

## ĆWICZENIE 5

**OKREŚLENIE ENERGII MAKSYMALNEJ  $E_M$ ,  
ZASIĘGU MAKSYMALNEGO  $R_M$ ,  
GRUBOŚCI POŁÓWKOWEGO  
POCHŁANIANIA  $D_{1/2}$   
ORAZ MASOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA  
POCHŁANIANIA  $\mu_D$ .  
SAMOPOCHŁANIANIE W WARSTWIE ŹRÓDŁA**

## **CEL ĆWICZENIA**

- Określenie energii maksymalnej, zasięgu maksymalnego, grubości połówkowego pochłaniania oraz masowego współczynnika pochłaniania promieniowania beta źródła  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  za pomocą licznika G-M
- Oszacowanie współczynnika samopochłaniania promieniowania w warstwie źródła

## **ZAGADNIENIA**

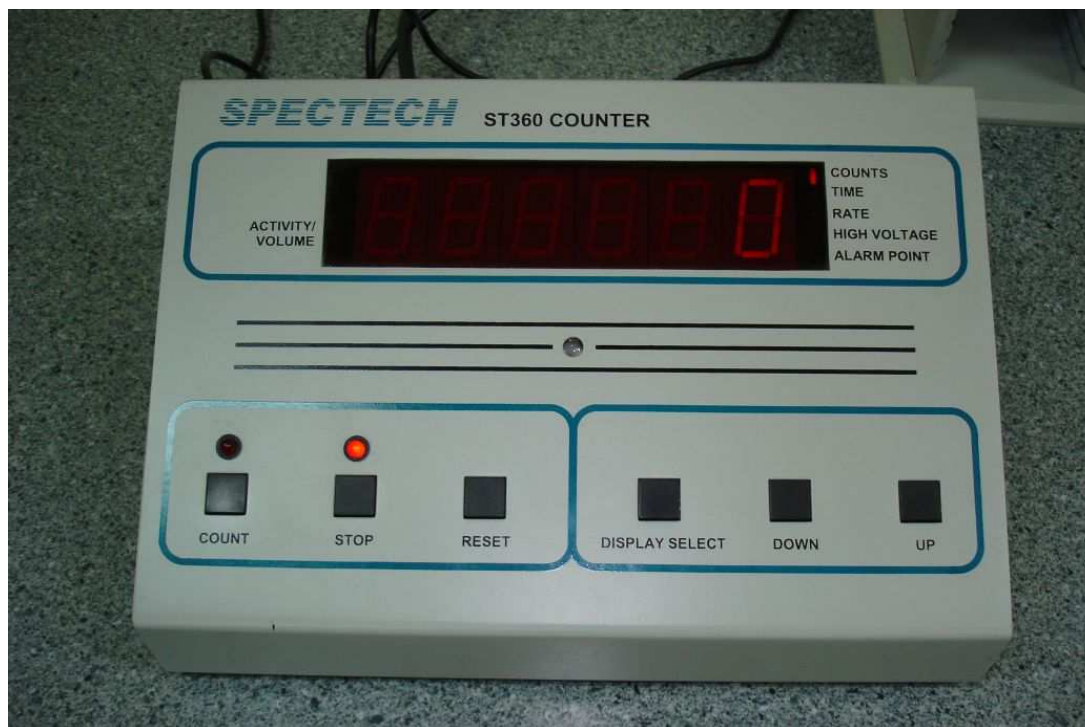
- Budowa i zasada działania licznika G-M
- Podział liczników G-M ze względu na mechanizm gaszenia wyładowania
- Oddziaływanie promieniowania  $\beta$  i  $\gamma$  z materią
- Pochłanianie i samopochłanianie promieniowania, współczynniki
- Poprawka na pochłanianie promieniowania w powietrzu i w okienku licznika oraz poprawka na samopochłanianie promieniowania w źródle

## **ŹRÓDŁO PROMIENIOTWÓRCZE**

- Źródło zamknięte promieniowania:  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$
- Źródła promieniowania beta  $^{36}\text{Cl}$  na krążkach bibułowych

## **APARATURA**

- Przelicznik SPECTECH ST360 COUNTER
- Licznik kielichowy G-M



Fot. 1. SPECTECH ST360 COUNTER.

