



ĆWICZENIE

3a

LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ

Dobór napięcia pracy detektora Geigera-Müllera

1. Cel ćwiczenia

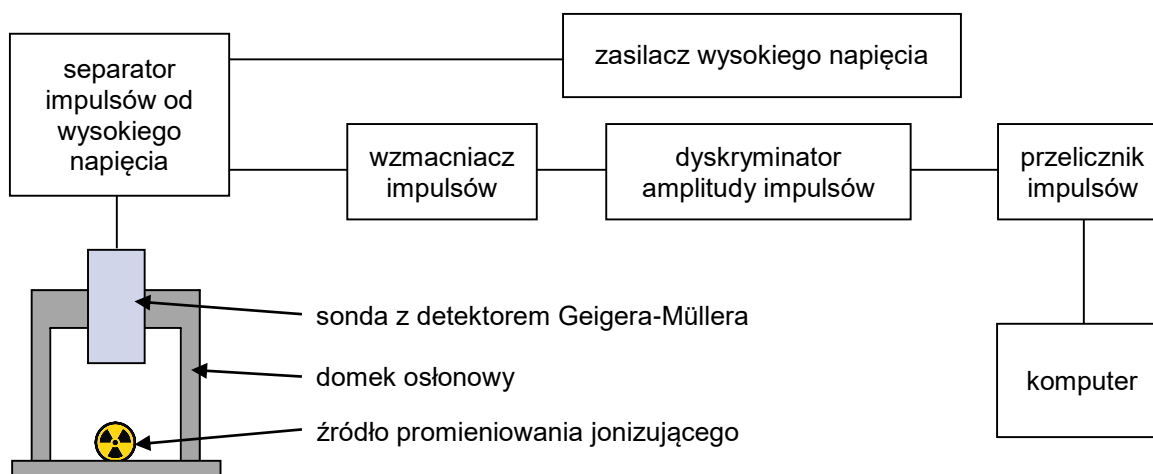
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania detektora Geigera-Müllera, wyznaczenie jego charakterystyki napięciowo-impulsowej i dobór optymalnego napięcia pracy tego detektora.

2. Układ doświadczalny

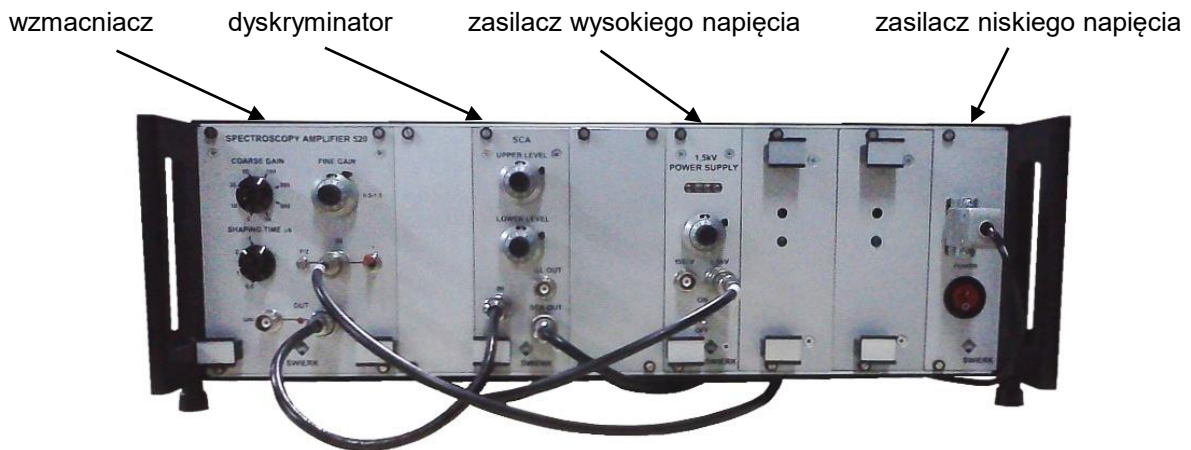
W skład zestawu doświadczalnego wchodzi:

- źródło promieniowania jonizującego,
- domek osłonowy,
- sonda z detektorem Geigera-Müllera typu AOH (z cienkim okienkiem),
- separator oddzielający impulsy z detektora od wysokiego napięcia z zasilacza,
- zasilacz wysokiego napięcia (rys. 2),
- wzmacniacz impulsów (rys. 2),
- dyskryminator amplitudy impulsów (rys. 2),
- przelicznik impulsów z interfejsem USB,
- komputer z programem do obsługi przelicznika.

Wszystkie te elementy zorganizowane są w sposób przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat ideowy aparatury pomiarowej.



Rys. 2. Zestaw zasilająco-wzmacniający.

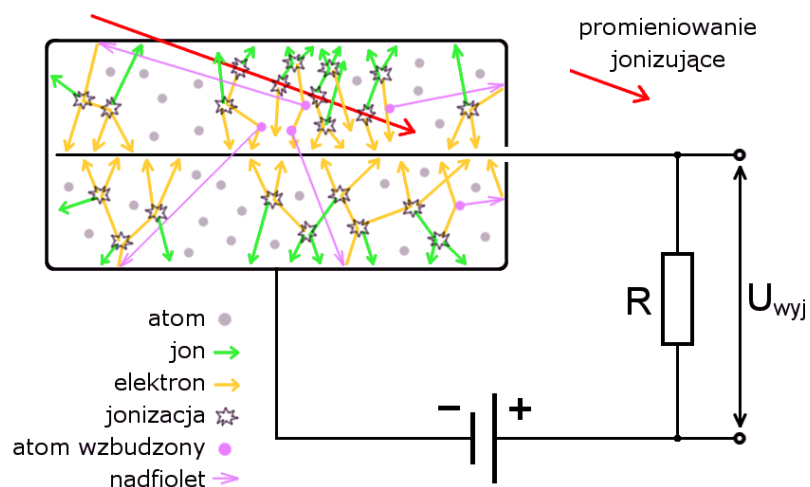
3. Wstęp teoretyczny

1. Opis działania detektora Geigera-Müllera

Detektor Geigera-Müllera jest jednym z typów gazowych detektorów promieniowania jonizującego. Podstawą działania gazowych detektorów jest zjawisko powstawania par jonów podczas przechodzenia promieniowania jonizującego przez gaz wypełniający detektor. Gaz ten (zwykle jednoatomowy gaz szlachetny) znajduje się w przestrzeni pomiędzy katodą (zwykle obudową detektora) a anodą (zwykle w postaci cienkiego drutu wewnątrz komory gazowej), do których podłączone jest odpowiednio wysokie napięcie (rys. 3). Powstałe w gazie jony o przeciwnych znakach są rozchodzą się pod wpływem pola elektrycznego: jony dodatnie do katody, jony ujemne (elektrony) do anody. W zależności od wysokości napięcia dzieją się też inne procesy.

Gdy napięcie jest bardzo małe, jony mogą rekombinować. Gdy jest trochę wyższe, jony rozchodzą się i przez komorę może przepływać prąd (w sposób ciągły albo impulsowo), który świadczy o obecności promieniowania. Prąd ten jest jednak zwykle bardzo mały, dlatego w detektorach Geigera-Müllera korzysta się z procesów, które wzmacniają przepływ prądu.

Pierwszym z tych procesów jest wtórna jonizacja, którą wywołują jony rozpędzane w polu elektrycznym wewnątrz detektora. Gdy jon osiągnie odpowiednio dużą energię kinetyczną, sam staje się cząstką jonizującą i wybija elektrony z napotkanych na swojej drodze atomów gazu.



Rys. 3. Schemat działania detektora Geigera-Müllera.

Drugi z wtórnych procesów to pobudzenie atomów gazu do świecenia (także w nadfiolecie), które również wywołane jest rozprędzonymi jonami. Wzbudzone atomy emitują fotony, które rozchodzą się po wnętrzu komory detektora i wybijają elektrony z jego obudowy. Te wybite elektrony również rozprędzają się w drodze do anody i powodują następne akty jonizacji i wzbudzenia.

Wszystkie te wtórne procesy powodują silne kaskadowe wyładowanie w komorze detektora. W krótkim czasie cały gaz ulega jonizacji i przepływa przez niego silny impuls prądowy, który jest łatwy do zarejestrowania. Ułatwia to opornik dołączony szeregowo do detektora, który zmienia impuls prądowy na napięciowy, bowiem zmiana napięcia na tym oporniku jest proporcjonalna do prądu płynącego przez niego. Każdy taki impuls świadczy o tym, że przez komorę gazową detektora przeleciała cząstka promieniowania jonizującego, która zjonizowała przynajmniej jeden atom gazu.

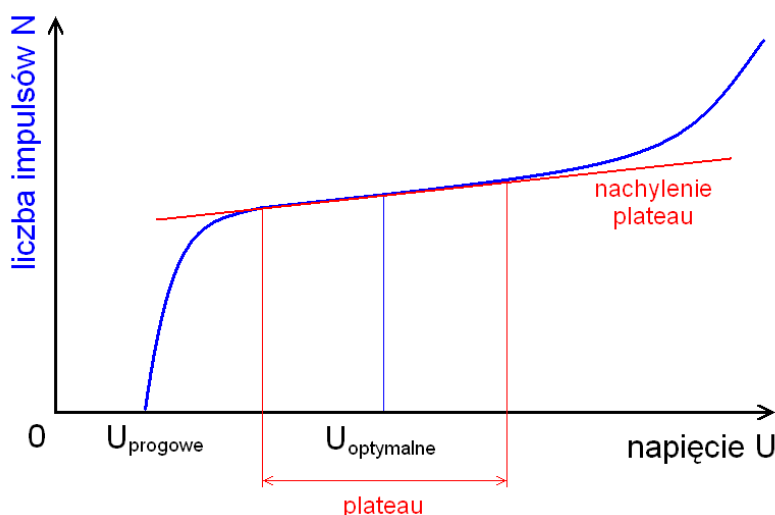
2. Hipoteza

Działanie detektora zależy od przyłożonego napięcia. W ćwiczeniu będzie wykonywana charakterystyka tej zależności (tzw. *charakterystyka napięciowo-impulsowa*) w celu sprawdzenia, czy zgadza się ona z poniższym opisem.

Gdy napięcie jest zbyt małe, żadne impulsy nie są generowane. Dopiero po przekroczeniu pewnego progu napięcia powstają kaskadowe wyładowania i pojawiają się impulsy świadczące o obecności promieniowania jonizującego. Wraz ze wzrostem napięcia wzrasta pole elektryczne w komorze, jony są szybciej rozprędzane i jonizują gaz coraz lepiej, a więc wzrasta także wzmocnienie impulsów. Impulsy powinny być zatem coraz większe, ale przy stałej ilości promieniowania liczba impulsów nie powinna zwiększać się, gdyż każdy impuls świadczy o zarejestrowaniu jednej cząstki.

Niewielki wpływ na liczbę impulsów może mieć fakt, że wraz ze wzrostem wzmocnienia rejestrowane będą także cząstki, które mają małą energię i słabo jonizują gaz. Przy niskim napięciu pojedyncze akty jonizacji mogą nie powodować impulsów, a przy wyższym napięciu już tak.

Drugim czynnikiem wpływającym na liczbę impulsów jest zjawisko spontanicznej jonizacji gazu w silnym polu elektrycznym pod wpływem przypadkowych ruchów poszczególnych atomów gazu. Im większe napięcie, tym większe pole elektryczne i tym większa szansa, że takie dodatkowe impulsy powstaną. W szczególności przy odpowiednio dużych napięciach to właśnie to zjawisko odpowiada za większość impulsów, co utrudnia pomiar promieniowania.



Rys. 4. Charakterystyka napięciowo-impulsowej detektora Geigera-Müllera.

Uwzględniając powyższe czynniki można przewidywać, że istnieje pewien zakres napięć, dla których praca detektora jest najbardziej stabilna, a liczba impulsów nie zmienia się dużo (rys. 4). Ten zakres pracy detektora nazywa się *plateau* (fr. „płaskowyż, równina”), a jego środek można uznać za

optymalne napięcie pracy. Ustawienie takiego napięcia pracy danego detektora pozwala uniknąć dużych pomyłek, gdy na przykład napięcie zasilacza z jakiegoś powodu nie jest stabilne, gdyż nawet duża zmiana napięcia nie spowoduje dużej zmiany liczby impulsów. Taką teoretyczną zmianę wskazań detektora przy zmianie napięcia można zresztą opisać podając nachylenie plateau (np. w procentach na 100 V).

4. Przebieg doświadczenia

⚠ Uwaga! Wszelkie operacje ze źródłami promieniowania przeprowadza obsługa laboratorium!

- A) Włączyć układ pomiarowy zgodnie z dołączonym do niego opisem.
- B) Włączyć komputer, a w nim program do obsługi przelicznika.
- C) ⚠ Otworzyć domek osłonowy, włożyć do niego źródło promieniotwórcze i zamknąć domek.
- D) Uruchomić ciągły pomiar impulsów bez ograniczenia czasu i powoli zwiększać napięcie zasilające detektor aż do momentu, gdy zaczną pojawiać się pierwsze impulsy. Odczytać wartość tego napięcia i zapisać ją jako napięcie progowe U_P . Zatrzymać pomiar impulsów.
- E) Ustawić czas zliczania przelicznika na stałą wartość zgodnie z dołączonym opisem.
- F) Ustawić napięcie zasilania na wartość U_P zaokrągloną w górę do pełnych dziesiątek.
- G) Wykonać trzy pomiary liczby impulsów N , a wyniki zapisać w tabeli wraz z wartością napięcia U .
- H) Ustawić następne napięcie i wykonać kolejne pomiary zapisując wyniki. Pomiary należy wykonać dla wielu różnych wartości napięcia. Zakres napięć, odstęp pomiędzy nimi oraz kolejność wykonywania pomiarów ustalić z obsługą laboratorium.
- I) Po zakończeniu pomiarów obniżyć napięcie do zera i wyłączyć układ pomiarowy zgodnie z dołączonym opisem.
- J) ⚠ Otworzyć domek osłonowy i usunąć z niego źródło promieniotwórcze.
- K) Dla każdego napięcia obliczyć średnią wartość liczby impulsów N_{sr} , po czym wykonać wykres zależności N_{sr} od U . Czy wykres ten jest zgodny z przewidywaniami teoretycznymi? Z czego mogą wynikać ewentualne różnice?
- L) Wybrać na wykresie zakres, który można uznać za plateau i dopasować do niego prostą. Środek tego zakresu można uznać za optymalne napięcie zasilania, które należy zapisać.
- M) Bazując na prostej dopasowanej do plateau obliczyć zmianę liczby impulsów przypadającą na 100 V i podzielić ją przez liczbę impulsów w optymalnym napięciu pracy. Otrzymaną wartość wyrazić w % i zapisać jako nachylenie plateau w %/100 V.