

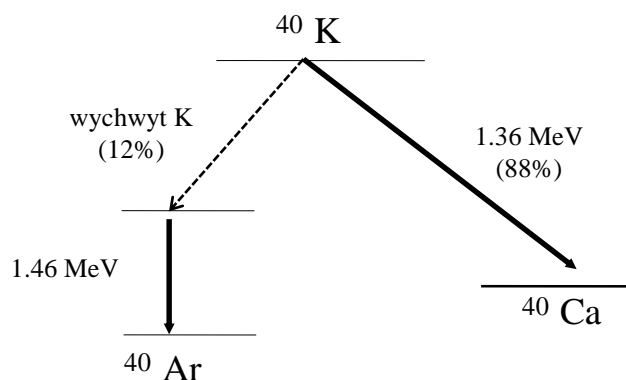
OZNACZANIE OKRESU PÓLROZPADU DLA NUKLIDU  $^{40}\text{K}$ 

## WSTĘP

Naturalny potas stanowi mieszaninę trzech nuklidów:  $^{39}\text{K}$  (93.08%),  $^{40}\text{K}$  (0.012%) oraz  $^{41}\text{K}$  (6.91%). Nuklid  $^{40}\text{K}$  jest izotopem promieniotwórczym, którego półokres rozpadu jest stosunkowo długi. Nuklid ten ulega samorzutnej przemianie promieniotwórczej na jednej z dwóch dróg:

- przemiana  $\beta^-$  z emisją negatonu o maksymalnej energii 1.36 MeV; w wyniku tej przemiany powstaje nuklid  $^{40}\text{Ca}$ , a ulega jej 88% rozpadających się atomów  $^{40}\text{K}$ ,
- przemiana polegająca na wychwyceniu przez jądro jednego elektronu z orbity K (tzw. „wychwyt K”), czemu towarzyszy emisja kwantu promieniowania rentgenowskiego oraz dalsza przemiana na atom argonu  $^{40}\text{Ar}$  z wypromieniowaniem fotonu gamma o energii 1.46 MeV; wychwytowi K podlega 12% rozpadających się atomów  $^{40}\text{K}$ .

Tak więc nuklid  $^{40}\text{K}$  ulegając promieniotwórczemu rozpadowi emituje twarde promieniowanie beta oraz twarde promieniowanie gamma, a ponadto fotony o energii w zakresie rentgenowskim. Rozkład nuklidu  $^{40}\text{K}$  ilustruje następujący schemat:



Oznaczanie półokresu rozpadu dla długowiecznych nuklidów radioaktywnych opiera się na założeniu, że ilość atomów tych pierwiastków można przyjąć praktycznie jako wartość niezmienną w ciągu setek lat. W wyniku tego założenia liczba atomów rozpadających się w ciągu jednostki czasu na jednostkę masy będzie stała (w przeciwieństwie do izotopów krótkożyjących).

Aktywność promieniotwórcza każdego preparatu,  $A$ , równa jest liczbie nuklidów,  $dN$ , ulegających rozpadowi w czasie  $dt$ :

$$A = \frac{dN}{dt} \quad (1)$$

$A$  jest proporcjonalna do do ilości wszystkich nuklidów  $N$ :

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad (2)$$

stała proporcjonalności  $\lambda$  nosi nazwę stałej rozpadu.

Równanie kinetyki rozpadu promieniotwórczego (2) posiada następujące rozwiązanie:

$$\ln \frac{N_0}{N} = \lambda t \quad (3)$$

gdzie  $N_0$  oznacza początkową liczbę nuklidów.

Czas połowicznego rozpadu  $\tau$  jest czasem po którym połowa nuklidów ulegnie rozpadowi:

$$t = \tau \quad \text{gdy} \quad N = N_0/2$$

co po podstawieniu do równania (3) prowadzi do następującego związku pomiędzy dwoma równoważnymi (proporcjonalnymi do siebie) stałymi:  $\tau$  oraz  $\lambda$ .