**DISPLAY SELECT** – umożliwia wchodzenie do następujących funkcji:

- a) **COUNTS** – wyświetlającej liczbę zliczeń
- b) **TIME** – pozwalającej na ustawienie czasu pomiaru
- c) **RATE** – wyświetlającej tempo zliczeń
- d) **HIGH VOLTAGE** – pozwalającej na ustawienie odpowiedniego napięcia
- e) **ALARM POINT** – pozwalającej na ustawienie alarmu

**DOWN i UP** – odpowiadają za przechodzenie w górę lub dół skali napięcia bądź czasu

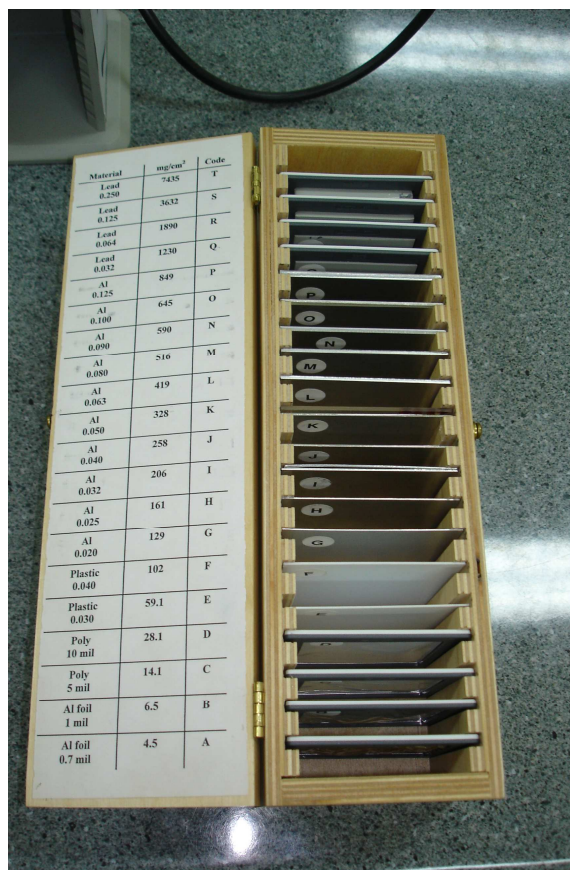
**COUNT** – uruchamia pomiar

**STOP** – powoduje przerwanie pomiaru

**RESET** – pozwala na usuwanie wyników



Fot. 2. Licznik kielichowy G-M.



Fot. 3. Absorbenty używane w ćwiczeniu.

## WYKONANIE ĆWICZENIA

Włączyć czerwony przycisk **ON/OFF** z tyłu aparatu **SPECTECH ST360 COUNTER** (spowoduje to zapalenie się zera na wyświetlaczu oraz zapalenie się czerwonej lampki **STOP**). Za pomocą przycisku **DISPLAY SELECT** wejść w funkcję **TIME** (jednokrotne naciśnięcie **DISPLAY SELECT**). Zapali się czerwona, podłużna dioda znajdująca się po lewej stronie napisu **TIME** na wyświetlaczu. Należy ustawić czas pomiaru na **60s** za pomocą przycisków **UP** i **DOWN**. Po ustawieniu czasu, korzystając ponownie z przycisku **DISPLAY SELECT**, wejść w funkcję **HIGH VOLTAGE** (dwukrotne naciśnięcie **DISPLAY SELECT**). Zapali się czerwona, podłużna dioda znajdująca się po lewej stronie napisu **HIGH VOLTAGE** na wyświetlaczu. Ustawić napięcie pracy aparatu na **800V** za pomocą przycisków **UP** i **DOWN**. Następnie również za pomocą przycisku **DISPLAY SELECT** wejść w funkcję **COUNTS** (trzykrotne naciśnięcie **DISPLAY SELECT**), po czym

w celu uruchomienia pierwszego pomiaru (pomiar tła - bez źródła promieniotwórczego) wcisnąć przycisk **COUNT** znajdujący się po lewej stronie aparatu obok przycisku **STOP**. Następnie badane źródło promieniotwórcze ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ) umieścić w domku osłonowym pod licznikiem G-M na pozycji **trzeciej** od góry i ponownie wcisnąć przycisk **COUNTS** (pierwszy pomiar źródła promieniotwórczego pod nieobecność absorbentu). Po zakończeniu pomiaru na pozycję **pierwszą** od góry wkładać kolejne absorbenty (**literką do dołu**) zaczynając od najcieńszych. Pomiar należy prowadzić aż do uzyskania liczby zliczeń odpowiadającej liczbie zliczeń tła. Następnie pomiędzy licznikiem, a źródłem umieścić absorbent o nieznannej grubości (**TEST**) i wykonać pomiar liczby zliczeń źródła w obecności absorbentu testowego. Wszystkie pomiary należy wykonywać jednokrotnie.

Otrzymane wyniki należy umieścić w tabeli:

Lp.	Grubość absorbentu $d$ [ $\text{mg}/\text{cm}^2$ ]	Liczba impulsów $N_{\text{imp}}/60\text{s}$	$N' = N - N_t$	$\lg N'$
1	0			
2	4,5			
...				

W celu wyznaczenie współczynnika samopochłaniania (S) otrzymane źródło bibułowe (pojedynczy krążek) należy umieścić w obudowie metalowej na pozycji **drugiej** od góry w domku osłonowym pod licznikiem G-M i mierzyć **trzykrotnie** liczbę impulsów w czasie **100s** dla pojedynczego krążka. Po zakończonej serii pomiarowej należy dołożyć jeden krążek bibułowy i również mierzyć trzykrotnie liczbę impulsów w tym samym czasie. Krążki należy dokładać aż do momentu uzyskania stałej szybkości zliczania impulsów. Sposób ustawienia czasu na aparacie SPECTECH ST360 COUNTER jest omówiony w pierwszej części ćwiczenia.

Wyniki pomiarów proszę umieścić w tabeli:

Lp.	Liczba krążków	Grubość sumaryczna $d_s$ [mg/cm <sup>2</sup> ]	Liczba impulsów $N_1, N_2, N_3/100s$	Średnia liczba impulsów $N_{\text{sr}} \text{ imp}/100s$	$N' = N_{\text{sr}} - N_t$
1.					
2.					
3.					
...					

## OPRACOWANIE WYNIKÓW

Na podstawie wyników otrzymanych w pierwszej części ćwiczenia należy:

- 1) Sporządzić wykres  $\lg N'$  w funkcji grubości absorbentu ( $d$ )
- 2) Obliczyć masowy współczynnik pochłaniania ( $\mu_d$ ) korzystając z podanego wzoru:

$$\mu_d = 2,303 * \frac{\lg N_1 - \lg N_2}{d_2 - d_1} [\text{cm}^2 / \text{mg}]$$

Wartości  $\lg N_1$  i  $\lg N_2$  należy odczytać ze stromej części krzywej wykresu  $\lg N' = f(d)$  biorąc pod uwagę dwie dowolne znacznie różniące się wartości  $d_1$  i  $d_2$ . Otrzymaną wielkość należy przeliczyć na [cm<sup>2</sup>/g].

- 3) W oparciu o poniższą zależność należy obliczyć grubość połówkowego pochłaniania ( $d_{1/2}$ ), tzn. grubość absorbentu, przy której natężenie promieniowania zmniejsza się do połowy.

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu_d} = \frac{0,693}{\mu_d}$$

Następnie wartość tę ( $d_{1/2}$ ) należy porównać z wartością  $d_{1/2}$  odczytaną z wykresu  $\lg N' = f(d)$

- 4) Wyznaczyć poprawkę na pochłanianie  $K_{poch}$  korzystając z poniższych wzorów:

$$K_{poch} = \frac{N_d}{N_o} = e^{-\mu_d D}$$

$$N_d = N_o e^{-\mu_d D}$$

gdzie:  $K_{poch}$  - poprawka na pochłanianie,  $N_o$  - liczba impulsów docierających do licznika pod nieobecność absorbentu,  $N_d$  - liczba impulsów docierających do licznika po przejściu promieniowania przez absorbent,  $\mu_d$  - masowy współczynnik pochłaniania [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ],  $D$  - grubość warstwy pochłaniającej promieniowanie

Na grubość warstwy pochłaniającej promieniowanie ( $D$ ), składają się okienko licznika oraz warstwa powietrza między okienkiem, a źródłem. Wartość tę należy obliczyć według wzoru:

$$D = d_{pow} + d_{ok} = x_{pow} \rho + d_{ok}$$

gdzie:  $d_{pow}$  - grubość warstwy powietrza,  $d_{ok}$  - grubość okienka licznika równa  $3 \text{ mg}/\text{cm}^2$ ,  $x_{pow}$  - liczba warstw powietrza o gęstości powierzchniowej ( $\rho$ ) odpowiadająca odległości pomiędzy okienkiem licznika, a źródłem (odległość pomiędzy pozycją pierwszą a okienkiem licznika wynosi 1 cm, a odległości pomiędzy kolejnymi pozycjami wynoszą 0,5 cm),  $\rho$  - gęstość powietrza równa  $1,29 \text{ mg}/\text{cm}^3$ .

- 5) Z wykresu przedstawiającego zależność  $\lg N' = f(d)$  odczytać wartość  $d_m$ , czyli grubość warstwy absorbentu obniżającą liczbę zliczonych impulsów do wartości tła. Wartość  $d_m$  należy wyrazić w [ $\text{g}/\text{cm}^2$ ], a następnie korzystając z poniższej zależności obliczyć zasięg maksymalny ( $R_m$ ):

$$R_m = d_m + D \quad [\text{g}/\text{cm}^2]$$

- 6) Obliczyć energię maksymalną cząstki beta ( $E_m$ ) w oparciu o następujący wzór:

$$E_m = \frac{R_m + 0,161}{0,571}$$

Zasięg maksymalny ( $R_m$ ) należy również wyznaczyć metodą graficzną z wykresu zależności  $\lg N' = f(d)$ , po czym wielkość tę wyrazić w  $[g/cm^2]$ . Należy zwrócić uwagę na fakt, że zasięg maksymalny promieniowania beta wysyłanego przez źródło jest większy ze względu na fakt powstawania w trakcie rozpadu  $^{90}\text{Sr}$  izotopu  $^{90}\text{Y}$  charakteryzującego się ponad czterokrotnie wyższą wartością energii ( $E_m^{90}\text{Sr} = 546 \text{ keV}$ ,  $E_m^{90}\text{Y} = 2282 \text{ keV}$ ).

- 7) W oparciu o zależność  $\lg N'$  od grubości adsorbentu oraz znajomość liczby zliczeń źródła w obecności adsorbentu testowego należy wyznaczyć jego grubość.

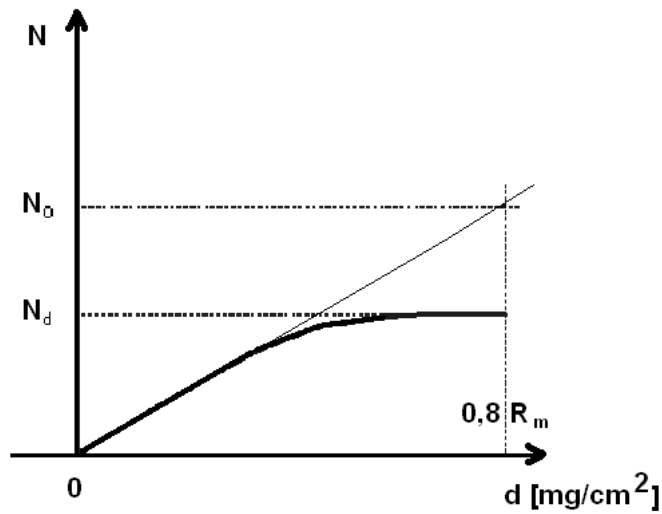
**Na podstawie wyników otrzymanych w drugiej części ćwiczenia należy:**

- 1) Sporządzić wykres zależności liczby impulsów od sumarycznej grubości źródła  $N' = f(d_s)$ ; przyjmując, że dla pojedynczego krążka  $d = 18 \text{ mg/cm}^2$
- 2) Na podstawie wykresu wyznaczyć współczynnik samopochłaniania ( $S$ ) dla źródła o grubości  $d = 0,8 R_m$ . Wiedząc, że współczynnik samopochłaniania jest to stosunek liczby impulsów ze źródła o określonej grubości do liczby impulsów otrzymanych ze źródła o grubości nieskończenie małej:

$$S = \frac{N_d}{N_o}$$

Graficzny sposób wyznaczenia współczynnika  $S$  pokazuje poniższy rysunek:





Dla  $^{36}\text{Cl}$   $R_m$  wynosi  $247 \text{ mg/cm}^2$  przy założeniu, że  $E_m = 714 \text{ keV}$

### Literatura uzupełniająca

1. J. Kroh - Chemia radiacyjna, str. 11-46.
2. B. Gostkowska, J. Zajdel - Wybrane zagadnienia z fizyki jądrowej, rozdz. 4 i 5.
3. T. Hilczer - Ćwiczenia z fizyki jądrowej, rozdz. 1, 2, 4 i 5.
4. Radiochemia w ćwiczeniach i zadaniach - praca zbiorowa, rozdz. I.3.
5. A. Hrynkiewicz - Człowiek i promieniowanie jonizujące, str. 11-30 i 49-69.
6. B. Dziunikowski - O fizyce i energii jądrowej, str. 207-237.
7. W. Gorączko - Radiochemia i ochrona radiologiczna, str. 19-64.