

## Pomiar aktywności właściwej izotopu $^{137}\text{Cs}$ w suszonych grzybach

### 1. Wstęp

Celem tego doświadczenia było zbadanie aktywności właściwej izotopu  $^{137}\text{Cs}$  zawartego w suszonych grzybach, a także oszacowanie masy grzybów, którą musiałby zjeść człowiek, aby pochłonięta dawka promieniowania  $^{137}\text{Cs}$  była równa górnej granicy normy.

### 2. Wprowadzenie teoretyczne

Rozważmy układ przedstawiony na rys. 1. W wyniku rozpadu  $^{137}\text{Cs}$  do  $^{137}\text{Ba}$  w grzybach (znajdujących się w układzie jako próbka), zostają m. in. wyemitowane kwanty gamma. Te wpadają do scyntylatora. W scyntylatorze podlegają one dwóm zjawiskom: zjawisku fotoelektrycznemu, oraz Comptona. W wyniku zj. fotoel. kwant gamma zostaje pochłonięty, a wyemitowane zostają kwanty X oraz wybity zostaje elektron. W wyniku zj. Comptona kwant gamma traci część energii na wybitcie elektronu, po czym obydwaj z nich powodują dalsze "reakcje" w scyntylatorze (bądź też kwant gamma "ucieka" z detektora). Natomiast elektrony pobudzają kryształki NaI, te zaś wpadają już do fotopowielacza, który wielokrotnie zwiększa intensywność wiązki, ta zaś ostatecznie dociera do anody. Sygnał z anody jest wzmacniany we wzmacniaczu, po czym zamieniany jest na sygnał cyfrowy w przetworniku ADC. Sygnał cyfrowy jest rejestrowany przez komputer.



Cały układ ma charakterystykę liniową względem energii rejestrowanych kwantów gamma, zatem można dzięki niemu badać energię rozpadów, a nie tylko ich liczbę.

Przez układ pomiarowy nie są rejestrowane wszystkie rozpady  $^{137}\text{Cs}$ , a tylko te, które wpadają do scyntylatora. Nietrywialnym problemem staje się zatem kwestia wydajności geometrycznej (a także energetycznej) układu.

Nie wdając się w szczegóły (omówione w skrypcie) można powiedzieć, że zachodzi następująca zależność [1]:

$$I = \int_V A_w \varepsilon(h, r) dm = A_w \frac{M}{V} \int_V \varepsilon(h, r) dV$$

gdzie:  $I$  - intensywność kwantów pochodzących z próbki i zarejestrowanych przez detektor,  $A_w$  - aktywność właściwa próbki,  $V$  - objętość próbki,  $E(r,h)$  - funkcja (o nieznanym teoretycznie postaci) wydajności rejestracji promieniowania ze źródła punktowego o współrzędnych  $r$  i  $h$ . Zachodzi również zależność [2]:

$$\varepsilon(h,r) = \frac{I}{I_0}$$

gdzie:  $I$  - intensywność kwantów emitowanych przez źródło punktowe,  $I_0$  - intensywność kwantów zarejestrowanych w pikcie pełnej energii.

### 3. Układ doświadczalny

Układ doświadczalny nie odbiegał od tego, który został schematycznie przedstawiony na rysunku 1. Do zbierania i częściowej analizy danych na komputerze wykorzystałem program COALA.

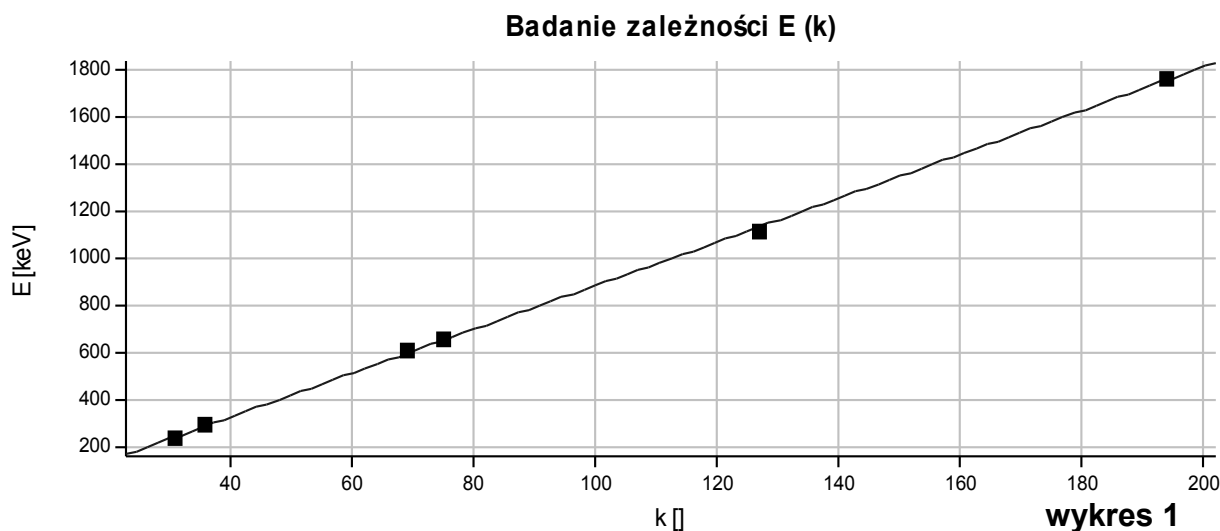
### 4. Przebieg doświadczenia

Najpierw zmierzyłem widmo radzieckiego zegarka z izotopem  $^{226}\text{Ra}$ , po czym dokonałem pomiarów intensywności promieniowania próbki zawierającej "czysty"  $^{137}\text{Cs}$  dla różnych położań  $(r,h)$  próbki. Po tych pomiarach zmierzyłem widmo grzybów, a także widmo promieniowania tła. Na koniec zmierzyłem wymiary i masę pojemnika z grzybami oraz samych grzybów.

### 5. Wyniki

#### 5.1 Kalibracja

Na podstawie pomiaru widma  $^{137}\text{Cs}$  oraz  $^{226}\text{Ra}$ , oraz znajomości wartości energii ich pików udało mi się skalibrować układ, tzn. dokonać dopasowania zależności liniowej  $E = a \cdot k + b$ , zamieniającej nr. kanału  $k$  na energię kwantu rejestrowaną w tym kanale. Wykres 1 przedstawia dopasowanie prostej najmniejszych kwadratów.



Otrzymałem następujące wartości współczynników:

$$a = (9.267 \pm 0.081) \text{ keV}$$

$$b = -39.5 \pm 8.5$$

## 5.2. Intensywność prom. $^{137}\text{Cs}$ dla grzybów

W widmie próbki grzybów odnalazłem pik odpowiadający energii rozpadu  $^{137}\text{Cs}$ . Liczbę zliczeń w tym pikie policzyłem poprzez dopasowanie krzywej Gaussa do pików po odjęciu wpierw odeń tła. Podzieliwszy liczbę zliczeń w tym pikie przez czas pomiaru otrzymałem intensywność:  $I = (1.591 \pm 0.093) \text{ Bq}$

## 5.3 Wyznaczanie wydajności

\* Aktywność próbki cezu w roku 1988 wynosiła 134 kBq. Ponieważ dla  $^{137}\text{Cs}$   $T_{1/2} = 30.17$  lat, to aktywność  $^{137}\text{Cs}$  w chwili pomiaru wynosiła około  $A = 84.25 \text{ kBq}$ .

\* dla pomiarów intensywności  $I$  w funkcji  $(h,r)$  otrzymałem następujące wyniki:

dla  $r = (0 \pm 0.1) \text{ cm}$ :

| $h \text{ [cm]}$ | $I \text{ [Bq]}$ |
|------------------|------------------|
| 0                | 570.487          |
| 1.5              | 192.805          |
| 2.8              | 102.095          |
| 5.8              | 44.429           |

dla  $r = (1.3 \pm 0.1) \text{ cm}$ :

| $h \text{ [cm]}$ | $I \text{ [Bq]}$ |
|------------------|------------------|
| 0                | 426.205          |
| 1.5              | 199.145          |
| 5.8              | 41.5             |

dotychczasowy pomiar:  $I = 479.38 \text{ Bq}$   
dla  $r = (0.6 \pm 0.1) \text{ cm}$ ,  $h = 0 \text{ cm}$

wszystkie pomiary: błąd  $h = 0.1 \text{ cm}$ , błąd  $I = \text{ok. } 5\%$ .

Najlepiej pasującą funkcją do tych punktów okazała się być  $E(h) = 1/(a \cdot h^2 + b \cdot h + c)$ , gdzie  $a = 37.173 \text{ 1/cm}^2$ ,  $b = 118.762 \text{ 1/cm}$ ,  $c = 170.772$ , zaś zależność  $E(r)$  daje się dość dobrze przybliżyć zależnością liniową. Ostatecznie więc (po analitycznym wycałkowaniu):

$$\int_V \varepsilon(h,r) dV = (0.992 \pm 0.069) \text{ cm}^3$$

Pojemnik z grzybami miał masę  $M = (66.3 \pm 0.1) \text{ g}$ , symetrię (w dobrym przybliżeniu) walcową, promień  $r = (5.7 \pm 0.1) \text{ cm}$ , wysokość  $(5.0 \pm 0.1) \text{ cm}$ .

Przekształcając wzór [1] otrzymuję ostatecznie wartość aktywności własnej badanej próbki:  $A_w = 12332 \text{ Bq/kg}$ .

Dla  $^{137}\text{Cs}$  wartość dawki granicznej (ALI) dla osób nie związanych zawodowo z promieniowaniem wynosi 80 kBq. Zatem, aby wchłonąć graniczną dawkę promieniowania, należałoby skonsumować ok. 6.7 kg suszu grzybowego, czyli ok. 200 kg grzybów.