

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.		Rok	Grupa	Zespół
PRACOWNIA FIZYCZNA WFiIS AGH	Temat:				Nr ćwiczenia
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

Ćwiczenie nr 96: Dozymetria promieniowania γ

Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z podstawami dozymetrii promieniowania jonizującego. Porównanie własności absorpcyjnych promieniowania gamma różnych materiałów.

Literatura

1. Cz. Bobrowski: *Fizyka, krótki kurs* Warszawa, WNT 1993.
2. W. Zieliński (red): *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*. Kraków SU 1577 AGH 1999.

Zagadnienia do opracowania

*Ocena
i podpis*

1. Przedstaw i omów prawo rozpadu promieniotwórczego.
2. Rozpad β . Jakie znasz rodzaje rozpadu β , jakie jądro powstaje w wyniku każdego z nich (wyjaśnij na przykładzie ^{137}Cs)? Na czym polega wychwyty K (wyjaśnij na przykładzie ^{133}Ba)?
3. Zdefiniuj pojęcie dawki, równoważnika mocy dawki i podaj ich jednostki.
4. Zdefiniuj pojęcie aktywności źródła promieniowania i podaj jednostki.
5. Przedstaw prawo absorpcji promieniowania γ w materii – co to jest współczynnik absorpcji.
6. Naturalne tło promieniotwórcze – omów przyczyny występowania naturalnego tła promieniotwórczego.
7. Do czego służy dozymetr?
8. Jakie znasz rodzaje promieniowania jonizującego. Zaproponuj jakie osłony (materiał oraz grubość) powinno się stosować w celu ochrony człowieka przed tym promieniowaniem

Niektóre niezbędne wzory i użyteczne stałe*

W celu ilościowego rozważenia biologicznych skutków oddziaływania promieniowania jonizującego na organizm ludzki, a także umożliwienia ich porównywania wprowadzono takie wielkości charakterystyczne jak: dawka, równoważnik mocy dawki. Dawka pochłonięta jest to energia zaabsorbowana przez jednostkę masy napromieniowanej substancji. Jednostką dawki jest grej [Gy], która odpowiada energii 1 J zaabsorbowanej przez masę 1 kg: $1\text{Gy} = 1\text{J/kg}$.

Parametrem, który uwzględnia rodzaj promieniowania absorbowanego w organizmie, jest równoważnik dawki mierzony w siewertach. 1 siewert (1 Sv) jest to dawka absorbowana dowolnego rodzaju promieniowania jonizującego, która wywołuje identyczny skutek biologiczny jak dawka absorbowana 1 Gy promieniowania X lub γ .

Równoważnik mocy dawki promieniowania X (γ) w zależności od aktywności źródła można określić za pomocą poniższego wzoru, przy założeniu, że źródło promieniowania jest punktowe.

$$\frac{D}{t} = \frac{I_{\gamma} A}{(r + r_0)^2} \quad (1)$$

gdzie:

D/t – równoważnik mocy dawki (wyrażony w $\mu\text{Sv/h}$)

A – aktywność źródła w bekerelach

r – odległość mierzona od punkтового źródła promieniowania w metrach

r_0 – tzw. odległość zerowa

$r + r_0$ – odległość rzeczywista źródło - dozymetr

t – czas w godzinach

I_{γ} – stała charakterystyczna dla danego izotopu promieniotwórczego uwzględniająca również konieczność ujednoczenia jednostek.

Prawo absorpcji promieniowania γ dane jest równaniem

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

gdzie:

μ – współczynnik absorpcji [cm^{-1}]

x – grubość absorbenta [cm].

Można wzór (2) podać również w postaci

$$I = I_0 \cdot e^{-(\mu/\rho) \cdot M}$$

μ/ρ – masowy współczynnik absorpcji [cm^2/g], ρ gęstość materiału [g/cm^3]

M – masa powierzchniowa [g/cm^2]

W powyższym ćwiczeniu przyjmij za I_0 – wartość równoważnika mocy dawki (D/t) wyznaczoną bez absorbenta, natomiast za I – wartość D/t wyznaczoną dla absorbenta o grubości x .

Na rys. 2 przedstawiono masowe współczynniki absorpcji promieniowania γ dla następujących materiałów: Al, Cu, Pb.

* W roku 1995 wprowadzono nową, nieco zmodyfikowaną terminologię dozymetrycznych wielkości charakterystycznych. W opracowaniu nie uwzględniono tych zmian ze względu na to, że dostępna dla studentów literatura używa terminologii tradycyjnej.

