

WFİIS	Imię i nazwisko: 1. Grzegorz Baran 2. Jacek Mostowicz	ROK	GRUPA	ZESPÓŁ
PRACOWNIA FIZYCZNA I i II	TEMAT: <p style="text-align: center;"><i>Dozymetria promieniowania</i></p>			NR ĆWICZENIA
Data wykonania:	Data oddania:	Zwrot do poprawy:	Data oddania:	Data zliczenia:
				OCENA

Cel ćwiczenia

Zapoznanie z podstawami dozymetrii promieniowania jonizującego oraz prostym radiometrem i sposobem jego wykorzystania do pomiaru mocy dawki

Wstęp teoretyczny

1. Rozpady promieniotwórcze

a) Promieniotwórczość naturalna

To wysyłanie pewnego niewidzialnego promieniowania przez jądra niektórych ciężkich pierwiastków.

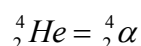
Rodzaje promieniowania:

- α (pierwiastki α - promieniotwórcze)
- β (pierwiastki β - promieniotwórcze)
- γ (towarzyszy powyższym promieniowaniom)

b) Własności promieniowań

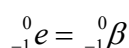
α :

- ulega niewielkiemu odchyleniu w polu magnetycznym i elektrycznym \Rightarrow niesie ze sobą ładunek (dodatni)
- duże zdolności jonizacyjne \Rightarrow niesie duży co do wartości ładunek
- mało przenikliwe
- wywołuje fluorescencję (np. siarczku cynku)
- jest strumieniem jąder helu



β :

- ulega odchyleniu w polu magnetycznym i elektrycznym \Rightarrow niesie ze sobą ładunek (ujemny)
- zdolności jonizacyjne mniejsze niż α
- wywołuje fluorescencję
- masa cząstki mniejsza niż α
- jest strumieniem elektronów



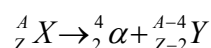
γ :

- nie ulega niewielkiemu odchyleniu w polu magnetycznym i elektrycznym \Rightarrow nie niesie ze sobą ładunku
- mała zdolność jonizacji
- bardzo przenikliwe (bardziej niż promienie Roentgena)
- rozchodzi się z prędkością światła
- ulega dyfrakcji, interferencji, polaryzacji
- jest falą elektromagnetyczną



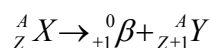
c) Prawo przesunięć

- pierwiastki α - promieniotwórcze:



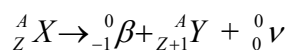
Powstaje jądro pierwiastka, które jest przesunięte o dwa miejsca w układzie Mendelejewa względem jądra macierzystego w stronę początku układu

- pierwiastki β - promieniotwórcze:

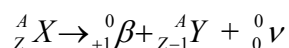


Powstaje jądro pierwiastka, które jest przesunięte o jedno miejsce w układzie Mendelejewa względem jądra macierzystego w stronę końca/początku układu

Rozpad β^- :



Rozpad β^+ :



d) Rodziny promieniotwórcze

Nazwa rodziny	Jądro pierwotne	Trwałe jądro końcowe
Uranowa	${}_{92}^{238}U$	${}_{82}^{206}Pb$
Aktynowa	${}_{92}^{235}U$	${}_{82}^{207}Pb$
Torowa	${}_{90}^{232}Th$	${}_{82}^{208}Pb$
Neptunowa	${}_{93}^{237}Np$	${}_{83}^{209}Bi$

2. Promieniowanie jonizujące

Promieniowaniem jonizującym nazywamy każde promieniowanie wywołujące jonizację ośrodka materialnego, w którym się ono rozchodzi.

Wykrywanie promieniowania - detektory promieniowania jądrowego:

- śladowe:

- komora Wilsona
- komora pęcherzykowa
- klisza jądrowa

- liczniki:

- licznik Geigera - Millikana
- licznik scyntylacyjny
- licznik koincydencyjny

Znamy następujące rodzaje promieniowania jonizującego:

- emitowanego przez jądra: cząstki α , β , promieniowanie γ , neutrony
- emitowanego przez atomy: promieniowanie rentgenowskie

Prawo rozpadu promieniotwórczego określa zależność od czasu liczby jąder, które nie uległy dotąd przemianie promieniotwórczej:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 - liczba jąder izotopu promieniotwórczego w chwili $t = 0$;

$N(t)$ - liczba jąder tego izotopu, które po czasie t nie uległy jeszcze rozpadowi;

λ - stała rozpadu.

