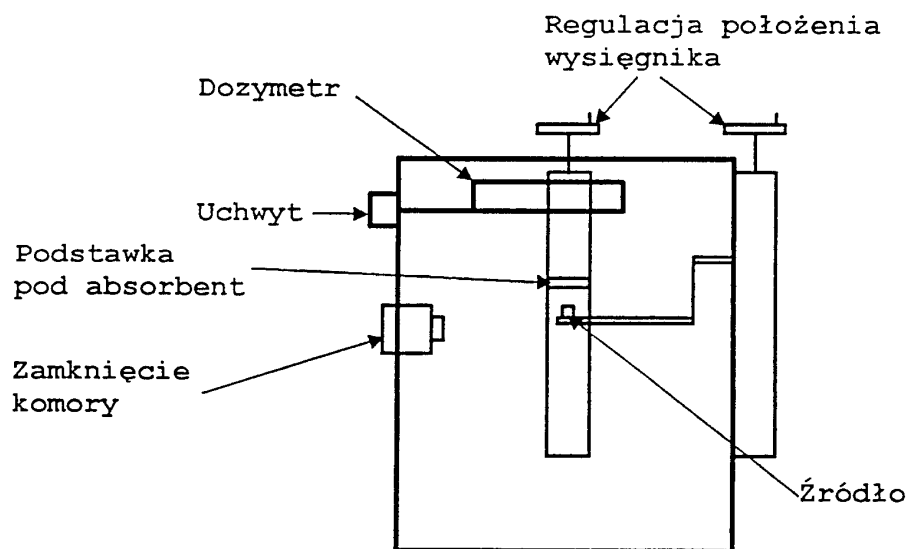


1. Układ pomiarowy

- Komora pomiarowa (rys. w1), w której znajdują się:
- dozymetr PM-1203,
 - źródło promieniowania γ ,
 - podstawka, na której umieszczane są płytki absorbentu.



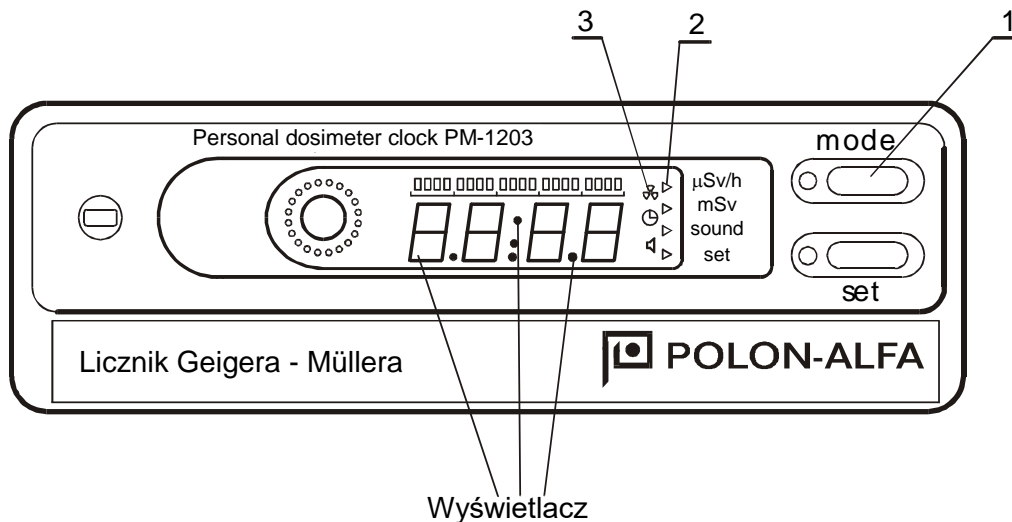
Rys. w1. Schemat komory pomiarowej

Tabela w1. Źródła promieniowania γ używane w ćwiczeniu *

Radionuklid	Czas połowicznego rozpadu [lata]	Główne energie promieniowania γ [keV]	Równoważna wartość stałej ekspozycyjnej [$\text{cGy m}^2 \text{h}^{-1} \text{GBq}^{-1}$];
^{60}Co	5,3	1173 1333	$8,0 \cdot 10^{-3}$
^{137}Cs	30	662	$30,8 \cdot 10^{-3}$