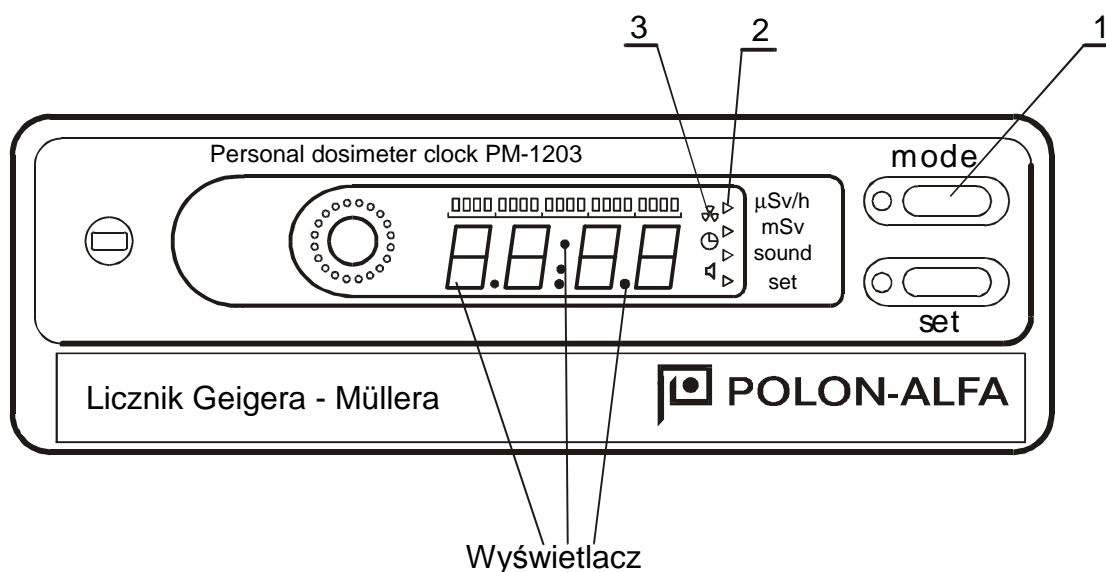
Źródła promieniowania γ używane w ćwiczeniu 96:

Izotop	Czas połowicznego zaniku	Główne energie promieniowania γ
^{133}Ba	10 lat	81 keV 303 keV 365 keV
^{60}Co	5,3 lat	1173 keV 1333 keV
^{137}Cs	30 lat	662 keV

Układ pomiarowy

Dozymetr wykorzystywany w ćwiczeniu to dawkomierz mikroprocesorowy PM –1203 przeznaczony między innymi do pomiaru mocy równoważnika dawki w $\mu\text{Sv/h}$.

Jako detektor promieniowania zastosowano licznik Geigera-Müllera. Na rys. 1 przedstawiono płytę czołową dawkomierza oraz usytuowanie licznika Geigera-Müllera. Łączna gęstość powierzchniowa ścianki nad objętością czynną licznika wynosi 1 g/cm^3 . Pracą wyświetlacza jak i układu zasilania oraz modulem zegara steruje mikroprocesor. Czas pomiaru ustawia się automatycznie, i tak np. dla pomiaru tła naturalnego wynosi 36 s.



Rys. 1. Dawkomierz PM 1203

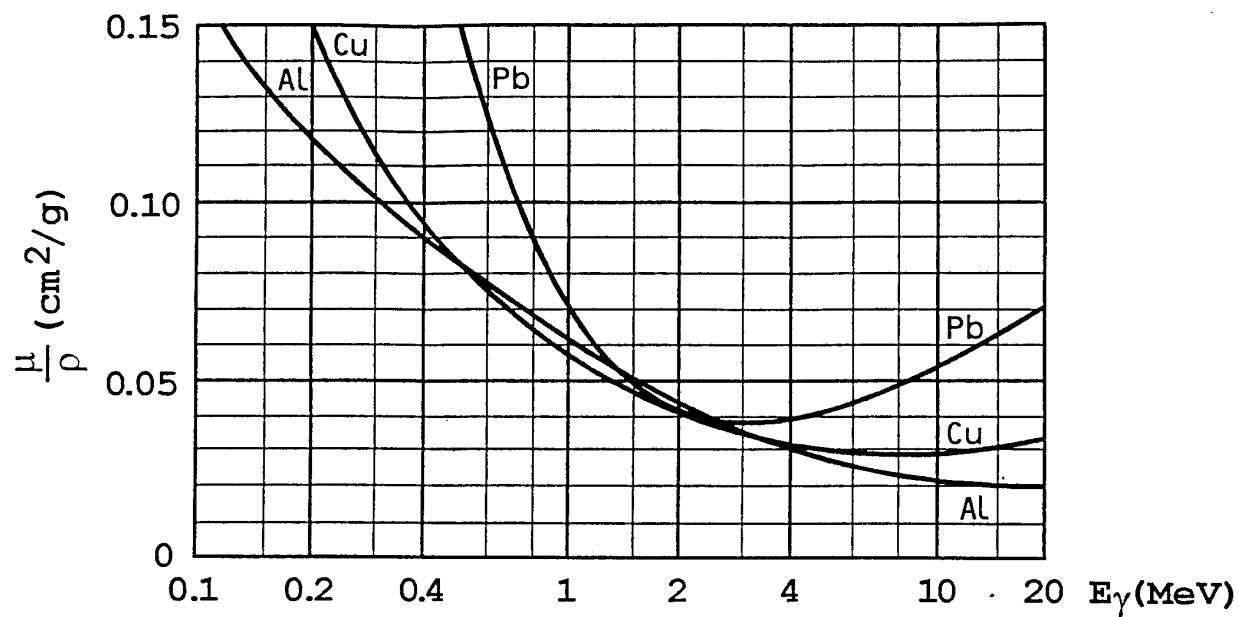
Uruchomienie dozymetru :