$$\tau = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (4)$$

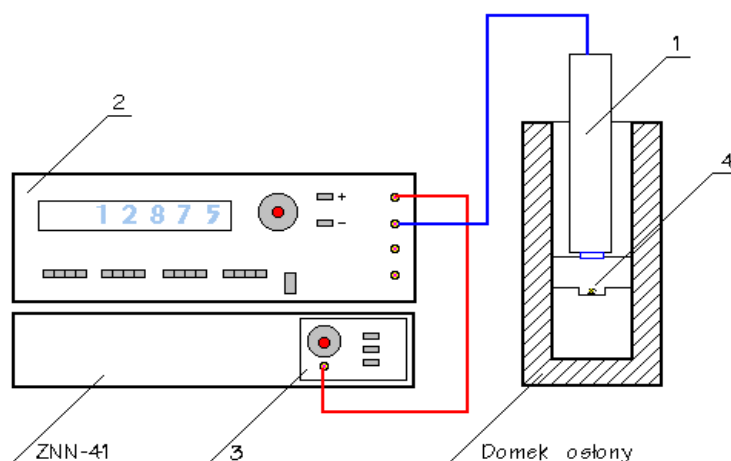
W związku z tym, w celu oznaczeniu okresu połowicznego rozpadu dowolnego długotrwałego izotopu promieniotwórczego, należy zmierzyć bezwzględną liczbę rozpadów w jednostce masy tego czystego nuklidu w ciągu jednostki czasu.

## CEL ĆWICZENIA

1. Zapoznanie się z parametrami pracy licznika Geigera-Müllera i obsługą przelicznika elektronowego.
2. Poznanie sposobu pomiaru radioaktywności oraz zjawiska samoabsorpcji cząstek beta w preparacie.
3. Zaznajomienie się ze sposobem oznaczania bardzo długich półokresów rozpadu promieniotwórczego.
4. Obliczenie okresu połowicznego rozpadu dla  $^{40}\text{K}$ .

## APARATURA

- Okienkowy licznik Geigera-Müllera typu BOH-45, umocowany w sondzie pomiarowej SSU-3W i umieszczony w domku osłonowym.
- Elektronowy licznik impulsów typu PT-72.
- Zasilacz wysokiego napięcia ZWN-21 współpracujący z zasilaczem ZNN-41.



**Rys. 1** Schemat układu pomiarowego. 1- licznik G-M; 2- licznik PT-72; 3- zasilacz wysokiego napięcia; 4- źródło promieniowania.

## ODCZYNNIKI

- Źródło promieniowania  $^{137}\text{Cs}$ .
- KCl (stały).

## WYKONANIE ĆWICZENIA

### I. Wykonanie charakterystyki napięciowej licznika Geigera-Müllera.

Umieścić źródło promieniowania ( $^{137}\text{Cs}$ ) w domku pomiarowym (w uchwycie na poziomie drugim od góry) w odległości 5 mm od okienka licznika. Ustawić pokrętką HT control wartość napięcia na 400V. Włączyć przelicznik, po 100s zapisać wynik. Powtórzyć pomiar jeszcze raz i zapisać wynik. Postępując podobnie, zwiększać wysokie napięcie co 50V i mierzyć ilość impulsów przy napięciach zasilających detektor, aż do 800V. Jako wynik dla każdego napięcia przyjąć wartość średnią z dwóch pomiarów. Następnie wyjąć źródło promieniowania z domku pomiarowego.

Sporządzić wykres szybkości liczenia (imp. /100s) w zależności od przyłożonego napięcia. Wybrać optymalne napięcie pracy licznika Geigera-Müllera według zasady:

$$U_{pracy} = U_{progu} + 100 \text{ V}$$

Zasada ta jest słuszna tylko dla licznika typu BOH -45.

Przy pomocy potencjometru wysokiego napięcia ustawić wybrane napięcie pracy.

## II. Oznaczenie półokresu rozpadu nuklidu $^{40}\text{K}$ .

Określić wielkość jałowego biegu (tła) licznika wykonując pomiar dwa razy po 200s. Odważyć 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8 g KCl. Następnie zmierzyć radioaktywność poszczególnych odważonych próbek KCl umieszczając miseczki w uchwycie na poziomie drugim od góry w domku ołowianym. Pomiary przeprowadzić dwukrotnie po 200s. Wyniki zapisać w tabeli:

masa KCl [g]	impulsy/200s	średnio impulsy/200s	aktywność bez tła impulsy/200s
	1.		
	2.		

### OPRACOWANIE WYNIKÓW

- Wykreślić na papierze milimetrowym krzywą zależności szybkości liczenia od ilości KCl w próbce. Uzyskaną krzywą ekstrapolować do prostej (potrzeba ta wynika z samopochłaniania promieniowania beta w preparacie KCl).
- Określić liczbę cząstek beta przypadającą na 1g KCl w danych warunkach pomiarowych w ciągu 200s, po poprawieniu na samopochłanianie cząstek beta.
- Obliczyć stałą rozpadu oraz półokres zaniku  $^{40}\text{K}$ .

Do obliczeń należy przyjąć, że wydajność licznika w podanych warunkach wynosi 15%, która to poprawka wynika głównie z ograniczonego kąta bryłowego, pod którym licznik rejestruje tylko część wyemitowanego przez próbkę promieniowania. Następnie należy tak poprawioną radioaktywność 1g KCl wyrazić w impulsach na 1 sekundę, dalej przeliczyć ją na 1g czystego potasu, przyjmując, że średnia masa atomowa potasu wynosi 39.1, a masa cząsteczkowa KCl wynosi 74.55.

Dalej przelicza się tę aktywność na jeden gramoatom  $^{40}\text{K}$ . Na tym etapie obliczeń uwzględnia się fakt, że nuklid  $^{40}\text{K}$  jest zawarty w naturalnej mieszaninie izotopów potasu tylko w ilości 0.012%. Po uwzględnieniu tej ostatniej okoliczności otrzymuje się liczbę promieniotwórczych rozpadów jaka zachodzi w jednej sekundzie w jednym gramoatomie czystego nuklidu  $^{40}\text{K}$ . Jest to zatem aktywność  $A$  ze wzoru (2) na stałą rozpadu, w którym  $N$  oznacza wtedy liczbę Avogadro.

Po obliczeniu wartości stałej rozpadu (w  $\text{s}^{-1}$ ) należy obliczyć półokres rozpadu  $T$  dla izotopu  $^{40}\text{K}$  i otrzymany wynik w sekundach przekształcić na wartość liczbową w latach.

Obydwe otrzymane wartości należy porównać z danymi z tablicy pierwiastków promieniotwórczych.

## Dodatek 2.1 - Opis aparatury

1. Licznik Geigera-Müllera, typu BOH-45 jest kielichowym licznikiem cienko-okienkowym przeznaczonym do pomiarów promieniowania beta. Napięcie pracy licznika dobiera się w zakresie tzw. „plateau” licznika, to jest w zakresie, w którym szybkość liczenia cząstek ( $N$ ) z danego źródła beta w stałych warunkach geometrycznych, nie zależy od wielkości przyłożonego napięcia ( $V$ ). Napięcie to może się wahać w zakresie od 300 do 2000V. Dobry licznik Geigera -Müllera powinno charakteryzować długie plateau (ok. 100V), równoległe lub minimalnie nachylone do osi napięciowej na wykresie  $N = f(V)$ .
2. Elektronowy licznik impulsów zlicza impulsy elektryczne przychodzące do licznika Geigera-Müllera, w którym powstają one dzięki zwarciom jonizacyjnym obwodu wywołanym przez poszczególne cząstki lub kwanty promieniowania jądowego.

Przelicznik PT-72 współpracuje z zasilaczem wysokiego napięcia prądu stałego ZWN-21.

Na wejściu przelicznika znajduje się dyskryminator amplitudy impulsów przychodzących z detektora, który przepuszcza tylko impulsy o amplitudzie wyższej od nastawionego progu dyskryminatora. Dzięki niemu nie są liczone różnego pochodzenia „szumy” elektryczne oraz impulsy z detektora o amplitudzie podprogowej.

## Przygotowanie aparatury do pracy

1. Ustawić pokrętkę HT control zasilacza wysokiego napięcia na zero, przełącznik zakresu na 0 - 1000V.
2. Włączyć przelicznik i zasilacze do sieci.
3. Ustawić czas zliczania na 100 s.
4. Przełącznik polaryzacji ustawić na minus.
5. Pokrętkę dyskryminatora ustawić na 0.50 V.
6. Pokrętkę HT control ustawić wymaganą wielkość wysokiego napięcia.
7. Przyciskiem „start” uruchomić przelicznik.

## Wzór tabeli i punktów w opracowaniu

..... <i>Wydział</i>		
..... <i>Kierunek Studia niestacjonarne</i>	..... <i>Imię i Nazwisko studenta</i>	..... <i>Data wykonywania ćwiczenia:</i>
<i>Nr grupy:</i> .....		
<i>Nr zespołu:</i> .....	..... <i>Nr ćwiczenia:</i>	..... <i>Nazwisko Prowadzącego:</i>

1. Temat ćwiczenia:
2. Cel ćwiczenia:
3. Wstęp teoretyczny:
4. Pomiary:
5. Obliczenia:
6. Wykresy:
7. Wnioski:

template

<p>..... <i>Wydział</i> ..... <i>Kierunek</i> <i>Studia stacjonarne/niestacjonarne</i></p>	<p>..... <i>Imię i Nazwisko studenta</i></p>	<p>..... <i>Data wykonywania ćwiczenia:</i></p>
<p><i>Nr grupy:</i> .....</p> <p><i>Nr zespołu:</i> .....</p>	<p>..... <i>Nr ćwiczenia:</i></p>	<p>..... <i>Nazwisko Prowadzącego:</i></p>