

Badanie licznika Geigera- Mullera

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie charakterystyki napięciowej licznika Geigera-Müllera oraz wyznaczenie szczególnych napięć detektora

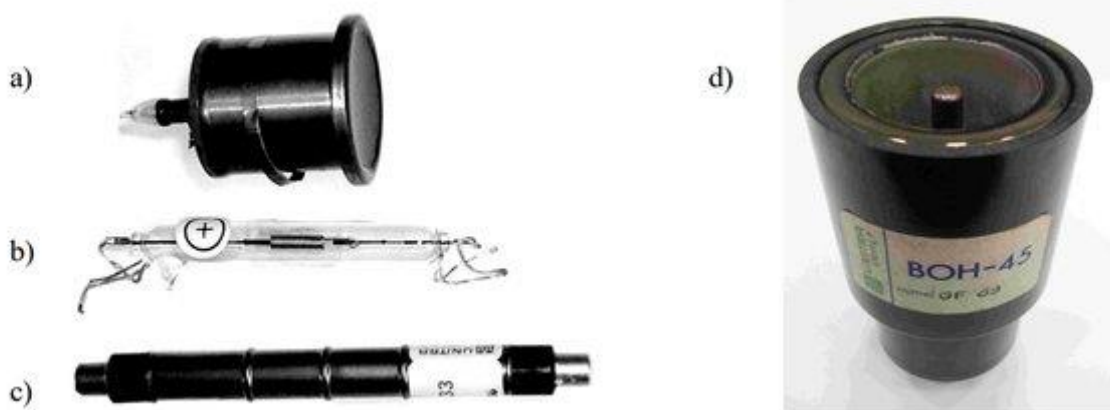
Wstęp

Licznik G-M jest urządzeniem służącym do detekcji, czyli wykrywania promieniowania jonizującego.

Promieniowanie jonizujące to strumień cząstek obdarzonych ładunkiem (np. promieniowanie alfa, czyli jądra helu i promieniowanie beta, czyli elektrony) lub promieniowanie elektromagnetyczne o wysokiej energii kwantów, czyli promieniowanie gamma i rentgenowskie. Cząstka promieniowania jonizującego, przechodząc przez materię, odrywa elektrony od atomów lub cząsteczek. Powstają w ten sposób jony dodatnie (atomy pozbawione jednego lub więcej elektronów) i jony ujemne (elektrony). Ten proces nazywamy jonizacją.

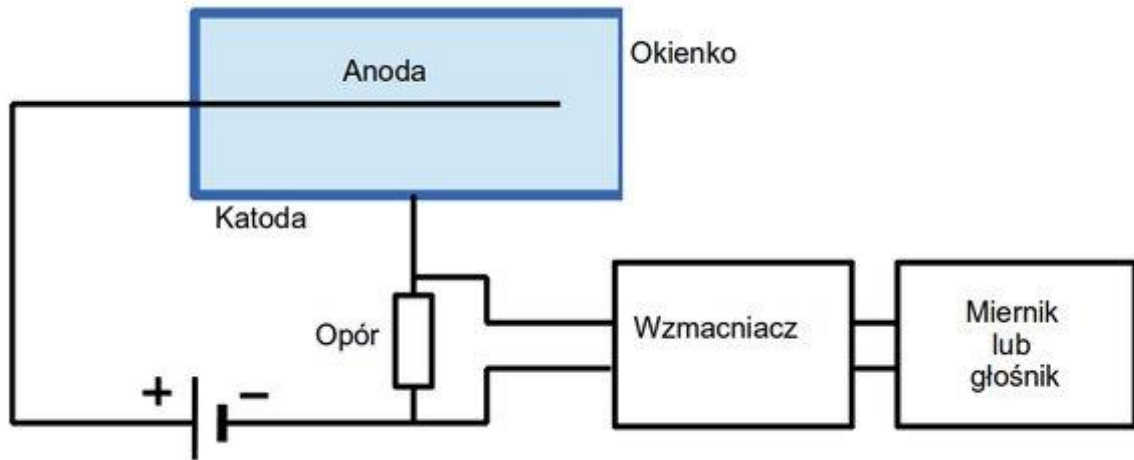
Pierwsze urządzenia tego typu zostały opracowane przez Ernesta Rutherforda i Hansa Geigera na początku 20-go wieku i mierzyły tylko promieniowanie alfa. W latach dwudziestych licznik ten został udoskonalony przez Geigera oraz Hansa Mullera tak, by mógł mierzyć zarówno promieniowanie alfa jak i beta oraz gamma.

Typowy licznik G-M składa się z bańki szklanej lub metalowej wypełnionej gazem znajdującym się pod niskim ciśnieniem (rzędu kilkudziesięciu hektopaskali). Wewnątrz bańki znajduje się drucik stanowiący anodę, katodą zaś jest metalowa obudowa bańki lub blaszka w kształcie cylindra, którego osią jest anoda.



Rys. 1. Przykłady liczników Geigera-Müllera. a) Licznik okienkowy do rejestracji promieniowania alfa i beta, b), c) liczniki rurkowe do rejestracji promieniowania beta oraz gamma, d) licznik okienkowy z usuniętym okienkiem

Pomiędzy anodę i katodę przykładana się napięcie rzędu kilkuset woltów. Typowy układ pomiarowy przedstawia rys.2



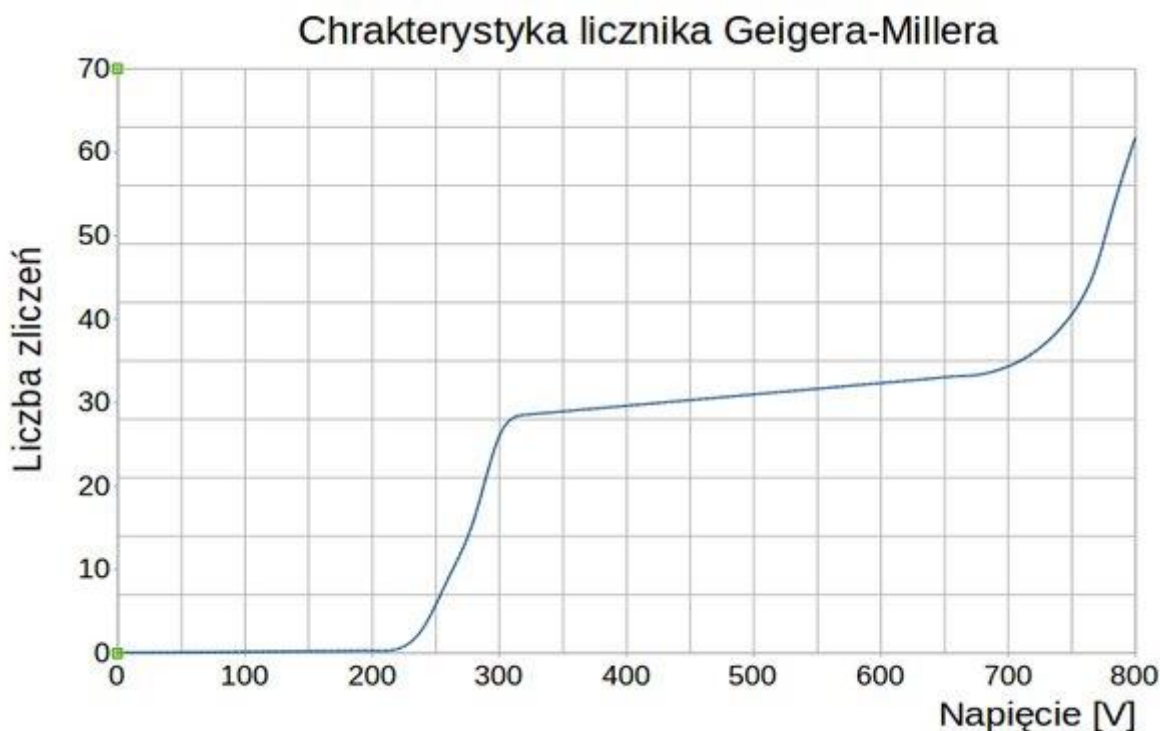
Rys. 2. Układ pomiarowy licznika G-M

Zasada działania licznika

Cząsteczka promieniowania jonizuje gaz wypełniający bańkę. Pod wpływem pola elektrycznego jony dodatnie przemieszczają się do anody, ujemne do katody. Jony przyspieszane wysokim napięciem zderzają się z atomami gazu i wywołują wtórną jonizację. Jony wychwytywane przez katodę powodują powstanie krótkotrwałego impulsu prądu w obwodzie zewnętrznym.

Spadek napięcia na oporniku spowodowany przepływem prądu jest sygnałem, że licznik zarejestrował cząstkę. Sygnał ten jest wzmacniany i przesyłany do urządzenia zliczającego pojawiające się impulsy lub podawany na głośnik, który częstotliwością dźwięków sygnalizuje intensywność promieniowania.

Jedną z ważniejszych cech licznika jest zależność liczby zliczeń od napięcia przyłożonego do elektrod. Typową zależność prezentuje poniższy wykres.



Rys. 3. Charakterystyka napięciowa licznika Geigera-Müllera...

W zależności od wartości przyłożonego napięcia występują różne procesy fizyczne prowadzące do różnych wielkości impulsu prądowego. Dla napięć małych (na rys.2 do 220V) powstałe w wyniku zjonizowania elektrony i jony dodatnie połączą się (rekombinują), zanim dotrą do elektrod, zatem impuls prądowy jest bliski zera. Dla napięć powyżej pewnego napięcia progowego (na rys.2 od 220 V) jony docierają już do katody i liczba zliczeń zaczyna szybko narastać aż napięcie osiągnie pewną wartość (310 V na rys 2.). Powyżej tej wartości przyrost liczby zliczeń wraz ze wzrostem napięcia jest znacznie wolniejszy. W tym zakresie napięć jony ulegają przyśpieszeniu w polu elektrostatycznym, uzyskując energie umożliwiającą jonizację kolejnych atomów. Powstaje lawina ładunków powodująca gwałtowny impuls prądowy, który zanika po pewnym czasie, zwanym czasem martwym licznika. W czasie martwym kolejna cząstka nie może być zarejestrowana. Obszar ten, nazywany zakresem plateau, rozciąga się do wartości napięcia, powyżej której następuje gwałtowny wzrost liczby zliczeń (na rys.2 to 700V). Przy tak wysokich napięciach dochodzi do wzbudzenia wyładowania ciągłego, które może doprowadzić do zniszczenia licznika.

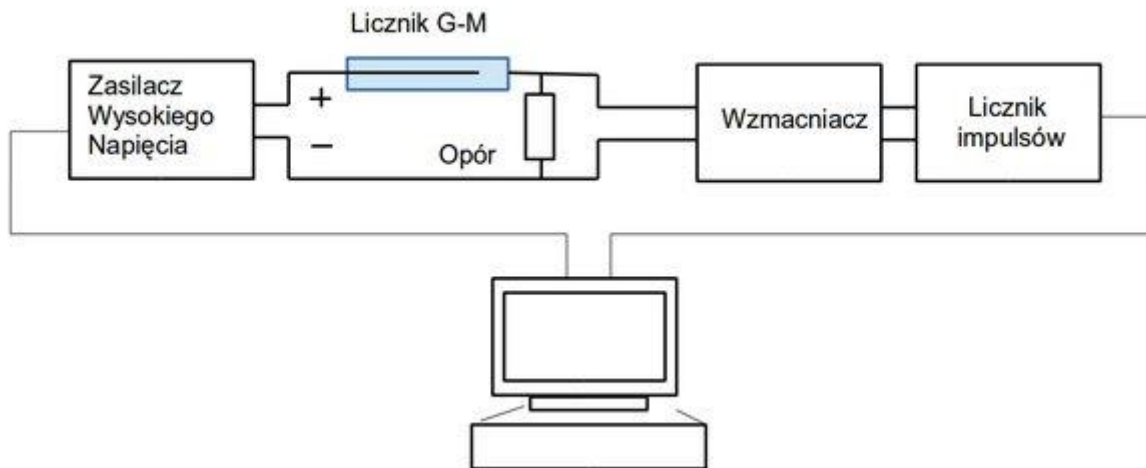
Opis układu pomiarowego

Zestaw pomiarowy do badania licznika Geigera-Müllera składa się z

- sterowanego zasilacza wysokiego napięcia
- wzmacniacza impulsów
- układu zliczającego
- komputera sterującego
- źródła promieniowania jonizującego. Jest nim izotop cezu ^{137}Cs

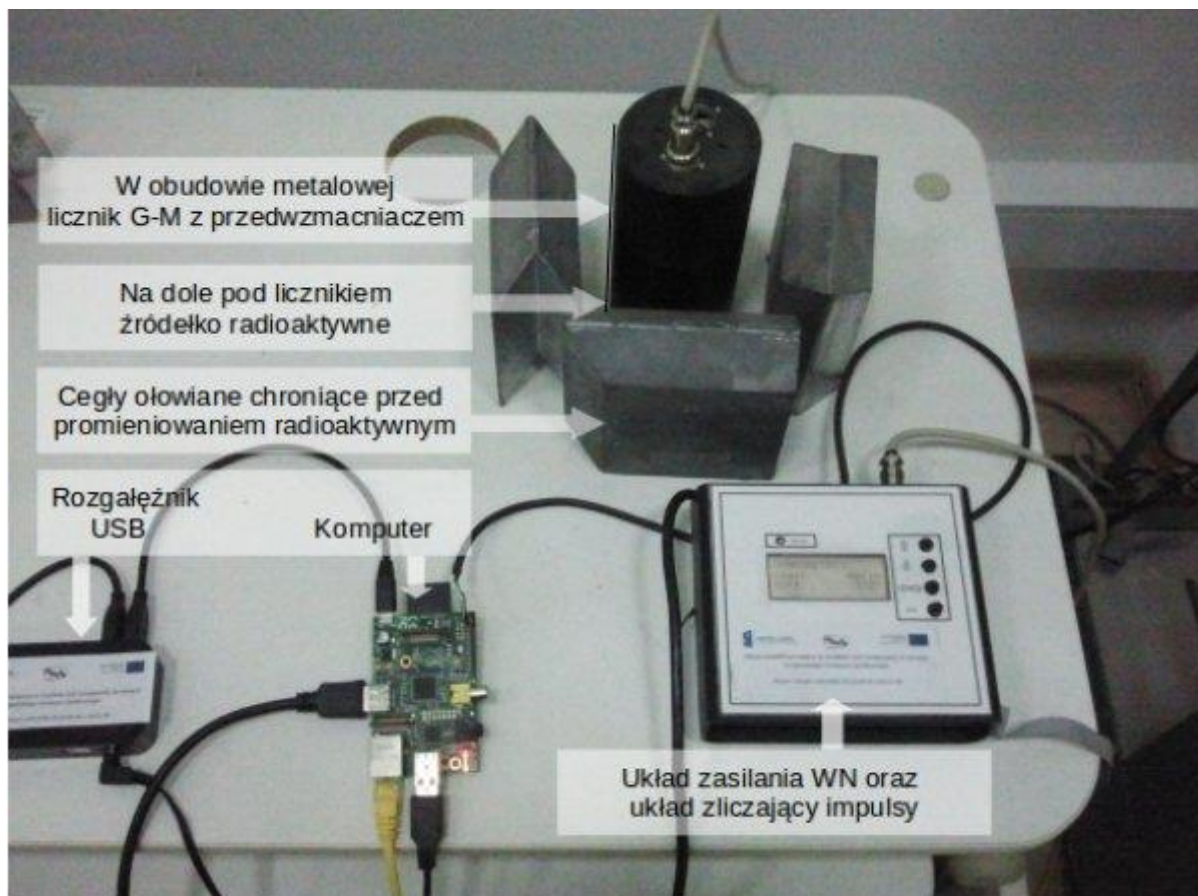
Badany licznik jest typu okienkowego.

Poniższy rysunek ilustruje schemat układu pomiaru charakterystyk napięciowych licznika.



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego.

Układ pomiarowy prezentuje poniższe zdjęcie.



Rys.6. Fotografia układu pomiarowego

Wykonanie ćwiczenia

W celu wykonania charakterystyki licznika G-M, czyli zależności liczby zliczeń od przyłożonego napięcia, musimy zaplanować w jakim zakresie będziemy zmieniać napięcie, ile pomiarów wykonamy i określić czas jednego pomiaru.

Po zalogowaniu się do Laboratorium przyciskiem *Podłącz* wybieramy parametry pomiaru poprzez ustawienie oczekiwanej wartości w odpowiednim okienku. Ustawiamy:

- Napięcie początkowe [V]
- Napięcie końcowe [V]
- Liczbę punktów pomiarowych
- Czas zliczeń dla jednej wartości napięcia [sek]

Wybór liczby punktów oraz czasu zliczeń zależy od dokładności, którą zamierzamy uzyskać oraz od czasu jaki możemy poświęcić na pomiar charakterystyki.

Liczba zliczeń jest wielkością losową. Im większa jest liczba zliczeń, tym mniejszy wpływ fluktuacji statystycznych. Staramy się więc ustawić jak najdłuższy czas pomiaru, uwzględniając oczywiście czas dostępny do wykonania ćwiczenia.

Po naciśnięciu przycisku *Start* rozpoczyna się cykl pomiaru. Komputer sterujący ustawia początkowe napięcie, które po odczekaniu wybranego czasu zliczeń, zmienia o wartość wynikającą z podziału różnicy napięcia końcowego i początkowego przez wybraną liczbę punktów. Poprzez sieć internetową wyniki pomiarów są sukcesywnie przesyłane na komputer użytkownika i wyświetlane w postaci wykresu na ekranie monitora. W dowolnej chwili można przerwać pomiar, zapisać dane na dysku, zmienić parametry i ponownie uruchomić pomiary.

Opracowanie wyników

Po wykonaniu pomiarów zależności liczby impulsów od przyłożonego napięcia robimy wykres tej charakterystyki z uwzględnieniem niepewności pomiarowych. Jako niepewność liczby zliczeń przyjmujemy pierwiastek z tej liczby, zaś za niepewność ustawienia napięcia 2V (jest to maksymalna różnica pomiędzy wartością podawaną przez komputer a wartością zmierzoną woltomierzem cyfrowym o dużej rozdzielczości i dokładności).

Na podstawie analizy charakterystyki wyznaczamy napięcie progowe, minimalne (początek plateau) oraz maksymalne napięcie pracy detektora (przy którym charakterystyka zaczyna wzrastać szybciej niż liniowo) oraz nominalne napięcie pracy (wybiera się je w połowie zakresu napięć w którym charakterystyka jest liniowo zależna od napięcia).