

Neutronowa analiza aktywacyjna

instrukcja do ćwiczenia nr 1

Cel ćwiczenia

1. Poznanie techniki aktywacyjnej
2. Przeprowadzenie pomiaru aktywności gamma nuklidów wzbudzonych przy użyciu strumienia neutronów ze źródła ^{252}Cf
3. Określenie przekroju czynnego absorpcji neutronów w wybranych materiałach.

Zagadnienia do kolokwium wstępnego

1. Oddziaływanie neutronów z materią
2. Klasyfikacja nazewnictwa neutronów
3. Mechanizmy reakcji jądrowych
4. Aktywność wzbudzona, aktywność nasycenia
5. Spektrometria promieniowania gamma
 - geometria i warunki kalibracji wydajnościowej
 - informacje o aktywności próbki na podstawie widma promieniowania gamma/beta

Literatura

1. Beckurts K.H., Wirtz K.: Neutron Physics. Springer Verlag, 1964.
2. Hrynkiewicz A, Rokita E.: Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska. PWN, Warszawa 1999.
3. Strzałkowski A.: Wstęp do fizyki jądra atomowego. PWN, Warszawa 1978.
4. Dziunikowski B, Kalita S.J.: Ćwiczenia laboratoryjne z jądrowych metod pomiarowych. Skrypt AGH nr 1440, Kraków 1995.
5. England J.B.: Metody doświadczalne fizyki jądrowej. PWN, Warszawa 1980.
6. Firestone R.B (Ed.): Tables of Isotopes. Wiley-Interscience, 1996.

Aparatura

1. Pojemnik ze źródłem neutronowym ^{252}Cf
2. Próbki materiałów wskazanych przez prowadzącego laboratorium
3. Stanowisko spektrometrii promieniowania gamma
 - detektor scyntylicyjny ze scyntylatorem NaI(Tl)
 - analizator wielokanałowy
 - kalibracyjne źródła promieniowania gamma

Przebieg ćwiczenia

1. Próbkę wybranych materiałów zważyć a następnie umieścić w pojemniku ze źródłem neutronowym ^{252}Cf i zanotować aktualną godzinę.
2. Zapoznać się z instrukcjami obsługi poszczególnych elementów układu pomiarowego
3. Uruchomić układ spektrometryczny
 - a) Uruchomić komputer, zalogować się hasłem „pracownia”
 - b) Uruchomić radiometr RUM2
 - Do radiometru podpiąć przewód zasilający
 - Z pulpitu wybrać skrót programu RUM2
 - Postępując zgodnie z instrukcjami pojawiającymi się na poszczególnych kartach – połączyć detektor scyntylacyjny z radiometrem oraz radiometr z komputerem, wybierając typ sondy: **SSU-70** oraz typ połączenia z komputerem: **USB**.
 - Z rozwijanej listy dostępnych urządzeń wybrać jedyne widoczne i zaznaczyć opcję „połącz”
 - Począkać do momentu nawiązania połączenia między radiometrem a komputerem. (Nawiązanie połączenia sygnalizowane jest aktywacją przycisku „dalej” oraz nieaktywną ikoną „połącz”)
 - c) Uruchomić układ pomiarowy
 - W karcie **Wysokie Napięcie** w polu wyboru wartości napięcia wprowadzić 880V, zaznaczyć opcję „włącz zasilacz wysokiego napięcia”, odczekać do momentu, w którym zapali się zielone pole „napięcie stabilne” w oknie programu. Włączenie zasilacza wysokiego napięcia na panelu radiometru sygnalizowane jest zapaleniem się czerwonej diody.
 - W karcie **Nastawy Analogowe** zaznaczyć opcję „zasilacz 24V”. Podanie niskiego napięcia będzie również sygnalizowane na panelu radiometru zapaleniem kolejnej czerwonej diody.
 - Zaznaczając opcję „skanuj ciągle” zyskujemy możliwość oscyloskopowego podglądu kształtu i wysokości impulsów generowanych w układzie detekcyjnym. Należy tak dobrać wartość wzmocnienia sygnału (z rozwijanej listy), aby wysokość maksymalnych impulsów nie wykraczała poza skalę wyświetlania.
 - Należy skorygować wartość poziomu wyzwania, poprzez wpisanie wartości 15 mV – wtedy żółte pole obok wartości powinno zniknąć (zmienić kolor na szary). W przeciwnym wypadku wartość poziomu wyzwania należy zwiększyć.
 - Po odznaczeniu opcji „skanuj ciągle” można przejść do następnej karty: Tryb Pomiaru, gdzie wybieramy rodzaj pomiaru: „z pomiarem histogramu”
 - W karcie Histogram należy ustawić:
 - Filtrowanie impulsów do kanału 100 (tak, aby rejestrowane były impulsy mieszczące się w kanałach od 100 do 4096;
 - Rezygnację z pomiaru ciągłego na rzecz 1 serii pomiarowej trwającej 1h;

- Zaznaczenie opcji „odrzucanie sklejonnych impulsów”
 - Włączyć domyślne skalowanie energii;
 - Kliknąć przycisk „Zastosuj”
4. Przeprowadzić pomiar wydajności układu spektrometrycznego
 - a) Kalibracyjne źródła ^{54}Mn i ^{60}Co umieścić naprzeciw scyntyлятора
 - b) Przeprowadzić akwizycję widma promieniowania gamma w ciągu 1 godziny
 - c) Przejsć do zakładki Histogram amplitud (na górze karty) i rozpocząć pomiar, poprzez naciśnięcie przycisku „Start”
 - d) Zanotować liczbę zliczeń w poszczególnych fotopikach widocznych na widmie przy energiach ^{54}Mn : 834,8 keV oraz ^{60}Co : 1173,2 keV, 1332,5 keV.
 - e) Zapisać widmo w formacie CSV umożliwiającym odczyt w dowolnym edytorze tekstu lub arkusza kalkulacyjnym.
 - f) Ustalić bieżącą aktywność użytych źródeł kalibracyjnych na podstawie ich czasów półzaniku oraz danych na dzień produkcji.
 5. Zapoznać się z naturalnym składem izotopowym badanych próbek.
 6. Zapoznać się z reakcjami jądrowymi zachodzącymi w badanych próbkach pod wpływem neutronów powolnych oraz z wartościami przekrojów czynnych na absorpcję neutronów powolnych w zależności od energii neutronów.
 7. Wskazać izotopy powstające w wyniku aktywacji.
 8. Zapoznać się z procedurą określania aktywności wzbudzonej w wyniku ekspozycji na strumień neutronów.
 9. Po około 2 godzinach wyjąć badane próbki z pojemnika ze źródłem neutronowym i włączyć stoper w celu zmierzenia czasu pomiędzy końcem aktywacji a początkiem pomiaru (tzw. czasu schładzania).
 10. Przeprowadzić pomiar aktywności wzbudzonej w badanych próbkach. Widma poszczególnych próbek rejestrować przez co najmniej 0,5h.
 11. Po zakończeniu pomiarów spektrometrycznych należy:
 - Odłączyć napięcie 24V (w karcie Nastawy Analogowe),
 - Odłączyć wysokie napięcie (w karcie Wysokie napięcie),
 - Przyciskiem „wstecz” przejść do karty, w której ustanawiane było połączenie radiometru z komputerem i wybrać opcję „rozłącz”,
 - Zamknąć program RUM2,
 - Odłączyć sieciowe zasilanie radiometru oraz połączenie USB radiometru z komputerem.

Opracowanie wyników

1. Obliczyć wydajność układu spektrometrycznego dla energii ~850 keV oraz ~1300 keV wykorzystując zanotowaną liczbę zliczeń z pomiaru źródeł kalibracyjnych oraz aktywności tych źródeł.
2. Na podstawie liczby zliczeń na zarejestrowanych widmach badanych próbek obliczyć aktywność wzbudzoną w badanych próbkach uwzględniając wydajność układu spektrometrycznego, obliczoną w punkcie 1.
3. Obliczyć aktywność nasycenia wywołaną przez neutrony powolne uwzględniając czas aktywacji, czas schładzania i czas pomiaru.

4. Obliczyć stosunek przekrojów czynnych na wychwyt neutronów powolnych przez aktywowane materiały.
5. Oszacować niepewność otrzymanego wyniku i wskazać jej dominujący czynnik.
6. Sformułować wnioski.

Przydatne wzory:

1. Aktywność nasycenia

$$A_{\text{sat}} = \frac{\lambda \cdot N}{\varepsilon \cdot (1 - e^{-\lambda t_{\text{irr}}}) \cdot (1 - e^{-\lambda t_{\text{m}}}) \cdot e^{-\lambda \Delta t}}$$

N – liczba zliczeń na zarejestrowanym widmie

λ – stała rozpadu

ε – wydajność układu spektrometrycznego

t_{irr} – czas naświetlania próbki strumieniem neutronów

t_{m} – czas pomiaru aktywności wzbudzonej w próbce

Δt – czas schładzania

2. Zależność aktywności wzbudzonej od przekroju czynnego na wychwyt neutronów

$$A_{\text{sat}} = \sigma \cdot \phi \cdot N_{\text{T}}$$

N_{T} – liczba atomów izotopu wychwytyjącego neutrony (podlegającego aktywacji)

σ - przekrój czynny na wychwyt neutronów powolnych

ϕ - strumień neutronów powolnych