Zachodzi związek:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$T_{1/2}$ - okres połowicznego rozpadu (zaniku), czyli czas po upływie którego liczba jąder izotopu promieniotwórczego maleje do połowy pierwotnej ich liczby N_0 .

Wiązka promieniowania przechodząca przez materię doznaje osłabienia na skutek utraty energii na jonizację materii. Przez I_0 oznaczamy natężenie wiązki padającej. Po przejściu warstwy o grubości d natężenie I maleje wykładniczo według prawa

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

Współczynnik μ zwany współczynnikiem osłabienia, zależy od materiału absorbującego jak również od rodzaju promieniowania. Logarytmując powyższe równanie mamy

$$\ln \frac{I_0}{I} = \mu d$$

Często stosuje się pojęcie tzw. grubości połówkowej $d_{1/2}$ po przejściu której natężenie promieniowania spada do połowy wartości pierwotnej ($I=I_0/2$). Podstawiając powyższy warunek do ostatniego wzoru otrzymujemy:

$$d_{1/2} = \frac{1}{\mu} \ln 2 \quad \text{lub} \quad d_{1/2} = \frac{0,69}{\mu}$$

3. Działanie promieniowania jonizującego na materię żywą

Promieniowanie jonizujące, które może oddziaływać na organizm ludzki pochodzić może z dwojakiego rodzaju źródeł:

a) źródeł naturalnych - jak promieniowanie:

- kosmiczne
- emitowane przez izotopy występujące w skorupie ziemskiej
- emitowane przez izotopy występujące w organizmie człowieka.

b) źródeł sztucznych - czyli uzyskanych w procesach technologicznych i wykorzystywanych przez człowieka do celów zastosowań np. w medycynie, przemyśle czy w energetyce jądrowej.

Promieniowanie jonizujące oddziałuje na organizm ludzki głównie w wyniku jonizacji atomów jego komórek. Jonizacja atomów żywych komórek wywołuje określone skutki biologiczne: genetyczne bądź somatyczne.

Część uszkodzonych w ten sposób komórek może zostać odbudowana w wyniku naturalnych procesów biologicznych (wydajność procesu odbudowy zależy od rodzaju i ilości uszkodzonych komórek). Jeżeli natomiast komórki nie zostaną zregenerowane, to wówczas mogą zajść następujące procesy:

- śmierć komórki
- zaburzenia w normalnym jej funkcjonowaniu - co prowadzi do zmian somatycznych, np. raka
- uszkodzenie cząsteczek DNA komórek rozrodczych

Z punktu widzenia oddziaływania biologicznego różne rodzaje promieniowania jonizującego różnią się między sobą gęstością wywołanej jonizacji, zasięgiem w poszczególnych tkankach oraz przestrzennym rozkładem produkowanych jonów. W celu ilościowego rozważania biologicznych skutków oddziaływania promieniowania jonizującego na organizm ludzki a także umożliwienia ich porównywania wprowadzono następujące wielkości charakterystyczne:

- dawka
- równoważnik dawki
- współczynnik jakości Q

Dawka pochłonięta D_0 jest to energia zaabsorbowana przez jednostkę masy (1kg) napromieniowanej substancji. Jednostką dawki jest 1 gray, który odpowiada energii 1 J zaabsorbowanej przez masę 1 kg: $1[\text{Gy}] = 1[\text{J/kg}]$.

Wpływ promieniowania na organizmy żywe (w tym człowieka) zależy od rodzaju promieniowania, w którym znajduje się badany organizm (promieniowanie rentgenowskie,

promieniowanie γ czy elektrony są mniej groźne przy danej dawce niż neutrony czy cząstki α) i jest określany przez tzw. współczynnik jakości Q.