* Aktywność stosowanych źródeł wynosi około kilkadziesiąt kBq

W ćwiczeniu wykorzystywany jest dozymetr mikroprocesorowy PM-1203 (rys. w2), przeznaczony między innymi do pomiaru mocy dawki skutecznej \dot{E} wyrażonej w $\mu\text{Sv/h}$. Jako detektor promieniowania zastosowano licznik Geigera-Müllera. Łączna gęstość powierzchniowa ścianki nad objętością czynną licznika wynosi 1 g/cm^3 . Czas pomiaru ustawia się automatycznie w przedziale $1 \div 36 \text{ s}$, np. dla pomiaru naturalnego tła promieniowania (moc dawki około $0,1 \mu\text{Sv/h}$) wynosi 36 s. Jako czas pomiaru rozumie się czas, po jakim należy odczytać wynik pomiaru, pomimo że wartość na wyświetlaczu dozymetru odświeżana jest co około 1 s.



Rys. w2. Dawkomierz PM –1203

Wybrane przyciski i wskaźniki na płycie czołowej dozymetru:

- (1) - przycisk „mode”, służący do wyboru trybu pracy np. pomiaru mocy dawki,
- (2) - wskaźnik, informujący o wyświetlaniu przez dozymetr wartości mocy dawki ($\mu\text{Sv/h}$),
- (3) - wskaźnik, informujący o pracy w trybie dozymetru

Moc dawki skutecznej wokół nieosłoniętego źródła promieniowania γ w wykonywanym ćwiczeniu określa wzór, powstały w wyniku przekształcenia wzoru (8):

$$\dot{E} = \frac{E}{t} = \frac{\Gamma_r \cdot A}{0,087 \cdot 10^{-7} \cdot r^2}, \quad (\text{w1})$$

gdzie:

Γ_r – tzw. równoważna wartość stałej ekspozycyjnej, charakterystyczna dla danego radionuklidu [$\text{cGy m}^2 \text{h}^{-1} \text{GBq}^{-1}$]; por. Tab. w1,

A – aktywność źródła promieniotwórczego,

t – czas narażenia,

r – odległość między źródłem a miejscem, dla którego obliczamy dawkę,

$0,087 \cdot 10^{-7}$ – stała związana z przeliczaniem wielkości i jednostek, gdy dawka skuteczna wyrażona jest w $\mu\text{Sv/h}$, aktywność w GBq , czas w godzinach, a odległość w centymetrach.

W przedstawionym powyżej wzorze r oznacza rzeczywistą odległość między źródłem a dozymetrem. Jest ona równa sumie odległości odczytywanej z linijki umieszczonej w komorze pomiarowej i odległości r_0 , gdzie r_0 to odległość źródło – detektor, odpowiadająca sytuacji, gdy odległość odczytana na linijce wynosi 0 cm.

2. Wykonanie ćwiczenia

1. Zapoznaj się z zasadami pomiaru mocy dawki skutecznej. Jako wynik pomiaru przyjmij wartość odczytaną na wyświetlaczu po 20 ÷ 40 sekundach od rozpoczęcia pomiaru.
2. Wyznacz 10-krotnie tło promieniowania na stanowisku pomiarowym, a wyniki wpisz do tabeli 2. Czas pomiaru 40 s. Odczytaj wynik pierwszego pomiaru po 40 s od jego rozpoczęcia, drugiego pomiaru po kolejnych 40 s itd.
3. Prowadzący zajęcia umieszcza źródło promieniowania w komorze pomiarowej. Zanotuj, źródło jakiego radionuklidu znajduje się w komorze.
4. Wykonaj pomiary zależności mocy dawki skutecznej od odległości źródło - dozymetr. Dla każdej odległości, wskazanej w tabeli 3, wykonaj 5 pomiarów, a wyniki wpisz do tej tabeli. Czas pomiaru 20 s.
Pamiętaj, że r oznacza rzeczywistą odległość między źródłem a dozymetrem. Jest ona równa sumie odległości odczytywanej z linijki umieszczonej w komorze pomiarowej oraz odległości r_0 .
5. Wyznacz zależność osłabienia promieniowania γ od grubości absorbentu, dla jednego materiału, wskazanego przez prowadzącego*:
Uwaga: w wykonywanym ćwiczeniu, nieco upraszczając, przyjmujemy, że prawo osłabienia promieniowania γ (wzór 9) można stosować również do mocy dawki skutecznej. Wobec tego, aby stosować ten wzór w ćwiczeniu, natężenie promieniowania I należy zastąpić przez moc dawki skutecznej \dot{E} .
 - a) wybierz 5 ÷ 7 blaszek, następnie umieść je razem w układzie pomiarowym; odległość źródło - dozymetr dobierz tak, by była jak najmniejsza, zapisz jej wartość i nie zmieniaj jej w dalszej części ćwiczenia,
 - b) wykonaj 5-krotnie pomiar mocy dawki bez absorbentu i wpisz wyniki do tabeli 5; czas pomiaru 20 s,
 - c) zmierz grubość pierwszej płytki; pomiar wykonaj 3-krotnie, w kilku różnych miejscach płytki, a wyniki wpisz do tabeli 4; przyjmij niepewność wyznaczenia grubości $u(d) = 0,2$ mm,
 - d) umieść płytkę na podstawce między źródłem a dozymetrem, wykonaj 5-krotnie pomiar mocy dawki i wpisz wyniki do tabeli 5,
 - e) zmierz grubość drugiej płytki, połóż ją na pierwszej płytce, znajdującej się w komorze pomiarowej i wykonaj pomiar mocy dawki,
 - f) powtórz te czynności dla kolejnych płytek.

* Prawo osłabienia promieniowania obowiązuje dla skolimowanej wiązki promieniowania. W niniejszym ćwiczeniu stosowana jest szeroka wiązka, tak więc część ćwiczenia dotycząca absorpcji promieniowania ma charakter poglądowy, a nie ścisły.

3. Wyniki pomiarów

Tabela 2. Tło promieniowania na stanowisku pomiarowym

Tło [$\mu\text{Sv/h}$]										
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela 3. Moc dawki skutecznej [$\mu\text{Sv/h}$] dla źródła, $r_0 = \dots\dots\dots$

Odległość na linijce [cm]	Odległość Rzeczywista r [cm]	Numer pomiaru				
		1	2	3	4	5
0						
0,5						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
3,0						
4,0						
5,0						
6,0						
7,0						
8,0						
9,0						
10,0						
11,0						
12,0						
14,0						

Tabela 4. Grubość płytek, materiał

Grubość płytki [mm]	Numer pomiaru			Średnia
	1	2	3	
d ₁				
d ₂				
d ₃				
d ₄				
d ₅				
d ₆				
d ₇				

Tabela 5. Moc dawki skutecznej [$\mu\text{Sv/h}$] dla absorbentu, źródła i odległości źródło – detektor cm

Grubość absorbentu [mm]	Numer pomiaru				
	1	2	3	4	5
d = 0*					
d ₁ =					
d ₁ + d ₂ =					
d ₁ + d ₂ + d ₃ =					
d ₁ + d ₂ + d ₃ + d ₄ =					
d ₁ + d ₂ + d ₃ + d ₄ + d ₅ =					
d ₁ + d ₂ + d ₃ + d ₄ + d ₅ + d ₆ =					
d ₁ + d ₂ + d ₃ + d ₄ + d ₅ + d ₆ + d ₇ =					

