

## BADANIE ROZPADU PROMIENIOTWÓRCZEGO

Cel doświadczenia: Wyznaczenie promieniotwórczości tła.  
Wyznaczenie absorpcji promieniowania radioaktywnego.

Przyrządy: Zestaw komputerowy z interfejsem, czujnik promieniowania jonizującego, słabe źródło radioaktywne.

Zagadnienia: radioaktywność.

Literatura: S5.2 (69-86), JD3 (17), HS (29.0, 29.1), statystyczne rozkłady wyników pomiarowych HS (1.3).

### 1. Wprowadzenie

Promieniowanie jonizujące wywołuje jonizację ośrodka materialnego, w którym się rozchodzi. Własności takie ma promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie radioaktywne  $\alpha$ ,  $\beta$ , i  $\gamma$ , oraz promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie bliskiego ultrafioletu. Energię promieniowania jonizującego mierzymy w dżulach (J). Dla wygody wprowadza się pewne dodatkowe wielkości fizyczne:

**Aktywność promieniotwórcza** źródła  $A$  jest równa liczbie rozpadów na sekundę:

$$A = -dN \frac{(t)}{dt} = \lambda N(t) \quad (1)$$

gdzie  $N(t)$  to liczba jąder atomowych materiału promieniotwórczego, które w chwili czasu  $t$  nie uległy jeszcze rozpadowi, a  $\lambda$  to stała rozpadu promieniotwórczego opisująca jaka część jąder rozpada się w jednostce czasu, czyli szybkość rozpadu promieniotwórczego. Aktywność promieniotwórczą wyraża się w *bekkerelach* (Bq) (1 Bq = 1 rozpad na 1 sekundę) lub w *kiurach* Ci (1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  rozpadów na 1 sekundę =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq).

**Dawką ekspozycyjną** nazywamy zdolność wiązki promieniotwórczej do dostarczenia energii materiałowi przez, który ona przechodzi. Jej jednostką jest *rentgen* (R). Jeden rentgen

dostarcza jednemu kilogramowi suchego powietrza w warunkach normalnych 8.78 mJ energii. Dawniej rentgen definiowano jako dawkę, która w 1 cm<sup>3</sup> suchego powietrza w warunkach normalnych wytwarza jony każdego znaku o całkowitym ładunku jednej jednostki elektrostatycznej. Dawka ekspozycyjna charakteryzuje energię traconą przez wiązkę, co nie oznacza, że energia ta zostaje zaabsorbowana w ośrodku.

**Dawką zaabsorbowaną** (rzeczywiście) przez dany materiał mierzy się w *grejach* (Gy). Dawka energii zaabsorbowana jest równa 1 Gy, jeżeli 1 kg obiektu pochłania energię 1 J. Stosuje się nadal jednostkę pozaukładową: 1 R = 0.01 Gy.

W medycynie i w biologii stosuje się **równoważnik dawki ekspozycyjnej**, którego jednostką jest *silwert* (Sv). Przy definiowaniu tej wielkości uwzględnia się różnice w działaniu biologicznym różnych rodzajów promieniowania jonizującego. W celu uzyskania równoważnej dawki ekspozycyjnej mnoży się dawkę w grejach przez współczynniki względnej efektywności biologicznej. Te współczynniki są podawane w tablicach; dla promieniowania gamma i elektronów są w przybliżeniu równe jedności, a dla promieniowania alfa około 10. Stosowana jest jednostka pozaukładowa 1 REM = 0.01 Sv.

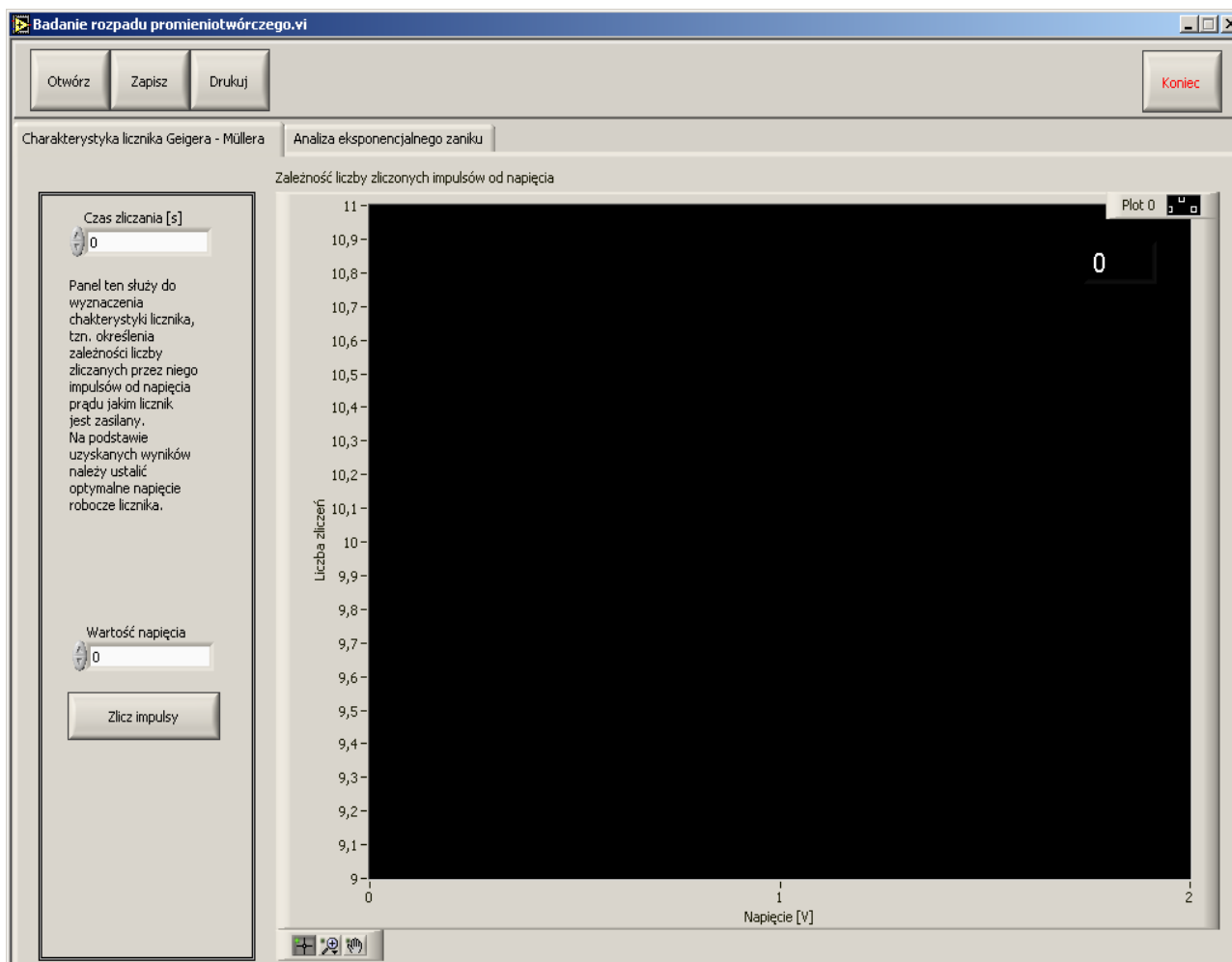
Stosowane w doświadczeniu źródło ma tak małą aktywność, że nie zagraża zdrowiu eksperymentatora.

## 2. Doświadczenie

W doświadczeniu korzystamy z licznika Geigera – Müllera (G-M), tablicy pomiarowej, woltomierza, komputera z zainstalowaną kartą pomiarową oraz z oprogramowania pomiarowego pracującego w środowisku LabView. Czujnik, którego częścią jest licznik G-M znajduje się w obudowie z przewodami do połączeń z tablicą pomiarową. Sam licznik G-M jest umieszczony w przedniej krawędzi obudowy i ma powierzchnię przekroju poprzecznego równą około 1.5 cm<sup>2</sup>. W tylnej części obudowy czujnika znajduje się potencjometr regulujący napięcie zasilające w granicach od 300 V do 800 V. Po prawej stronie znajduje się pokrętło potencjometru, a po lewej zacisk pozwalający podłączyć do czujnika woltomierz o bardzo dużym oporze wejścia. Licznik dostosowany jest do pomiaru promieniowania  $\beta$  i  $\gamma$ .

**Wyznaczenie charakterystyki licznika Geigera – Müllera.** Czulość licznika G-M zależy od napięcia zasilającego jakie jest do niego przyłożone. Dlatego w pierwszym kroku doświadczenia konieczne jest określenie napięcia roboczego, tj. napięcia dla którego czulość ta jest maksymalna. W tym celu łączymy czujnik z komputerem poprzez konsolę pomiarową. W odległości kilku cm od przedniej ścianki czujnika umieszczamy źródło o bardzo małej aktywności. Uruchamiamy program „Badanie rozpadu promieniotwórczego” dostępny na pulpicie w komputerze. Wybieramy zakładkę

„Charakterystyka licznika Geigera – Müllera” (Rys. 1).



Rysunek 1. Program „Badanie rozpadu promieniotwórczego”, część przeznaczona do badania charakterystyki licznika Geigera – Müllera.

W polu „Czas zliczania” wprowadzamy czas (np. 1 min) przez jaki chcemy zliczać impulsy promieniowania w danym kroku pomiarowym. Do czujnika podłączamy woltomierz. Korzystając z potencjometru w tylnej części czujnika zmieniamy napięcie zasilające w dostępnym zakresie. Wartość napięcia odczytujemy na woltomierzu. Wprowadzamy ją do odpowiedniego pola w programie pomiarowym. Uruchamiamy pomiar naciskając przycisk „Zlicz impulsy”. W kolejnym kroku zmieniamy napięcie i całość powtarzamy. Dla każdego napięcia wykonujemy trzy pomiary. Program na podstawie wpisanej wartości napięcia doda uzyskane zliczenia do wykresu, sumując je ze zliczeniami uzyskanymi poprzednio dla tego samego napięcia, (jeżeli taki pomiar został już wykonany). Na podstawie uzyskanego wykresu należy określić napięcie robocze i ustawić je w czujniku za pomocą potencjometru.

**Badanie rozkładu liczby impulsów rejestrowanych w stałych warunkach.** Po ustaleniu

napięcia roboczego ustawiamy źródło promieniowania w takiej odległości od czujnika, aby liczba zliczeń w wybranym odstępie czasu (np. 1 min) była równa nie mniej niż 20. Pomiary polegają na wykonaniu ponad 100 – krotnej rejestracji liczby zliczeń, a następnie zbadaniu rozkładu statystycznego tych wyników w sposób omawiany w rozdziale 1.3 podręcznika *Pracownia Fizyczna*.

**Wyznaczanie osłabiania promieniowania jonizującego.** Promieniowanie jonizujące przechodząc przez materię doznaje osłabienia na skutek utraty energii zużytej na jonizację. Natężenie wiązki promieniowania,  $I$ , po przejściu przez warstwę ośrodka czynnego o grubości  $d$  maleje wykładniczo według prawa:

$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (2)$$

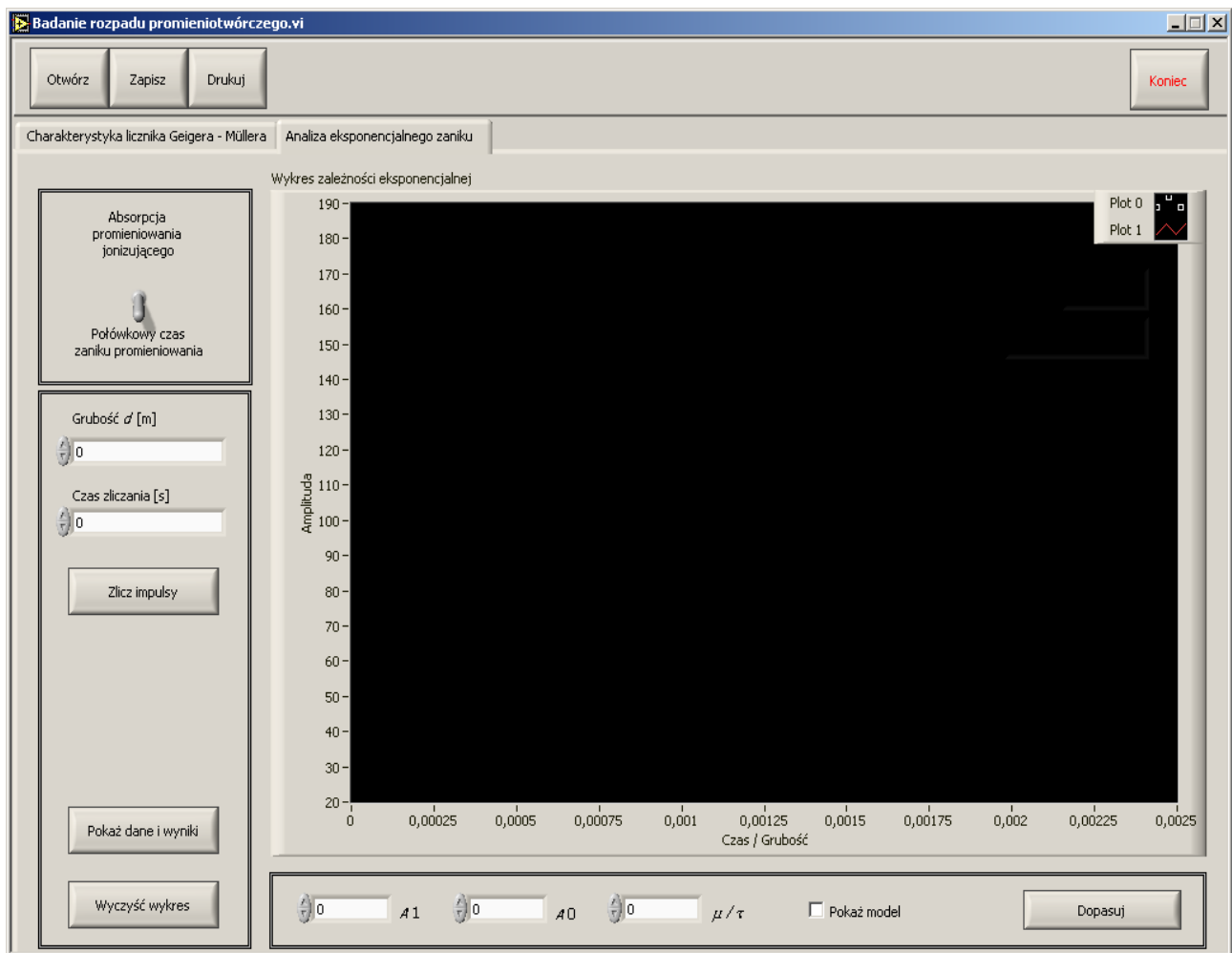
gdzie  $I_0$  oznacza początkowe (pierwotne) natężenie wiązki, przed wniknięciem do materiału czynnego (absorbującego), a  $\mu$  to liniowy współczynnik osłabiania zależny od składu substancji oddziałującej z promieniowaniem i od energii tego promieniowania. Współczynnik osłabiania charakteryzuje zdolność danego materiału do absorpcji i rozpraszania promieniowania jonizującego. Osłabianie promieniowania często charakteryzuje się inną wielkością, tzw. grubością połówkową  $d_{1/2}$ . Jest to grubość warstwy ośrodka czynnego zmniejszająca natężenie padającego na niego promieniowania jonizującego o połowę. Grubość połówkową można wyznaczyć korzystając z równania (2):

