

II PRACOWNIA FIZYCZNA – część Pracownia Jądrowa

Ćwiczenie nr 6

Aktywacja neutronowa. Wyznaczanie krzywej aktywacji i półokresu rozpadu izotopów promieniotwórczych srebra Ag

W substancji umieszczonej w strumieniu termicznych neutronów mogą zachodzić reakcje wychwytu radiacyjnego (n,γ). W ich wyniku powstają jądra promieniotwórcze i mówimy o aktywacji jąder. W omawianym ćwiczeniu mamy blaszkę srebrną składającą się z dwóch izotopów srebra – 51,35 % srebra ^{107}Ag i 48,65% srebra ^{109}Ag .

Cel ćwiczenia, opis:

Celem ćwiczenia jest aktywacja jąder izotopów srebra ^{107}Ag do srebra ^{108}Ag oraz srebra ^{109}Ag do srebra ^{110}Ag . Na podstawie zebranych danych z rozpadu jąder promieniotwórczych student ma uzyskać informacje o czasach połowicznego zaniku srebier 108 i 110 oraz przedstawić i przeanalizować krzywą zaniku aktywności próbki zawierającej dwa nuklidy promieniotwórcze oraz krzywą aktywacji $N = N_{\infty}(1 - e^{-\lambda t})$.

Potencjalne zagrożenia, zasady BHP:

- Należy zachować szczególną ostrożność podczas pracy z aktywowaną blaszką srebra.
- **Nie zbliżać się niepotrzebnie do kuli ze źródłem plutonowo –berylowym.**

Praca z prądem elektrycznym:

- Studentowi nie wolno włączać do źródła zasilania obwodu bez zgody prowadzącego zajęcia!
- Wszystkie przyrządy i urządzenia należy stosować zgodnie z ich przeznaczeniem i zasadami ich stosowania (podanymi w instrukcjach obsługi).

INFORMACJE POTRZEBNE DO WYKONANIA I OPRACOWANIA ĆWICZENIA:

Ag-108 nazwiemy długożyciowym o $T_{1/2}=146\text{sek}$;

Ag-110 krótkożyciowym izotopem o $T_{1/2}=24\text{sek}$.

Czas **studzenia** próbki nie mniejszy niż $6 \cdot T_{1/2}({}^{108}\text{Ag}) = 876\text{s} = 14 \text{ min i } 36\text{sek.}$

Czas **aktywacji** próbki do **nasylenia** próbki nie mniejszy niż $6 \cdot T_{1/2}({}^{108}\text{Ag}) = 876\text{s} = 14 \text{ min i } 36\text{sek.}$

$$\log_b a = x \Rightarrow b^x = a$$

$$\ln a = x \Rightarrow e^x = a$$

ln - logarytm naturalny (logarytm Nepera, logarytm hiperboliczny) – logarytm o podstawie $e=2,7182818$, gdzie liczba e zwana jest liczbą Eulera.

Przebieg ćwiczenia

1. Zmierzyć tło przez czas 1000sek.

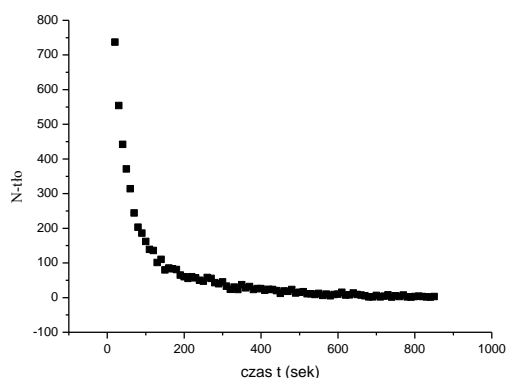
2. Przeprowadzić aktywację blaszki (po upewnieniu się, że minęło ok. 15-18 minut od poprzedniego wyjęcia jej z kuli) umieszczając ją w kuli na czas wskazany przez Prowadzącego zajęcia, np. na $t=6 \cdot T_{1/2}=15\text{min.}$



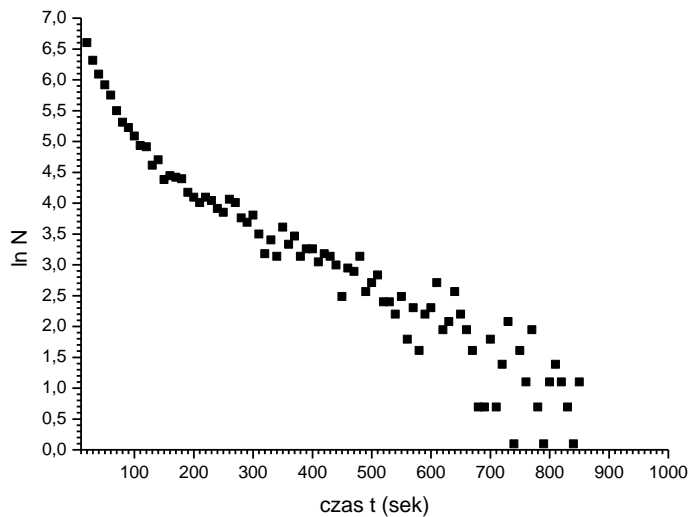
3. Po czasie aktywacji wyjąć blaszkę z kuli i w ciągu 10 sekund przenieść do detektora. Spisywać liczbę zliczeń co 10 sek. do momentu uzyskania liczby zliczeń na poziomie tła (około 1000sek).

4. Powtórzyć proces aktywacji i spisanie liczby zliczeń jak w pkt. 3 dla innych czasów aktywacji podanych przez Prowadzącego zajęcia.

5. Sporządzić wykres w oparciu o dane z punktu 3 (po odjęciu wartości tła dla każdego punktu pomiarowego): $N=f(t)$, N - liczba zliczeń po czasie t od wyjęcia blaszki z kuli.



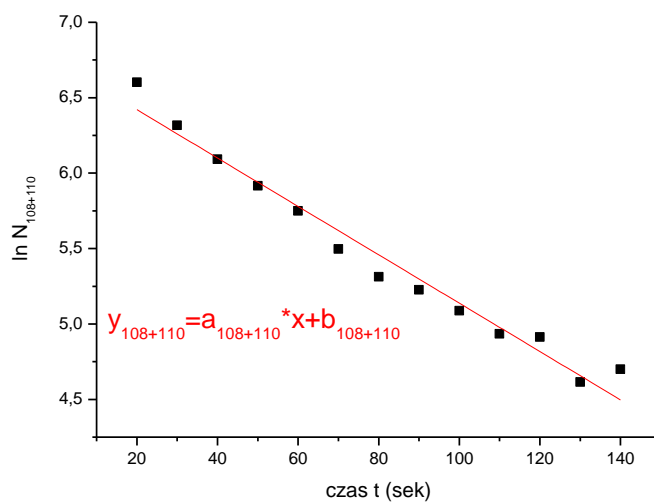
6. Obliczyć $\ln N$ dla N z punktu 3 (po odjęciu tła od wartości N !) i sporządzić wykres $\ln N=f(t)$.



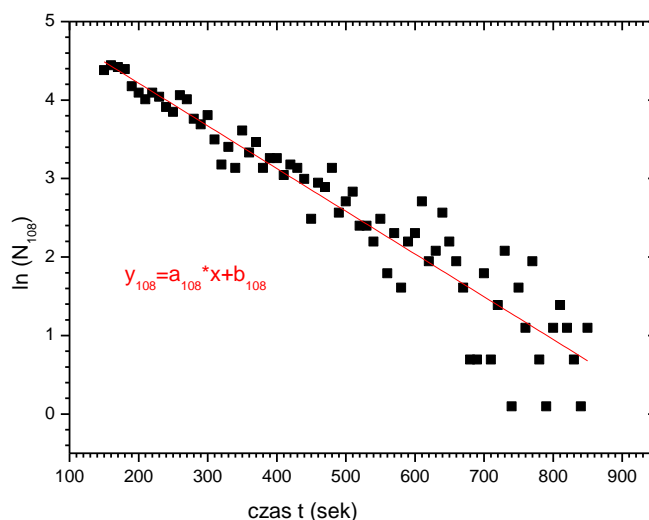
7. Dopasować dwie proste do krzywej na wykresie z punktu 6:

Dopasować proste oznacza znalezienie równań prostych w postaci $y=ax+b$ i ich narysowanie na wykresie z punktami pomiarowymi.

- a) bliższą osi y prostą opisującą rozpad jąder promieniotwórczych obu sreber Ag-108 i Ag 110;



- b) dalszą – rozpoczynającą się po czasie ok. 150 sek. - to prosta opisująca rozpad jąder już tylko srebra Ag-108).



Z prawa rozpadu promieniotwórczego:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ nakładamy } \ln \text{ na obie strony równania}$$

$$\ln(N) = \ln(N_0 e^{-\lambda t})$$

$$\ln(N) = \ln N_0 + \ln(e^{-\lambda t})$$

$$\ln(N) = \ln N_0 - \lambda t \ln(e)$$

$$\ln(e) = 1$$

$$\ln(N) = \ln(N_0) - \lambda t$$

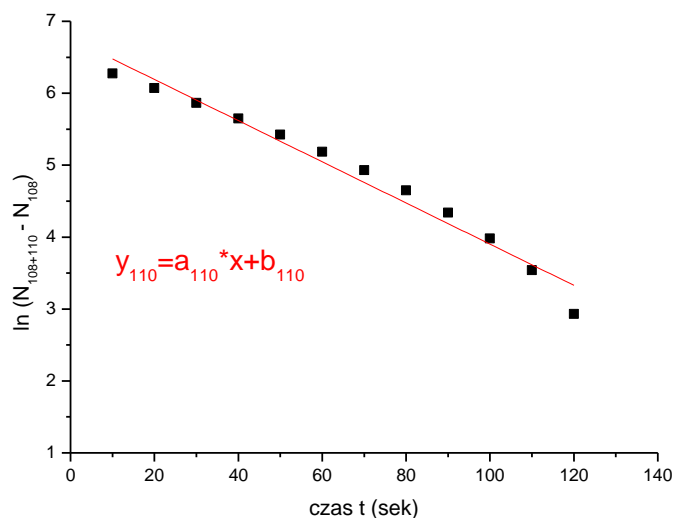
$$\ln(N) = -\lambda t + \ln(N_0)$$

$$y = ax + b$$

$$\text{czyli } x \equiv t, y \equiv \ln(N), a \equiv -\lambda, b \equiv \ln(N_0)$$

8. Na podstawie znajomości równania prostej dla Ag-108 obliczyć: stałą rozpadu λ_{108} , czas połowicznego zaniku $T_{1/2-108}$ srebra długożyciowego oraz liczbę początkową jąder aktywnych N_{0-108} . Porównać wartość $T_{1/2-108}$ eksperymentalnego z wartością teoretyczną podaną na początku instrukcji w sposób: $(x_{\text{teor}} - x_{\text{dośw}}) * 100\% / x_{\text{teor}}$.

9. Dla punktów pomiarowych $t=10\text{sek}$ do $t=120\text{sek}$ (obszar prostej bliższej osi y) obliczyć wartości $y=\ln N_{108}$ na podstawie równania prostej z punktu 7b dla srebra Ag-108, a następnie wartości N_{108} .
10. Dla punktów pomiarowych $t=10\text{sek}$ do $t=120\text{sek}$ (obszar prostej bliższej osi y) obliczyć wartości $y=\ln N_{(108+110)}$ na podstawie równania prostej z punktu 7a, a następnie wartości $N_{(108+110)}$.
11. Oblicz różnicę $N_{(108+110)}-N_{108}=N_{110}$ (czyli zliczenia od obu sreber minus zliczenia od srebra długożyciowego dadzą liczbę zliczeń srebra krótkożyciowego).
12. Zrobić wykres zależności $\ln N_{110}=f(t)$, znaleźć równanie prostej dopasowanej do tych punktów i obliczyć: stałą rozpadu λ_{110} i czas połowicznego zaniku $T_{1/2-110}$ srebra krótkożyciowego. Porównać wartość $T_{1/2-110}$ eksperymentalnego z teoretycznym podanym na początku instrukcji.

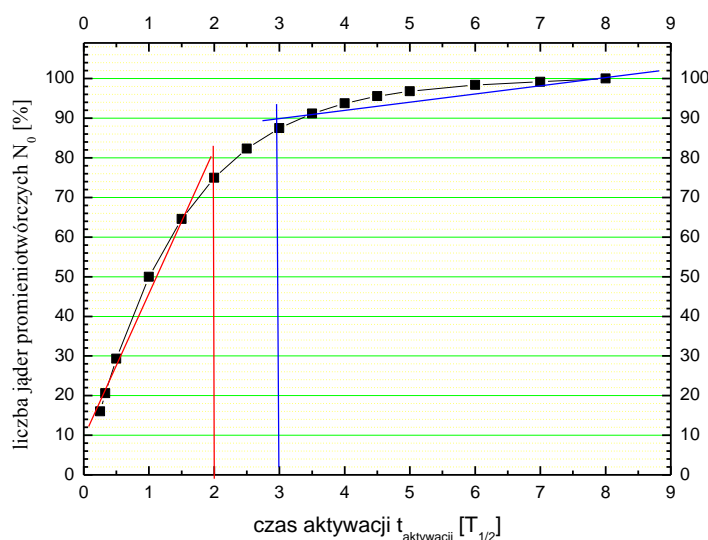


13. Dla pomiarów z punktu 4 zrobić wykresy $\ln(N_{108})=f(t)$ (pamiętać o odjęciu tła!) i do punktów pomiarowych $t \geq 140\text{sek}$ dopasować prostą, znaleźć jej równanie i obliczyć liczbę początkową jąder aktywnych N_{0-108} .
14. Zrobić wykres krzywej aktywacji, czyli zależności $N_{0-108}=f(t_{\text{aktywacji}})$, gdzie N_{0-108} obliczone w poprzednich punktach (8 i 13). Oszacować, jakim był czas aktywacji

oznaczony na zajęciach jako „nieznany” – po „wrzuceniu” wartości N_{0-108} dla tego pomiaru na wykres $N_{0-108}=f(t_{\text{aktywacji}})$.

15. Przedyskutować czy uzyskana krzywa aktywacji ma kształt wynikający z teorii. Sprawdzić, czy wartości N_{0-108} zgadzają się z wartościami teoretycznymi wyliczonymi na podstawie krzywej $N = N_{\infty}(1 - e^{-\lambda t})$. Założyć, że tę krzywą można przybliżyć prostymi:

- jedna prosta dla czasów aktywacji t_{akt} do $2 \cdot T_{1/2}$,
- druga prosta dla czasów aktywacji t_{akt} od $3 \cdot T_{1/2}$ do $8 \cdot T_{1/2}$.



Przyjąć wybraną wartość doświadczalną N_{0-108} jako pewną i obliczyć pozostałe wartości $N_{0\text{-teor}}$ zakładając liniową zależność, np.:

$$N_{0-108} = 53 \text{ zliczeń} \text{ ---- } 20.6\% \quad \text{dla } t_{\text{akt}} = 1/3 \cdot T_{1/2}$$

$$N_{0\text{-teor}} = \text{zliczeń} \text{ ---- } 75\% \quad \text{dla } t_{\text{akt}} = 3/2 \cdot T_{1/2}$$

Wyliczoną wartość x porównujemy z wartością doświadczalną N_{0-108} wyliczoną w pkt. 13, tj.

$$\text{liczymy względną różnicę w procentach: } \frac{N_{0-108} - N_{0\text{-teor}}}{N_{0\text{-teor}}} * 100\%.$$