* bez absorbentu

4. Opracowanie wyników

Zależność mocy dawki skutecznej od odległości źródło – dozymetr

1. Wyznacz średnie tło promieniowania na stanowisku pomiarowym - tło wynosi $\mu\text{Sv/h}$.
2. Wpisz do tabeli 6 średnie wartości mocy dawki skutecznej, wyznaczone na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 3, a następnie wylicz średnią moc dawki skutecznej po odjęciu tła oraz niepewność tych wartości.
3. Wykonaj, na podstawie danych z tabeli 6; wykres zależności mocy dawki od odległości źródło - dozymetr; za niepewność pomiaru odległości przyjmij $u(r) = 0,2$ cm. Do otrzymanych punktów pomiarowych dopasuj zależność $\dot{E} = a/r^2$. Oceń jakość dopasowania tej funkcji do danych pomiarowych; skorzystaj z wartości współczynnika korelacji r . Jakie znaczenie fizyczne ma stała a ?

Tabela 6. Zależność mocy dawki skutecznej od odległości źródło - dozymetr

Odległość na linijce [cm]	Odległość rzeczywista r [cm]	Średnia moc dawki skutecznej [$\mu\text{Sv/h}$]	Niepewność standardowa [$\mu\text{Sv/h}$]	Średnia moc dawki skutecznej po odjęciu tła [$\mu\text{Sv/h}$]	Niepewność standardowa [$\mu\text{Sv/h}$]
0					
0,5					
1,0					
1,5					
2,0					
2,5					
3,0					
4,0					
5,0					
6,0					
7,0					
8,0					
9,0					
10,0					
11,0					
12,0					
14,0					

Prawo osłabienia promieniowania

4. Wpisz do tabeli 7 średnie wartości mocy dawki skutecznej, wyznaczone na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 5, a następnie wylicz średnią moc dawki skutecznej po odjęciu tła oraz niepewność tych wartości.

5. Dane zestawione w tabeli 7 wykorzystaj do wyznaczenia, na podstawie wzoru 9, liniowego współczynnika osłabienia μ . Podstaw za I średnią moc dawki, a za x grubość absorbentu. Skorzystaj z programu „regresja eksponencjalna”.

Wartość μ można również wyznaczyć korzystając z programu „regresja linowa”; za x przyjmij grubość absorbentu, a za y logarytm naturalny wartości średniej mocy dawki (odpowiada to formule $\ln I = -\mu x + \ln I_0$).

Uwaga: wyznaczanie wartości μ , osobno dla każdego wiersza w tabeli 7, a następnie wyliczenie średniej wartości μ jest niepoprawne.

Oblicz wartość μ_m .

Wyznaczone wartości μ i μ_m oraz ich niepewności umieść w tabeli 8.

Tabela 7. Średnia moc dawki w zależności od grubości absorbentu

Grubość absorbentu - wartość średnia [cm]	Średnia moc dawki skutecznej [$\mu\text{Sv/h}$]	Niepewność standardowa [$\mu\text{Sv/h}$]	Średnia moc dawki skutecznej po odjęciu tła [$\mu\text{Sv/h}$]	Niepewność standardowa [$\mu\text{Sv/h}$]

6. Porównaj uzyskane wartości masowego współczynnika osłabienia μ_m z wartościami przedstawionymi na rys. 1. Wartości energii promieniowania γ emitowanego przez stosowane źródło znajdziesz w tabeli w1; pamiętaj, że $1 \text{ MeV} = 1000 \text{ keV}$. Za wartość μ_m dla mosiądku i żelaza można przyjąć z dobrym przybliżeniem wartość dla miedzi.

Tabela 8. Wartości współczynników osłabienia, absorbent

Wartość zmierzona, niepewność	Wartość tablicowa
$\mu =$	–
$\mu_m ==$	

Wnioski: