjonalnym) anodę stanowi drut (najczęściej z wolframu) a katodę-metalowa obudowa. Napięcie między elektrodami przyspiesza jony do tak dużych prędkości, że oddziałując z atomami gazu powodując ich wtórną jonizację. Proces ten, narażając lawinowo, powoduje zjonizowanie całej ob-

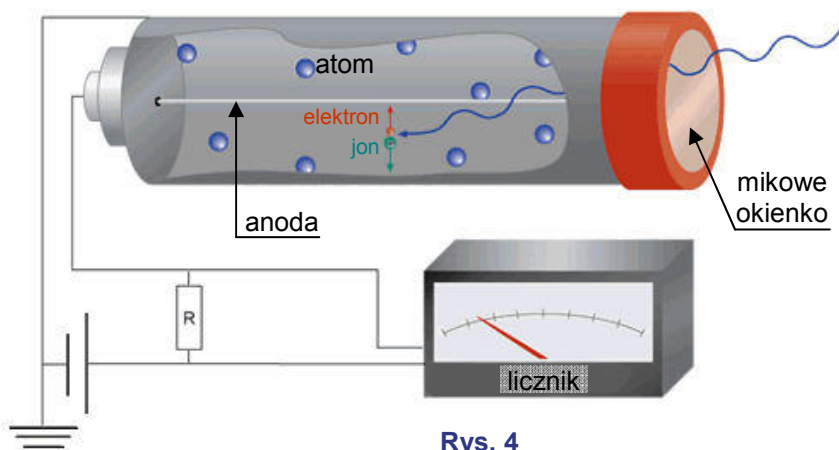


Rys. 2



Rys. 3

jętości gazu w detektorze. W tym czasie detektor nie jest w stanie „zareagować” na przyjscie innej cząstki promieniowania. Dla detektorów G-M czas ten dochodzi do 200 μ s i nosi nazwę *czasu martwego*. Raz zapoczątkowane zjawisko lawinowej jonizacji przebiega niezależnie od rodzaju promieniowania, a więc liczba jonów (i amplituda prądu w obwodzie) jest niezależna od rodzaju promieniowania.



Rys. 4

Z racji swoich właściwości detektory G-M są stosowane głównie w radiometrach, przeznaczonych jedynie do wykrywania promieniowania jonizującego, a nie jego precyzyjnych pomiarów.

4. PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

A) Przed włączeniem zasilacza należy ustawić elementy regulacyjne aparatury elektronicznej:

- dla sondy SGB-1P:
 - ☐ ¹ V + ☐ V (na przełącznikach EHT),
 - ☐ (na przełączniku MEASURING RANGES);
- dla sondy SGB-2PW:
 - ☐ V + ☐ V (na przełączniku EHT),
 - ☐ (na przełączniku MEASURING RANGES).

B) Przygotowanie aparatury elektronicznej do pomiarów:

- do radiometru przyłączyć sondę SGB-1P i za pomocą przełączników EHT ustawić właściwe dla niej napięcie zasilania;
- włączyć zasilanie radiometru.

C) Korzystając z wzorcowej powierzchni z naniesionymi emiterami β i γ (Cs^{137}), sprawdzić, jaki wpływ na wskazania radiometru mają:

- a) odległość pomiędzy sondą a źródłem promieniowania
- b) pochłaniacze wprowadzanych pomiędzy sondę a źródło. W trakcie pomiarów pojawi się konieczność zmiany zakresu wskazań radiometru przełącznikiem MEASURING RANGES. Po zakończeniu pomiarów należy w radiometrze obniżyć do zera napięcie zasilania sondy i odłączyć ją od radiometru. Wyniki zapisać w tabeli 1, 2, 3 i 4.

D) Włączyć do radiometru sondę SGB-2PW i ustawić właściwe dla niej napięcie zasilania.

E) Korzystając z wzorcowej powierzchni skażonej emiterem β (^{90}Sr) powtórzyć pomiary jak w punkcie C.

F) Przemieszczając sondę na wysokości ~ 1 cm nad powierzchnią stołu symulującego skażoną powierzchnię, odnaleźć miejsca występowania skażeń i dla każdego takiego miejsca określić maksymalne wskazanie radiometru.

Na podstawie spostrzeżeń z punktów C i E określić prawdopodobny rodzaj promieniowania i wyniki zanotować w tabeli 5.

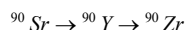
¹ szczegółowe ustawienia aparatury podane zostaną w trakcie wykonywania ćwiczenia



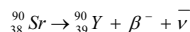
DANE O ŹRÓDŁACH PROMIENIOTWÓRCZYCH

⁹⁰Sr/⁹⁰Y

Rozpad promieniotwórczy β^- polega na emisji z jądra atomowego danego izotopu elektronu β^- oraz antyneutrino $\bar{\nu}$. Źródłem promieniowania β^- jest w naszym ćwiczeniu sukcesywny rozpad:

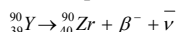


Dla rozpadu:



$T_{1/2} = 28,64$ lat. Wynikiem spełnienia prawa zachowania energii i prawa zachowania pędu dla trzech ciał – w tym przypadku są to: jądro atomowe ⁹⁰Y, elektron β^- i antyneutrino $\bar{\nu}$ – jest ciągłe widmo energetyczne elektronów, kończące się na energii $E_{\beta\text{max}} = 0,546$ MeV, wynikającej z różnicy mas jądra wyjściowego ⁹⁰Sr i jądra końcowego ⁹⁰Y. Dla rozpadu ⁹⁰Sr $E_{\beta} \leq 0,546$ MeV, a energia średnia $\langle E_{\beta} \rangle = 0,196$ MeV.

Jądro ⁹⁰Y jest również promieniotwórcze:



Dla tego rozpadu $T_{1/2} = 64,1$ godz., $E_{\beta} \leq 2,282$ MeV, a energia średnia $\langle E_{\beta} \rangle = 0,934$ MeV.

Widmo ciągłe promieniowania β^- z rozpadu ⁹⁰Sr

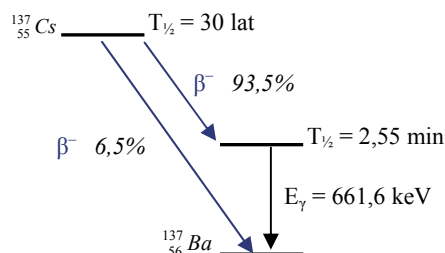
Energia elektronów beta [keV]	%
0 – 10	2,88
10 – 20	2,84
20 – 40	5,6
40 – 100	16,5
100 – 300	49,2
300 – 546	23,0

Widmo ciągłe promieniowania β^- z rozpadu ⁹⁰Y

Energia elektronów beta [keV]	%
0 – 10	0,337
10 – 20	0,344
20 – 40	0,71
40 – 100	2,29
100 – 300	9,4
300 – 600	17,5
600 – 1300	42,5
1300 – 2282	26,9

¹³⁷Cs

Schemat rozpadu:



Elektrony „jądrowe” w tych rozpadach mają energie:

$E_{\beta} \leq 0,514$ MeV (93,5 %),

$E_{\beta} \leq 1,176$ MeV (6,5 %),

średnia energia $\langle E_{\beta} \rangle = 0,188$ MeV.

Elektrony „atomowe”:

$E_{\beta} = 0,624$ MeV (ok. 8 %).

¹³⁷Cs

Energia fotonu [keV]	Nazwa fotonu	Prawdopodobieństwo emisji fotonu (na jeden rozpad) [%]
3,954	Ba L	0,0144
4,331	Ba L _η	0,0064
4,465	Ba L _α	0,40
4,944	Ba L _β	0,37
5,620	Ba L _γ	0,049
31,817	Ba K _{α2}	2,05
32,194	Ba K _{α1}	3,77
36,357	Ba K _{β2}	1,04
37,450	Ba K _{β2}	0,264
661,660	M4	85,21

TABELA 1

¹³⁷ Cs		
Lp.	Odległość	Wskazania radiometru
1.		
2.		

TABELA 2

¹³⁷ Cs		
Lp.	Rodzaj pochłaniacza	Wskazania radiometru
1.		
2.		

TABELA 3

⁹⁰ Sr		
Lp.	Odległość	Wskazania radiometru
1.		
2.		

TABELA 4

⁹⁰ Sr		
Lp.	Rodzaj pochłaniacza	Wskazania radiometru
1.		
2.		

TABELA 5

Współrzędne punktu max.	Wskazania sondy SGB-1P	Wskazania sondy SGB-2PW	Prawdopodobny rodzaj promieniowania
np. A-5	np. 680 imp./min	np. 1400 imp./min	np. γ i β