Poniżej podano wartości współczynników Q dla różnych typów promieniowania:

	współczynnik jakości Q
promieniowanie X, γ	1
neutrony o energii <10 keV	3
neutrony o energii >10 keV	10
protony	10
cząstki α	20

Parametrem, który uwzględnia rodzaj promieniowania absorbowanego w organizmie jest równoważnik dawki H, określany równaniem $H = D_0 \cdot Q$. Mierzony on jest w sievertach lub remach (1Sv = 100 rem). Sievert jest to dawka absorbowana dowolnego rodzaju promieniowania jonizującego, który wywołuje identyczny skutek biologiczny jak dawka absorbowana 1 Gy promieniowania X lub γ .

Skutki biologiczne oddziaływania promieniowania jonizującego zależą również od tego, czy źródło promieniowania znajduje się poza organizmem człowieka (napromieniowanie zewnętrzne) czy wewnątrz organizmu (napromieniowanie wewnętrzne).

Ochrona przed napromieniowaniem zewnętrznym jest stosunkowo prosta i można ją zapewnić skracając czas narażania, zwiększając odległość od źródła promieniowania oraz wprowadzając warstwę materiału osłonowego pomiędzy źródło a człowieka narażonego na nie. Materiał, który stosuje się jako osłonę zależy od rodzaju promieniowania emitowanego przez źródło.

Średnie dawki, które może pochłonąć w ciągu roku:

Źródła naturalne:

promieniowanie kosmiczne	50	mrem
tło naturalne (U, Th, Ra)	150	mrem
wewnętrzne promieniowanie ciała (40K, 14C)	39	mrem

Źródła środowiskowe:

materiały budowlane	100 - 300	mrem
reaktory jądrowe	0,3	mrem

Źródła inne:

diagnostyka (promieniowanie X)	100 - 200	mrem
diagnostyka (jądrowa)	78	mrem
zawodowe zagrożenie	1	mrem
produkty konsumpcyjne, (np.: TV)	5	mrem

W celu zmniejszania skutków oddziaływania promieniowania na organizm ludzki należy Dla ochrony przed promieniowaniem γ (X) , które jest o wiele bardziej przenikliwe niż promieniowanie α czy β o tej samej energii, jako osłony stosuje się cegły ołowiane bądź uranowe . Jako osłony przed promieniowaniem β wystarczy stosować płyty aluminiowe lub plexiglasowe. Osłonę przed neutronami zapewniają materiały spowalniające neutrony - takie jak woda czy parafina -i pochłaniające je takie jak np. żelazo kadm

Opracowanie wyników

Wszystkie pomiary mocy zawarte w tabelach i na wykresach podane zostały w $[\frac{\mu\text{Sv}}{h}]$, pomiary odległości i grubości w [cm]. Naszym źródłem promieniowania był

^{137}Cs czas połowicznego zaniku wynosi 30 lat a główne energie promieniowania γ wynoszą 662 [keV].

Wyznaczyliśmy średnie tło (z dziesięciu pomiarów), które wynosi : 0,117 $[\frac{\mu\text{Sv}}{h}]$

Pomiar tła:												
Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Suma	Średnia
Tło	0,13	0,07	0,21	0,15	0,1	0,09	0,15	0,09	0,13	0,05	1,17	0,117

Następnie wykonaliśmy wykres zależności równoważnika mocy dawki od zmierzonej odległości (r) źródło – dozymetr.

Określiliśmy niepewność pomiaru równoważnika mocy dawki jako niepewność standardową typu A:

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

n – ilość pomiarów

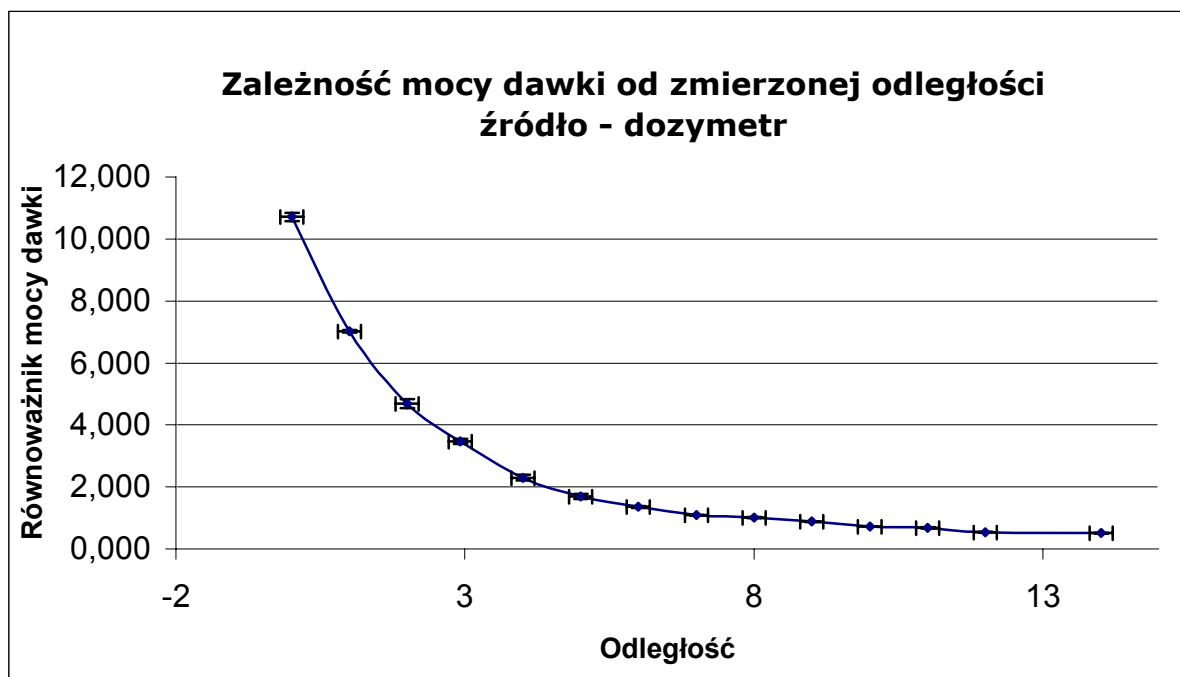
a_i - kolejny pomiar D/t

\bar{a} - wartość średnia

Tabela z obliczeniami

Odległość [cm]	Numer pomiaru			Suma	Średnia	Średnia - tło	$(\sum (x_i - \bar{x})^2)/6$	Pierw. $(\sum (x_i - \bar{x})^2)/6$	Niepewność pomiarowa
	1	2	3						
0	10,97	11,01	10,15	32,13	10,710	10,593	0,079	0,280	0,140
1	6,97	6,89	7,21	21,07	7,023	6,906	0,009	0,096	0,048
2	4,5	4,29	5,28	14,07	4,690	4,573	0,091	0,301	0,151
2,92	3,8	3,23	3,4	10,43	3,477	3,360	0,029	0,169	0,084
4	1,98	2,66	2,26	6,9	2,300	2,183	0,039	0,197	0,099
5	1,58	2,04	1,47	5,09	1,697	1,580	0,030	0,175	0,087
6	1,26	1,42	1,39	4,07	1,357	1,240	0,002	0,049	0,025
7	1,06	1,13	1,07	3,26	1,087	0,970	0,000	0,022	0,011
8	0,98	1,1	0,95	3,03	1,010	0,893	0,002	0,046	0,023
9	0,84	0,88	0,92	2,64	0,880	0,763	0,001	0,023	0,012
10	0,73	0,71	0,73	2,17	0,723	0,606	0,000	0,007	0,003
11	0,62	0,77	0,64	2,03	0,677	0,560	0,002	0,047	0,024
12	0,56	0,51	0,57	1,64	0,547	0,430	0,000	0,019	0,009
14	0,51	0,56	0,47	1,54	0,513	0,396	0,001	0,026	0,013

Na wykresie nanieśliśmy odpowiednie wartości i ich niepewności standardowe – za niepewność pomiaru odległości przyjęliśmy $\Delta r = 0,2$ [cm]



