

Wyznaczanie dawki pochłoniętej w fantomie tkanki

Instrukcja do ćwiczenia nr 1

Cele ćwiczenia

1. Zaznajomienie się z aparaturą stosowaną w dozymetrii promieniowania jonizującego.
2. Poznanie wielkości i jednostek stosowanych w dozymetrii promieniowania jonizującego oraz zależności między nimi.
3. Zapoznanie się z wpływem promieniowania jonizującego na organizmy żywe.

Zagadnienie do kolokwium wstępnego

- Wielkości stosowane w dozymetrii promieniowania jonizującego (SI i pozaukładowe).
- Wpływ napromieniania jonizującego na organizmy żywe.
- Metody pomiaru aktywności.
- Sposoby detekcji promieniowania jonizującego i mierniki stosowane w dozymetrii.
- Podstawy spektrometrii promieniowania gamma i zasada działania wielokanałowego analizatora widma.

Sprzęt

- Sonda scyntylicyjna SSU-70-2 z kryształem NaI(Tl),
- Układ spektrometryczny: radiometr RUM2, interfejs USB, dedykowane oprogramowanie komputerowe do sterowania torem pomiarowym, akwizycji i analizy widm,
- Ołowiowy domek osłonowy,
- Zestaw źródeł promieniotwórczych,
- Fantom z plexi imitujący tkankę miękką, kość.

Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznać się z aparaturą stosowaną w ćwiczeniu:
 - Zaznajomić się z opisem radiometru RUM2 (instrukcja użytkownika dostępna w pracowni),
 - Określić funkcjonalność poszczególnych gniazd wtkowych dostępnych na przednim panelu radiometru,
 - Ustalić różnice pomiędzy omawianym układem spektrometrycznym, a zestawem zawierającym jednokanałowy analizator amplitudy i przelicznik (wykorzystywany np. w ramach II pracowni fizycznej).
2. Uruchomić tor spektrometryczny:
 - a) Podłączyć zasilanie radiometru RUM2,
 - b) Radiometr RUM2 za pomocą kabla USB połączyć z komputerem,
 - c) Uruchomić komputer (hasło: *pracownia*),
 - d) Uruchomić radiometr RUM2
 - Z pulpitu wybrać skrót programu RUM2

- Postępując zgodnie z instrukcjami pojawiającymi się na poszczególnych kartach – połączyć detektor scyntylicyjny 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”
 - Począć do momentu nawiązania połączenia między radiometrem a komputerem. (Nawiązanie połączenia sygnalizowane jest aktywacją przycisku „dalej” oraz nieaktywną ikoną „połącz”)
- e) 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 wyzwalania, poprzez wpisanie wartości 15 mV – wtedy żółte pole obok wartości powinno zniknąć (zmienić kolor na szary). W przeciwnym wypadku wartość poziomu wyzwalania 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 15 minut – oznacza to, że **każdy pomiar trwać będzie 15 minut**.
 - Zaznaczenie opcji „odrzućanie sklejonnych impulsów”
 - Włączyć domyślne skalowanie energii;
 - Kliknąć przycisk „Zastosuj”
3. Dokonać pomiaru naturalnego tła promieniotwórczego.
4. Po zakończeniu pomiaru (15 minut) widmo zapisać w formacie CSV, który umożliwia odczyt danych w dowolnym edytorze tekstu lub arkuszu kalkulacyjnym.

5. Wskazane źródło promieniotwórcze ustawić na wprost detektora, a następnie dokonać pomiaru widma jego promieniowania gamma. Plik wynikowy zapisać jak w punkcie 4.
6. Pomiedzy źródłem a detektorem umieścić badany fantom (plexi) i powtórzyć pomiar widma. Plik wynikowy zapisać jak w punkcie 4.
7. Wymienić źródło promieniotwórcze na inne wskazane przez asystenta i powtórzyć czynności z punktów 5-6.
8. Powtórzyć czynności z punktów 5-7 z użyciem innego fantomu.
9. Na podstawie charakterystyki źródeł (schematy przemian promieniotwórczych) i danych producenta określić aktywności (A_0) źródeł stosowanych w ćwiczeniu.
10. Na podstawie schematów przemian promieniotwórczych wykorzystywanych źródeł określić energie fotonów gamma przy których występują fotopiki obserwowane na zarejestrowanych widmach. Są to energie, dla których określane będą współczynniki pochłaniania w badanych fantomach.
11. Dokonać 5-krotnego pomiaru grubości (d) badanych fantomów.
12. 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

Dla każdego badanego źródła oraz każdego fantomu osobno:

1. Obliczyć wartości średnie: I_t , I_0 , I .
2. Obliczyć aktywność równoważną (ekwiwalentną) ze wzoru:

$$A = A_0 \cdot \frac{I - I_t}{I_0 - I_t},$$

gdzie: I – szybkość zliczeń impulsów ze źródła przesłoniętego fantomem,
 I_t – szybkość zliczeń impulsów pochodząca od tła,
 I_0 – szybkość zliczeń impulsów ze źródła nieosłoniętego,
 A_0 – aktywność zastosowanego źródła wskazana przez asystenta.

3. Obliczyć różnicę dawek ekspozycyjnych korzystając ze wzoru:

$$\Delta X = K \cdot \frac{(A_0 - A) \cdot t}{d^2},$$

gdzie: t – czas ekspozycji,
 d – grubość badanego fantomu,
 K – stała jonizacyjna.

izotop	stała jonizacyjna [(C/kg × m ²)/(Bq × s)]
²² Na	$2,574 \times 10^{-11}$
⁵⁴ Mn	$0,990 \times 10^{-11}$
⁶⁰ Co	$2,651 \times 10^{-11}$
⁶⁵ Zn	$0,640 \times 10^{-11}$
¹³⁷ Cs	$0,729 \times 10^{-11}$

4. Obliczyć dawkę pochłoniętą przez fantom tkanki, korzystając z przybliżonej relacji:

$$D = \left(33,6 \frac{\text{Gy}}{\text{C / kg}} \right) \cdot \left(\frac{\mu_{\text{fantomu}}}{\mu_{\text{powietrza}}} \right)_E \cdot \Delta X$$

gdzie μ – liniowe współczynniki pochłaniania fotonów γ o energii E.

Wartości masowych współczynników absorpcji (w funkcji energii E) oraz gęstości absorbentów można znaleźć np. na stronie: <http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>

Wnioski

1. Wskazać czynniki, które wpływają na wielkość dawki zaabsorbowanej przez tkankę.
2. Przedyskutować metody minimalizowania dawek promieniowania jonizującego.

Literatura

- J. Grzesik (red.): Biofizyka lekarska. Skrypt ŚAM, Katowice 1994.
- W. Łobodziec: Dozymetria promieniowania jonizującego w radioterapii. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999.
- Strzałkowski: Wstęp do fizyki jądra atomowego, PWN, Warszawa 1978.
- A.Z. Hrynkiewicz (red.): Człowiek i promieniowanie jonizujące. PWN, Warszawa, 2003.
- J. Araminowicz: Laboratorium fizyki jądrowej, PWN, Warszawa 1984.
- T. Mayer-Kuckuk: Fizyka jądrowa, PWN, Warszawa 1987.
- J. England: Metody doświadczalne fizyki jądrowej, PWN, Warszawa 1980.