

Ćwiczenie 7 Dozymetria promieniowania jonizującego

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z:

- wielkościami i jednostkami stosowanymi w dozymetrii i ochronie radiologicznej,
- wzorcowaniem przyrządów dozymetrycznych,
- pomiarami dozymetrycznymi,
- obliczeniami mocy dawki od nieosłoniętego źródła promieniowania gamma,
- obliczeniami dawki.

Wykonanie ćwiczenia

1. Zestawić układ pomiarowy. Umieścić w zestawie źródło promieniotwórcze Cs-137.

Zapoznać się z radiometrami obecnymi na stanowisku pomiarowym.

Uwaga: źródło w zestawie umieszcza prowadzący.

2. Obliczyć, ze wzoru (2) z dodatku, moc dawki skutecznej (w $\mu\text{Sv/h}$) w odległości 1 m od nieosłoniętego źródła punktowego Cs-137; aktywność źródła podaje prowadzący.

Równoważna wartość stałej ekspozycyjnej Γ_r dla Cs-137 w ($\text{cGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{GBq}^{-1}$) – por. norma PN-86/J-80001 (dostępna w Pracowni).

3. Porównać otrzymaną wartość z wartością zmierzoną np. radiometrem EKO-C.

Uwzględnić wcześniej zmierzoną moc dawki w pracowni bez obecności źródeł – „tło promieniowania”.

4. Zmierzyć moc dawki skutecznej w wybranych odległościach od źródła, od 30 cm do około 150 cm co 10 cm; pomiary przeprowadzić dwoma wybranymi radiometrami np. RKP-1-2, EKO-C, Lundlum 19.

Dla przyrządów mających kilka zakresów pomiarowych każdorazowo odnotowywać zakres, dla którego wykonywany jest pomiar.

5. Wykonać pomiary dozymetryczne, wybierając - razem z prowadzącym - jeden z przedstawionych poniżej wariantów ćwiczenia.

5a. Wyznaczyć rozkład mocy dawki w Pracowni, na wysokości 1 m nad podłogą. Dobrać siatkę punktów pomiaru - co najmniej kilkadziesiąt punktów. W pomiarach korzystaj z dostępnego przyrządu o największej czułości.

5b. Zmierzyć krotność osłabienia 3 pojemników ołowianych.

Krotność osłabienia k definiuje się jako:

$k = E_0/E$, gdzie

E_0 - dawka w rozpatrywanym punkcie bez osłony, E – dawka tamże po ustawieniu osłony.

Zmierzyć dawkę E_0 dla nieosłoniętego źródła w zadanej odległości np. 30 cm od źródła.

Umieścić źródło w pojemniku ołowianym o danej grubości ścianek i zmierzyć moc dawki D w tej samej odległości. Pomiar powtórzyć dla pozostałych pojemników. Wyznaczyć grubość ścianek pojemników. Wyznaczyć krotność osłabienia promieniowania Cs-137 przez pojemniki.

Uwaga: źródło w pojemniku umieszcza prowadzący.

Opracowanie wyników

1. Sporządzić rysunek, przedstawiający geometrię i metodę pomiaru.

2. Porównać obliczoną i zmierzoną wartość mocy dawki \dot{E} w odległości 1m, np. wyznaczyć względną różnicę między tymi wielkościami (w proc.)

Skorzystaj z wzoru

$$\text{wzgl. różnica [\%]} = 100 * \frac{E_{\text{dośw}} - E_{\text{oblicz}}}{E_{\text{oblicz}}}$$

3. Przedstawić graficznie – sporządzić wykres:

- a. zależności mocy dawki od odległości od źródła – obliczoną oraz zmierzoną dla obu stosowanych radiometrów,
- b. zależności dawki zmierzonej (os OY) od dawki obliczonej (os OX). Na wykresie zaznaczyć prostą $y = x$, która odpowiada „wyidealizowanej” sytuacji, gdy wartość zmierzona jest równa wartości obliczonej („prawdziwej”) – por. wykres w załączonym świadectwie wzorcowania. Zinterpretować otrzymane wyniki.

4. Zaproponować współczynnik poprawkowy dla badanego radiometru, tzn. wartość przez którą należy mnożyć wskazania przyrządu, by były one jak najbliższe wartościom rzeczywistym (w naszym przypadku obliczonym) (por. załączone świadectwo wzorcowania). Dla przyrządów mających kilka zakresów pomiarowych współczynnik poprawkowy należy wyznaczać dla każdego zakresu osobno.

5a. Przedstawić graficznie rozkład mocy dawki w Pracowni, tak by widoczne były miejsca o podwyższonej mocy dawki - np. zaznaczyć różnymi kolorami obszary o różnej mocy dawki lub narysować izodozy (linie łączące punkty o takiej samej mocy dawki). Zinterpretować otrzymane wyniki, m.in. zidentyfikować źródła podwyższonej mocy dawki.

Oszacować następujące dawki:

- dawka otrzymywana w czasie zajęć przez studenta wykonującego ćwiczenie 25,
- dawkę roczną, otrzymywaną przez prowadzącego zajęcia. Założyć, że prowadzący ma zajęcia przez około 100 godzin rocznie; przyjąć w sposób uproszczony czas przebywania prowadzącego w poszczególnych punktach Pracowni np. x_1 godzin przy biurku, x_2 godz. przy szafie ze źródłami, x_3 godz. przy stanowisku ćwiczenia 7, resztę czasu w środku laboratorium. Porównać otrzymaną dawkę z dawką graniczną dla osób narażonych zawodowo na promieniowanie (por. Dodatek do Instrukcji). Zinterpretować otrzymane wyniki.

5b. Sporządzić wykres krotności osłabienia promieniowania Cs-137 od grubości osłony ołowianej.

Na wykres nanieść wartości otrzymane w pomiarach oraz wartości dostępne w literaturze, np. na wykresach w PN-86/J-80001.

Uwaga. Korzystając z wykresów należy pamiętać, że grubość ołowiu jest przedstawiona na nich w skali liniowej, zaś krotność osłabienia w skali logarytmicznej. Aby uniknąć problemu interpolacji na skali logarytmicznej wygodnie jest odczytać grubość ołowiu odpowiadającą krotności osłabienia 2, 3, 5 i 10.

Literatura.

Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe; tekst jednolity Dz.U. 2021 poz. 1941

Polska Norma PN-86/J-80001 Materiały i sprzęt ochrony przed promieniowaniem X i gamma

Dodatek

Wielkości stosowane w ochronie radiologicznej, dawki graniczne

1. Na podstawie ustawy Prawo Atomowe z dnia 29 listopada 2000 roku obowiązującymi wielkościami stosowanymi w dozymetrii promieniowania są:

- **dawka pochłonięta D** – energia promieniowania jonizującego przekazana materii w elemencie objętości podzielona przez masę tego elementu, wyrażona wzorem:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

gdzie:

$d\bar{\epsilon}$ - oznacza średnią wartość energii przekazanej,

dm - oznacza masę materii zawartej w elemencie objętości.

Dawka pochłonięta oznacza dawkę uśrednioną w tkance lub narzędzie. Jednostką miary dawki pochłoniętej jest grej (Gy).

- **dawka równoważna H_T** – dawka pochłonięta w tkance lub narzędzie T, ważona dla rodzaju i energii promieniowania jonizującego R, wyrażona wzorem:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

gdzie:

$D_{T,R}$ - oznacza dawkę pochłoniętą od promieniowania jonizującego R, uśrednioną w tkance lub narzędzie T,

w_R – oznacza czynnik wagowy promieniowania jonizującego R.

Jednostką miary dawki równoważnej jest siwert (Sv).

- **dawka skuteczna (efektywna) E** – suma ważonych dawek równoważnych od zewnętrznego i wewnętrznego napromienienia tkanek i narządów, wyrażona wzorem:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

gdzie:

H_T - oznacza dawkę równoważną w tkance lub narzędzie T,

w_T – oznacza czynnik wagowy tkanki lub narządu T.

2. Ponadto można określić moc dawki pochłoniętej w powietrzu, moc dawki skutecznej oraz krotność osłabienia promieniowania przez osłonę.

Moc dawki pochłoniętej w odległości l od nieosłoniętego punkтового źródła promieniowania gamma wyraża się wzorem:

$$\dot{D} = \frac{\Gamma_r \cdot A}{l^2} \quad (1)$$

Moc dawki skutecznej \dot{E} wokół źródła promieniowania γ określa wzór, powstały w wyniku przekształcenia wzoru (1):

$$\dot{E} [mSv/h] = \frac{\Gamma_r \cdot A}{k \cdot l^2 \cdot 0,087} \quad (2)$$

gdzie:

- Γ_r - równoważna wartość stałej ekspozycyjnej [$cGy \cdot m^2 \cdot h^{-1} \cdot GBq^{-1}$], czyli moc dawki pochłoniętej w powietrzu (cGy/h) w odległości 1 m od źródła o aktywności 1 GBq (wartość stabelaryzowana, por. np. Polska Norma = PN-86/J-80001)

- A – aktywność źródła [GBq],

- k – krotność osłabienia przez osłony,

- l – średnia odległość od źródła promieniotwórczego [m],

0,087 – stała związana z przeliczaniem wielkości i jednostek, gdy dawka skuteczna wyrażona jest w mSv/h, aktywność w GBq, czas w godzinach, a odległość w metrach.

Niezbędną krotkość osłabienia przez osłonę, promieniowania pochodzącego ze źródła punktowego i padającego bezpośrednio na osłonę można obliczyć na podstawie wzoru:

$$k = \frac{\Gamma_r \cdot A \cdot t}{D \cdot l^2}$$

gdzie:

t – tygodniowy czas narażenia osób przebywających za osłoną,

D – tygodniowa dawka graniczna (wyrażona jako dawka pochłonięta) dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące,

l – najmniejsza odległość źródła promieniowania od miejsca osłanianego w warunkach pracy.

Dawka graniczna to, według ustawy Prawo Atomowe, wartość dawki promieniowania jonizującego, wyrażona jako dawka skuteczna lub równoważna, dla określonych grup osób, pochodząca od kontrolowanej działalności zawodowej, której nie wolno przekroczyć (poza przypadkami przewidzianymi w ustawie).

Dla pracowników graniczna dawka skuteczna, wynosi 20 mSv/rok, natomiast dla osób z ogółu ludności wynosi ona 1 mSv/rok.

Dawka graniczna nie obejmuje:

- narażenia na promieniowanie naturalne, która wynosi w Polsce około 2,4 mSv/rok,
- narażenia na promieniowanie ze źródeł medycznych, która wynosi w Polsce około 1,3 mSv/rok.



Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul. Radzikowskiego 152, PL 31-342 Kraków
tel. 012/6628486, faks 012/6628066, e-mail: wzorcowanie@ifj.edu.pl

Laboratorium wzorcujące akredytowane przez
Polskie Centrum Akredytacji, sygnatariusza porozumień EA MLA i ILAC MRA
dotyczących wzajemnego uznawania świadectw wzorcowania.
Nr akredytacji AP 029



AP 029

ŚWIADECTWO WZORCOWANIA

Data wydania: 04 października 2011

Nr świadectwa: 7601/2011

Strona 1/2

PRZEDMIOT WZORCOWANIA

Nazwa Miernik Skażeń Radioaktywnych

Typ EKO-C

Numer fabryczny 642/2004

Producent POLON-EKOLAB, Gdańsk

Rok produkcji 2004

ZGŁASZAJĄCY

Zleciennodawca Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Adres Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

METODA WZORCOWANIA

Procedura wzorcowania radiometrów promieniowaniem gamma ze źródła Cs-137 (WZOR-1
wyd. 1 z dn. 15.04.08).

WARUNKI ŚRODOWISKOWE

Ciśnienie (993 - 994) hPa

Temperatura (17.4 - 18.4) °C

Wilgotność (66.6 - 67.6) %

DATA WYKONANIA WZORCOWANIA

04 października 2011

SPÓJNOŚĆ POMIAROWA

Wyniki wzorcowania zostały odniesione do państwowego wzorca jednostki miary mocy kermy
promieniowania gamma w powietrzu utrzymywanego w GUM poprzez zastosowanie dawkomierza
kontrolnego UNIDOS 10001.

WYNIKI WZORCOWANIA

Podano na stronie 2 niniejszego świadectwa wraz z wartościami niepewności pomiaru.

NIEPEWNOŚĆ POMIARU

Niepewność pomiaru została określona zgodnie z dokumentem EA-4/02. Podane wartości
niepewności stanowią niepewności rozszerzone przy poziomie ufności ok. 95% i współczynniku
rozszerzenia $k = 2$.

W



KIEROWNIK
Laboratorium Wzorcowania
Przyrządów Dozymetrycznych
INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ W KRAKOWIE
POLSKIEJ AKADEMII NAUK
B. Bilski
dr Paweł Bilski

Niniejsze świadectwo może być okazywane lub kopiowane tylko w całości.

ŚWIADECTWO WZORCOWANIA

wydane przez laboratorium akredytowane Nr AP 029

Data wydania: 04 października 2011

Nr świadectwa: 7601/2011

Strona 2/2

**WYNIKI
WZORCOWANIA**

Wyniki przeprowadzonego wzorcowania przedstawiono poniżej:

Wzorcowanie źródłem gamma: Cs-137, moc przestrzennego równoważnika dawki

Typ sondy: Detektor własny Numer fabryczny sondy: nie dotyczy

ZAKRES POMIAROWY PRZYRZĄDU	WARTOŚĆ WSPÓLCZYNNIKA POPRAWKOWEGO
$\mu\text{Sv/h}$	-
500	0.90 +/- 0.18

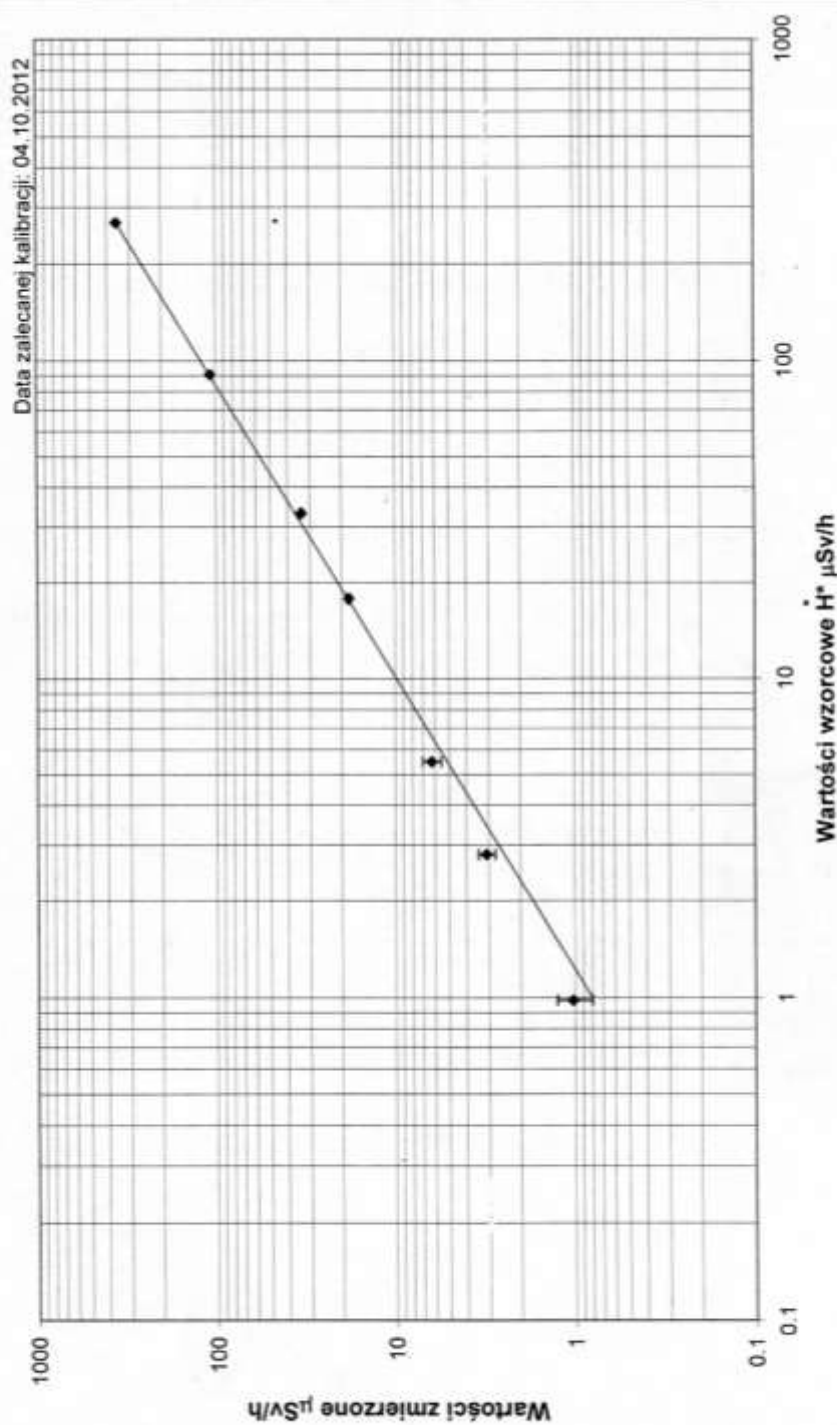
Zmierzoną wartość mocy kermy (lub wielkości pochodnej) należy pomnożyć przez odpowiadającą wartość współczynnika poprawkowego dla danego zakresu pomiarowego przyrządu.

Sprawdził(a):

P. Biłski

Biłski

Wykres kalibracyjny dotyczący Świadczenia Wzorcowania nr 7601/2011



SPRAWDZIŁ:
podpis

B:LL