przycisk „mode” (1) służy do wyboru rodzaju pracy np. odczytu mocy dawki.

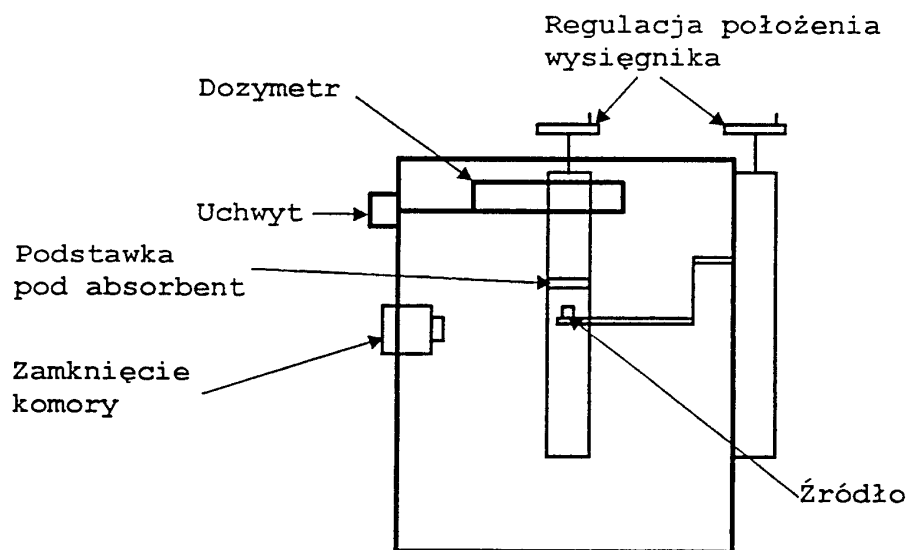
2 – wskaźnik do odczytu mocy dawki

3 – znak pracy przyrządu w trybie „dawkomierz”

Na rys. 3 zamieszczono schemat komory pomiarowej.



Rys. 2. Masowe współczynniki absorpcji promieniowania γ .



Rys. 3. Schemat komory pomiarowej.

2. Wykonanie ćwiczenia

Pomiar mocy równoważnika dawki

1. Uruchom dozymetr w obecności prowadzącego zajęcia. Jako wynik każdorazowego pomiaru zapisz maksymalną wartość odczytaną na wyświetlaczu w ciągu czterdziestu sekund pomiaru.
2. Wyznacz tło promieniowania 10-ciokrotnie, a wyniki wpisz do tabeli 1.
3. Wskazane źródło promieniowania umieść w obecności prowadzącego zajęcia w komorze pomiarowej (rys. 3).
4. Wykonaj pomiary zależności równoważnika mocy dawki od odległości źródło-dozymetr. Odległość zmieniaj w sposób narastający, a następnie malejący, jak zaznaczono w tabeli 2 (wyniki wpisz do tabeli 2).
5. W celu porównania własności absorpcyjnych różnych materiałów wyznacz (dla materiałów wskazanych przez prowadzącego)
 - a) ich grubości dla których równoważnik mocy dawki maleje do około: $\frac{3}{4} D/t$, $\frac{2}{3} D/t$, $\frac{1}{2} D/t$ (gdzie D/t moc równoważnika dawki bez absorbenta dla zadanej odległości źródło-absorbent).
 - b) równoważnik mocy dawki wyznaczany dla zmienianej grubości absorbenta, np. od około 1mm do około 4 mmAbsorbent powinien być umieszczony między źródłem a dozymetrem. Każdorazowo zmierz grubość absorbenta trzykrotnie, a wyniki pomiarów wpisz do tabeli 3.
6. Wykonaj pomiary opisane w punkcie 4 dla innych źródeł promieniowania wskazanych przez prowadzącego.
7. Wykonaj pomiar równoważnika mocy dawki w pracowni w pobliżu kilku stanowisk, w których stosowane są źródła promieniotwórcze.

3. Wyniki pomiarów

Tabela 1: Pomiar tła

Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tło[.....]										

Tabela 2: Moc równoważnika dawki dla źródła [.....]

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

**Tabela 3: Moc dawki dla absorbenta, źródła promieniowania
i odległości cm**

Moc dawki bez absorbenta						Moc dawki z absorbentem $\sim \frac{3}{4} D/t$					
Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5	Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5
0										
										
										
Moc dawki z absorbentem $\sim \frac{2}{3} D/t$						Moc dawki z absorbentem $\sim \frac{1}{2} D/t$					
Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5	Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5
.....										
.....										
.....										

odległość..... absorbent, źródło

Moc dawki bez absorbenta						Moc dawki z absorbentem $\sim \frac{3}{4} D/t$					
Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5	Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5
0										
										
										
Moc dawki z absorbentem $\sim \frac{2}{3} D/t$						Moc dawki z absorbentem $\sim \frac{1}{2} D/t$					
Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5	Grubość absorbenta [cm]	1	2	3	4	5
.....										
.....										
.....										

4. Opracowanie wyników

Po wyznaczeniu średniego tła (z dziesięciu pomiarów), które wynosi, wpisz do tabeli 4 średnie wartości równoważnika mocy dawki wyznaczone na podstawie danych pomiarowych zamieszczonych w tabeli 2. Wykonaj wykres zależności równoważnika mocy dawki od zmierzonej odległości (r) źródło – dozymetr na podstawie danych z tabeli 4.

Tabela 4: Średnie wartości równoważnika mocy dawki dla źródła

Nr Odl.[cm]	Średni równoważnik mocy dawki	Średni równoważnik mo- cy dawki po odjęciu tła	Niepewność standardowa
0			
0,5			
1,5			
2			
2,5			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
14			

Określ niepewność pomiaru równoważnika mocy dawki jako niepewność standardową, a za niepewność pomiaru odległości przyjmij $\Delta r = 0,2$ cm.

$$u(D/t) = \sqrt{\frac{\sum(a_i - \bar{a})^2}{n(n-1)}} \quad \text{gdzie} \quad a \equiv D/t$$

n – ilość pomiarów
 a_i – kolejny pomiar D/t
 \bar{a} – wartość średnia

Wyznacz wartość linowego współczynnika absorpcji. Umieść, opracowane następująco, wyniki z tabeli 3 w tabeli 5 (oraz w tabeli 6).

Tabela 5: Średni równoważnik mocy dawki w zależności od grubości absorbenta

Średni równoważnik mocy dawki w [$\mu\text{Sv/h}$] po odjęciu tła	Grubość absorbenta – wartość średnia [cm]

Powyższe dane wykorzystaj do wyznaczenia współczynnika absorpcji μ na podstawie wzoru 2 za I podstawiając średni równoważnik mocy dawki, a za x grubość absorbenta. Skorzystaj z programu „regresja eksponencjalna”, za x przyjmij grubość absorbenta, a za y wartość średniego równoważnika mocy dawki.

Wyznacz: $\mu =$

Oblicz: $\mu/\rho =$

Porównaj uzyskane wyniki z prezentowanymi na rys. 2.

Zauważ, że μ można również wyznaczyć korzystając z programu „regresja linowa” (za x przyjmij grubość absorbenta a za y logarytm naturalny wartości średniej równoważnika mocy dawki według wzoru 2). Nachylenie uzyskanej prostej regresji pozwoli na wyznaczenie μ .

Załącz uzyskany wykres do sprawozdania (pkt. 5). Niepewność oceny liniowego współczynnika absorpcji określ korzystając z niepewności standardowej określenia współczynnika w wykładniku potęgowym funkcji exp.

$u(\mu) =$

$u(\mu/\rho) =$

Tabela 6: Średni równoważnik mocy dawki w zależności od grubości absorbenta

Średni równoważnik mocy dawki w [$\mu\text{Sv/h}$] po odjęciu tła	Grubość absorbenta – wartość średnia [cm]

Powyższe dane wykorzystaj do wyznaczenia współczynnika absorpcji μ na podstawie wzoru 2 za I podstawiając średni równoważnik mocy dawki, a za x grubość absorbenta. Skorzystaj z programu „regresja eksponencjalna”, za x przyjmij grubość absorbenta, a za y wartość średniego równoważnika mocy dawki.

Wyznacz $\mu =$, Oblicz $\mu/\rho =$, $\Delta\mu =$

Porównaj uzyskane wyniki z prezentowanymi na rys. 2.

Wnioski: