

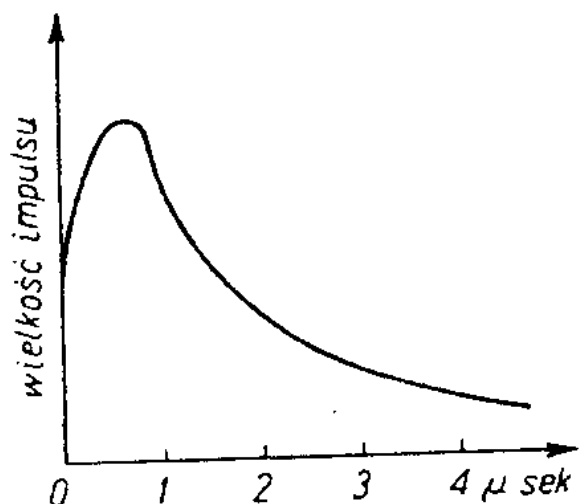
Wyznaczanie czasu martwego licznika Geigera – Müllera metodą dwóch źródeł oraz przy pomocy oscyloskopu.

I. Zagadnienia

1. Licznik Geigera – Müllera.
2. Czas martwy układu liczącego a w szczególności licznika G – M.
3. Metody pomiaru „czasu martwego”.
4. Budowa i zasada działania oscyloskopu.

II. Wstęp teoretyczny

Parametrem, który musimy brać pod uwagę przeprowadzając pomiary natężenia promieniowania używając licznika G–M jest czas martwy licznika. Czasem martwym nazywamy czas, podczas którego licznik po zarejestrowaniu przejścia cząstki nie jest zdolny zarejestrować przejścia kolejnej. Trzeba w tym miejscu powiedzieć coś o kształcie impulsu jaki pojawia się na wyjściu licznika (rys. 1). Czas trwania impulsu jest skończony i wynosi ok. $4 \cdot 10^{-6}$ [s]. Początkowo obserwuje się szybkie narastanie impulsu trwające 10^{-6} [s] następnie powolne opadanie. Powolne opadanie wynika z tego, że podczas wyładowania powstają szybkie elektrony i ciężkie powolne jony dodatnie. Jony dodatnie powodują powstanie wypadkowego dodatniego ładunku przestrzennego który ekranuje katodę licznika obniżając tym samym wypadkową różnicę napięć pomiędzy elektrodami. Występowanie czasu martwego w przypadku liczników G-M związane jest z tym, że kiedy trwa wyładowanie w liczniku zainicjowane przejściem pierwszej cząstki przez licznik, powstaje w takim przypadku 10^{10} par jonów wtórnych. Pojawienie się więc dodatkowych par jonów w wyniku przejścia drugiej cząstki podczas trwania wyładowania nie wnosi zbyt wiele biorąc pod uwagę, że cząstka pierwotnie wytwarza 10^4 par jonów¹. Pod koniec trwania impulsu, kiedy zmniejsza się ekranowanie katody przestrzennym ładunkiem dodatnim, pole elektryczne wewnątrz licznika może być wystarczające do zainicjowania kolejnego wyładowania nawet jeśli nie doszło do całkowitego wygaśnięcia impulsu. Czas trwania impulsu do momentu kiedy możliwe jest pojawienie się kolejnego impulsu² traktujemy jako czas martwy licznika (rys. 2). Czas natomiast po którym licznik zdolny jest zarejestrować w pełni rozwinięty impuls nazywamy czasem restytucji.