$$\frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu d_{1/2}} \quad (3)$$

a po przekształceniach:

$$d_{1/2} = \frac{1}{\mu} \ln(2) \quad (4)$$

Celem doświadczenia jest określenie grubości połówkowej aluminium, z którego wykonane są liczne płytki i kawałki folii przeznaczone do badań. W tej części pomiarów korzystamy z zakładki „Analiza eksponencjalnego zaniku” widocznej na rysunku 2.



Rysunek 2. Program „Badanie rozpadu promieniotwórczego”, część przeznaczona do badania grubości połówkowej związku czynnego lub jego połówkowego czasu zaniku.

W górnej części zakładki przełączamy wskaźnik na pole „Absorpcja promieniowania jonizującego”. W polu „Czas zliczania” wpisujemy ustalony czas przez jaki będziemy zliczać impulsy w kolejnych aktach pomiaru. Pole „Grubość  $d$ ” pozwala ustalić grubość próbki materiału, którą badamy. Przyciśnięcie przycisku „Zlicz impulsy” uruchomi proces zliczania impulsów dla danej próbki.

Gdy uzyskamy już potrzebne dane możemy je zanalizować za pomocą narzędzia znajdującego się poniżej wykresu. Zaznaczenie opcji „Pokaż model” powoduje, że na wykresie danych jest wykreślana linia opisywana funkcją:

$$y = A_1 + A_0 e^{-d/\tau} \quad (5)$$

Zmiana poszczególnych parametrów,  $A_1$ ,  $A_0$  i  $\mu$ , pozwala na dynamiczną zmianę przebiegu wyświetlanej linii. Dobieramy najbardziej odpowiednie parametry, a następnie uruchamiamy proces dopasowywania funkcji naciskając przycisk „Dopasuj”. Procedura dopasowania funkcji do danych,

oparta o algorytm Levenberga-Marquardta, zakończy się wyświetleniem w odpowiednich polach wartości dopasowanych parametrów. Korzystając z nich wyznaczamy wartość  $d_{1/2}$ . Jeżeli chcemy obejrzeć (przepisać) uzyskane dane doświadczalne i wartości parametrów dopasowania, wówczas naciskamy przycisk „Pokaż dane i wyniki”.

Naciśnięcie przycisku „Wyczyść wykres” usunie dane z wykresu i z pamięci. Przyciski „Otwórz”, „Zapisz” i „Drukuj” służą odpowiednio wywołaniu poleceń przez nie opisywanych.