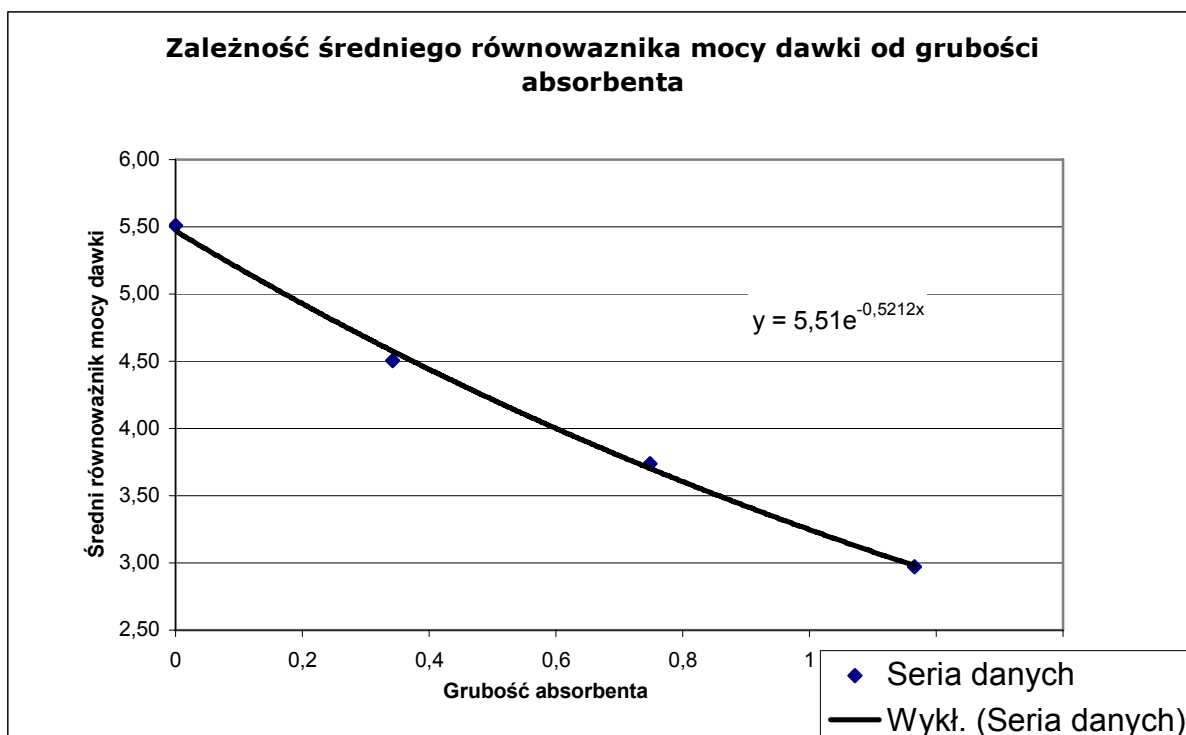
Następnie wyznaczyliśmy wartość współczynnika absorpcji μ dla miedzi na podstawie wzoru:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \text{ gdzie:}$$

μ – współczynnik absorpcji [cm^{-1}]

x – grubość absorbenta [cm]

Grubość absorbenta				
[cm]	1	2	3	Średnia
0	5,57	5,26	5,89	5,51
0,342	4,81	4,27	4,44	4,51
0,748	3,78	3,55	3,89	3,74
1,166	2,94	2,92	3,06	2,97



Odczytujemy z równania regresji eksponentialnej wartość współczynnika absorpcji.
Współczynnik absorpcji wynosi : $0,521 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$
Niepewność pomiarową określamy korzystając z niepewności standardowej określania współczynnika w wykładniku potęgowej funkcji exp.
 $u(\mu) = 0,002 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$

Wnioski:

Otrzymane wykres zależności mocy promieniowania od odległości powinny przypominać krzywą $\frac{1}{x}$. Deformacja kształtu krzywej nastąpiła na skutek nie zachowania założenia o punktowości źródła , również odległość pomiędzy źródłem a detektorem była tylko wartością przybliżoną ponieważ nieznana była rzeczywista odległość jaką przebywał kwant promieniowania od miejsca swojego powstania do miejsca w którym został wykryty poprzez detektor. Ćwiczenie było bardzo ciekawe do wykonania. Ciekawość polegała w dużym stopniu na pierwszym kontakcie z źródłami promieniotwórczymi i na uzmysłowaniu sobie ich działania na nas samych i otaczający świat .