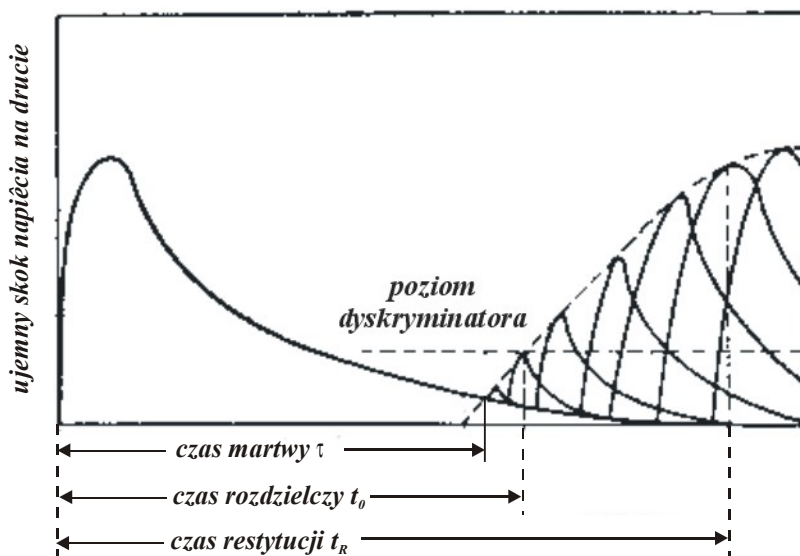


¹ Podane liczby powstających par jonów zależą od konstrukcji licznika G-M. Zwrócić tu trzeba uwagę na stosunek tych liczb względem siebie. Liczba par jonów powstających w wyładowaniu jest wiele razy większa od liczby par jonów pierwotnych stąd niewielki wkład jonizacji pierwotnej podczas trwania wyładowania a więc podczas trwania impulsu.

² Nawet jeżeli drugi impuls nie będzie osiągał maksymalnej wartości.

Rys. 1.

Zależność wielkości impulsu pojawiającego się na wyjściu licznika G-M. po zarejestrowaniu cząstki w funkcji czasu.

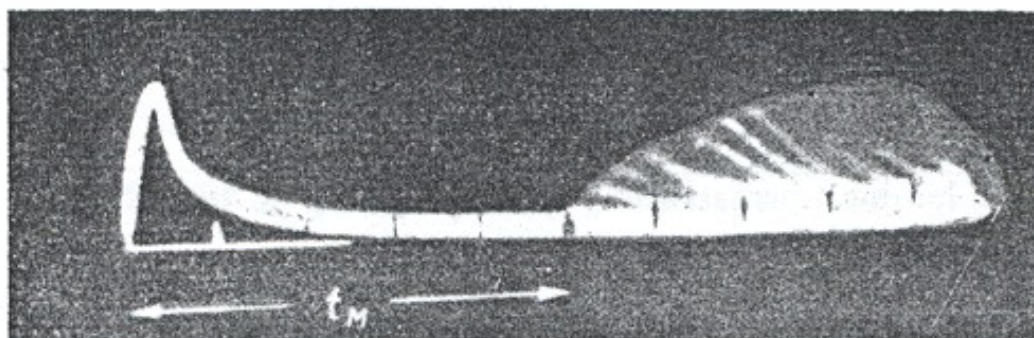


Rys. 2.

Definicja czasu martwego, rozdzielczości aparatury oraz restytucji.

Podczas pomiarów należy uwzględnić także czasową rozdzielczość innych przyrządów zestawu pomiarowego. Przelicznik musi nadążyć zliczać pojawiające się impulsy na wyjściu licznika. Wzmacniacz natomiast nie może wносить dodatkowych zniekształceń sygnału i opóźnień na wyjściu względem wejścia. Wszelkie zakłócenia tego typu powodują dodatkowo wzrost wypadkowego czasu martwego toru pomiarowego.

Czas martwy licznika G-M można wyznaczyć kilkoma metodami. Jedną z nich jest określanie tego czasu na podstawie obrazu oscyloskopowego. Jeżeli oscyloskop dysponuje możliwością wyzwalania podstawy czasu to na ekranie będziemy obserwować wyraźny kształt pierwszego impulsu oraz niewyraźny obraz nałożonych na siebie impulsów rejestrowanych przez licznik przed zakończeniem trwania pierwszego impulsu (rys. 3). Innym sposobem wyznaczenie czasu martwego licznika jest posłużenie się metodą dwóch źródeł.



Rys. 3.

Obraz uzyskany przy pomocy oscyloskopu wyjścia licznika G – M z wyraźnie zaznaczonym czasem martwym.

Załóżmy, że każda cząstka wpadająca do licznika może być zarejestrowana, nie uwzględniamy tych cząstek, które ulegną rozproszeniu od okienka i absorpcji w warstwie powietrza i w okienku. Niech czas pomiaru t będzie dużo większy od czasu martwego τ . Czas rozdzielnicy t_0 , w którym licznik nie jest zdolny do zarejestrowania kolejnych impulsów można wyrazić jako :

$$t_0 = N\tau \quad (1)$$

gdzie N - liczba cząstek zarejestrowanych w czasie t

W czasie t powinno być zarejestrowane $N_0 = I_0 t$ impulsów. Mamy więc różnicę pomiędzy liczbą cząstek wpadających N_0 a faktyczną N

$$N_0 - N = I_0 t - It = I_0 t \tau \quad (2)$$

skąd

$$I = \frac{I_0}{1 + I_0 \tau} \quad (3)$$

albo

$$I_0 = \frac{I}{1 - I_0 \tau} \quad (4)$$

gdzie :

N - liczba impulsów przypadających na czas t ;

N_0 - liczba impulsów, które pojawiłyby się gdyby czas martwy był równy zero.

W metodzie dwóch źródeł rejestrujemy natężenie promieniowania (ściślej szybkość zliczeń) od dwóch źródeł 1 i 2 (w przybliżeniu podobnych) oraz każdego z osobna. Oznaczamy wyznaczone szybkości zliczeń kiedy naświetlamy licznik dwoma źródłami przez $I_{1,2}$ oraz analogicznie szybkości zliczeń kiedy licznik naświetlany jest pojedynczymi źródłami odpowiednio I_1 i I_2 . Rzeczywista liczba cząstek przechodzących przez licznik jest większa, oznaczymy więc odpowiednio $I_{01,2}$, I_{01} , I_{02} . W układzie o zerowym czasie martwym prawdziwa jest relacja

$$I_{01,2} = I_{01} + I_{02} \quad (5)$$

W rzeczywistości jednak szybkość zliczeń zmierzona jest mniejsza więc rzeczywistą szybkość zliczeń wyliczymy z zależności (4)

$$I_{01} = \frac{I_1}{1 - I_1 \tau} \quad (6)$$

analogicznie dla naświetlania drugim źródłem

$$I_{02} = \frac{I_2}{1 - I_2 \tau} \quad (7)$$

oraz z dwoma jednocześnie

$$I_{01,2} = \frac{I_{1,2}}{1 - I_{1,2} \tau} \quad (8)$$

Wstawiając (6), (7) i (8) do (5) otrzymujemy

$$\frac{I_{1,2}}{1 - I_{1,2}\tau} = \frac{I_1}{1 - I_1\tau} + \frac{I_2}{1 - I_2\tau} \quad (9)$$

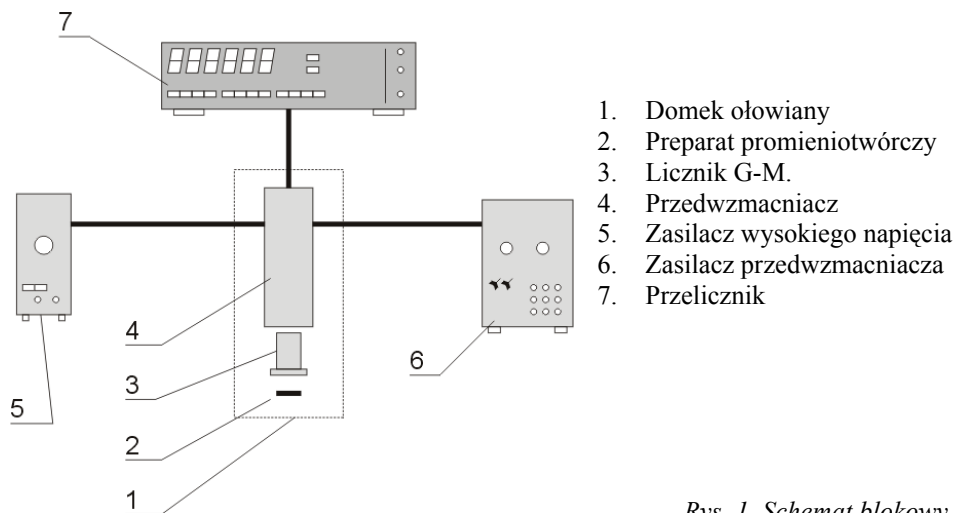
Rozwiązując to równanie względem τ i odrzucając wyrazy zawierające kwadrat małej wielkości τ otrzymujemy:

$$\tau = \frac{I_1 + I_2 - I_{1,2}}{2I_1I_2} \quad (10)$$

Jeżeli znamy τ dla danego układu pomiarowego, to zgodnie ze wzorem (4) można znaleźć związek pomiędzy I oraz I_0 . Wygodnie jest, przy stałym używaniu tego samego licznika, mieć sporządzony wykres zależności $\rho(I) = \frac{I_0}{I}$. Wtedy po zarejestrowaniu I impulsów można z wykresu znaleźć wartość ρ a w konsekwencji faktycznie szukaną wartość I_0 ; ρ wskazuje ile razy większe jest I_0 od I , a jego odwrotność $\left(\frac{1}{\rho}\right)$ nazywana jest wydajnością rejestracji związaną z czasem martwym.

III. Część doświadczalna

A. Schemat blokowy aparatury pomiarowej:



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego

B. Wykonanie ćwiczenia

1. Dwa preparaty doświadczalne są umieszczone w odpowiedniej kasetce. Umieścić pojedynczy preparat promieniotwórczy w takiej odległości od licznika aby uzyskać nie więcej niż 5000 – 7000 impulsów na minutę. Usunąć źródło i w obecności kasyty zmierzyć tło.
2. Następnie umieścić preparat promieniotwórczy (1) i zmierzyć I_1 z dokładnością co najmniej 0,35% (ok. 80000 zliczeń). Potem, pozostawiając pierwszy preparat, dołożyć drugi preparat (2) i zmierzyć $I_{1,2}$ z

dokładnością co najmniej 0,25% (ok. 160000 zliczeń, czyli uzyskanie w przybliżeniu dwukrotnie większej liczby zliczeń).

- Następny krok to usunięcie preparatu (1) i zmierzenie I_2 z taką samą dokładnością jak I_1 . Potem usuwamy także i ten preparat i ponownie mierzymy tło w obecności kasety.
- W ten sposób należy przeprowadzić doświadczenie dla dwu różnych par preparatów. Dla każdej pary pomiar przeprowadzić dwukrotnie.
- Należy pamiętać o bezwzględnym zachowaniu takiej samej geometrii układu doświadczalnego przy manipulacji źródłami w trakcie pomiaru.
- Wyjście sygnału z przedwzmacniacza należy połączyć z oscyloskopem. Na podstawie obrazu obserwowanego na ekranie oscyloskopu należy wyznaczyć czas martwy licznika. Obserwacji dokonać zmieniając aktywności użytych preparatów (dokonując zamiany źródła lub odległości źródła od licznika). Porównać i przedyskutować uzyskane czasy martwe licznika metodą dwu źródeł i przy pomocy oscyloskopu.

C. Opracowanie wyników.

- Ze wzoru:

$$\tau = \frac{I_1 + I_2 - I_{1,2}}{2I_1I_2} \quad (1)$$

wyliczyć „czasy martwe” dla poszczególnych serii pomiarowych a następnie obliczyć średni czas martwy licznika.

- Sporządzić wykres funkcji:

$$\rho = (1 - I\tau)^{-1} \quad (2)$$

gdzie:

$$\rho = \frac{I_0}{I} \quad (3)$$

jest odwrotnością współczynnika wydajności.

Wykonać wykres dla wartości zmiennej I w przedziale od 0 do 7000 [min^{-1}], z użyciem τ uzyskanego z eksperymentu. Obliczyć i nanieść na wykres błąd wielkości.

- Wyniki umieścić w odpowiedniej tabelce.

Źródła	Czynne źródła	Czas pomiaru	Liczba zliczeń
I para	1		
	2		
	1+2		
II para	1		
	2		
	1+2		

Ewentualne uwagi umieścić poza ramką.

- Porównać wyniki eksperymentalne z danymi technicznymi licznika.

IV. Literatura

- E. Fünfer, H. Neuert, „Liczniki promieniowania” [PWN, Warszawa 1960];
- K. Małuszyńska, M. Przytuła, „Laboratorium fizyki jądrowej” [PWN, Łódź 1969];
- T. Hilczer, „Ćwiczenia z fizyki jądrowej” [UAM, Poznań 1975];
- J. M. Massalski, „Detekcja promieniowania jądrowego”, [PWN, Warszawa 1959];
- W. I. Goldanski, „Statystyka pomiarów przy rejestracji promieniowania jądrowego” [PWN, Warszawa 1963];
- Inne podręczniki kursowe fizyki.

