

Informacje - Fizyka Jądrowa

Spis treści

1	Zasady wykonywania ćwiczeń	2
2	Zasady bezpiecznej pracy	3
2.1	Podstawowe zasady bezpieczeństwa	3
2.2	Zasady pracy ze źródłami promieniotwórczymi	3
2.3	Awaria radiacyjna	4
3	Podstawy ochrony radiologicznej	5
3.1	Promieniowanie jonizujące	5
3.2	Dawka pochłonięta	5
3.3	Dawka równoważna	5
3.4	Dawka skuteczna (efektywna)	6
3.5	Moc dawki	6
3.6	Czynniki wagowe rodzajów promieniowania	6
3.7	Czynniki wagowe tkanek	6
3.8	Dawka graniczna	6
3.9	Minimalizacja ryzyka	7

1 Zasady wykonywania ćwiczeń

Etapy wykonywania ćwiczenia:

1. Przygotowanie teoretyczne na podstawie instrukcji, literatury i konsultacji z prowadzącymi.
2. Kolokwium wstępne.
3. Wykonanie pomiarów.
4. Przygotowanie sprawozdania (**maksymalnie 2 tygodnie**).
5. Rozmowa końcowa.
6. Ewentualna (jednokrotna) poprawa raportu.
7. Ocena końcowa.

Ocena końcowa uwzględnia

- przygotowanie do wykonania ćwiczenia (kolokwium),
- sposób prowadzenia pomiarów,
- sprawozdanie,
- wynik rozmowy końcowej.

UWAGA! Stwierdzenie niesamodzielnej pracy studenta lub, że raport jest plagiatem skutkuje niezaliczeniem pracowni.

2 Zasady bezpiecznej pracy

2.1 Podstawowe zasady bezpieczeństwa

- W czasie wykonywania ćwiczeń należy stosować się do wskazówek i poleceń asystenta.
- Należy przestrzegać ogólnych zasad BHP.
- W szczególności należy zwrócić uwagę na zagrożenia występujące na pracowni:
 - ciężkie osłony, ołowiane cegły
 - wysokie napięcie zasilające detektory
 - źródła promieniowania jonizującego α, β, γ oraz źródło neutronów
- Ćwiczenia należy wykonywać w fartuchach ochronnych
- Na terenie Pracowni nie wolno:
 - palić papierosów,
 - pić i spożywać posiłków,
 - używać kosmetyków.
- Przed opuszczeniem Pracowni należy:
 - powiadomić asystenta o zakończeniu lub przerwie w pracy
 - sprawdzić czystość rąk miernikiem skażeń
 - zdjąć fartuch ochronny
 - umyć ręce
- **W przypadku zauważonego zagrożenia, awarii lub wypadku należy niezwłocznie zawiadomić prowadzącego ćwiczenia**

2.2 Zasady pracy ze źródłami promieniotwórczymi

- Na pracowni używane są wyłącznie zamknięte źródła promieniotwórcze.
- Źródła przechowywane są na stałe w wydzielonym "Magazynie źródeł promieniotwórczych" (pok. nr 5),
- Wykonujący ćwiczenie pobiera źródła z magazynu, pod nadzorem prowadzącego ćwiczenie i za zastawem legitymacji studenckiej lub innego dowodu tożsamości ze zdjęciem.
- Zabronione są jakiegokolwiek mechaniczne operacje przy źródle, mogące naruszyć jego obudowę.
- Na stanowisku pracy źródła promieniotwórcze należy przechowywać w przeznaczonych do tego miejscach.
- Do przenoszenia źródeł należy wykorzystywać pęsetę.
- Zwrot źródła przez studenta poświadczony jest podpisem inspektora ochrony radiologicznej lub prowadzącego ćwiczenie.

2.3 Awaria radiacyjna

Sytuacja awarii radiacyjnej może nastąpić w przypadku:

- rozszczelnienia lub zniszczenia źródła promieniotwórczego,
- zagubienia źródła w Pracowni,
- innych nieprzewidzianych zdarzeń

W przypadku stwierdzenia zagrożenia radiacyjnego należy powiadomić niezwłocznie asystenta prowadzącego ćwiczenie i stosować się do jego poleceń. Opuszczenie Pracowni jest w takiej sytuacji możliwe dopiero po uzyskaniu zgody inspektora ochrony radiologicznej lub asystenta.

3 Podstawy ochrony radiologicznej

3.1 Promieniowanie jonizujące

Pod terminem promieniowanie jonizujące kryje się cała gama cząstek, od kwantów promieniowania X i γ , przez elektrony (promieniowanie β), miony, protony, neutrony oraz cząstki α , aż do ciężkich jonów, czyli większych jąder atomowych. Niezależnie od mechanizmu, który może być bezpośredni lub pośredni, wszystkie mają wspólną cechę - zdolność do wyrwania elektronów, bądź rozrywania wiązań chemicznych i, co za tym idzie tworzenia jonów w materii przez którą przechodzą.

Promieniowanie jonizujące występuje w sposób naturalny w przyrodzie pod postacią m.in. promieniowania kosmicznego lub promieniotwórczości emitowanej przez zawarte w skorupie ziemskiej radioaktywne izotopy. Tym niemniej staramy się ograniczyć dodatkowy wpływ promieniowania wytwarzanego przez człowieka do poziomu tak niskiego, jak tylko jest to rozsądnie osiągalne, przy uwzględnieniu czynników ekonomicznych, społecznych i zdrowotnych. Ta zasada - tzw. **ALARA** (As Low As Reasonably Achievable) - jest podstawą pracy ze źródłami promieniowania.

3.2 Dawka pochłonięta

Dawka pochłonięta to energia promieniowania jonizującego przekazana materii w elemencie objętości podzielona przez masę tego elementu, wyrażona wzorem:

$$D = \frac{d\epsilon}{dm}, \quad (1)$$

gdzie

- $d\epsilon$ - średnia wartość przekazanej energii,
- dm - masa materii zawarta w elemencie objętości

Dawka pochłonięta oznacza dawkę uśrednioną w tkance lub narządzie. Jednostką miary dawki pochłoniętej jest 1 grej ($\text{Gy} = \text{J} / \text{kg}$) (czasami spotykana starsza jednostka $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$).

3.3 Dawka równoważna

Biologiczne skutki promieniowania nie zależą jedynie od przekazanej energii, ale także od rodzaju promieniowania oraz wrażliwości tkanki lub narządu, który ją pochłoniął. Dlatego dawka równoważna H_T , pochłonięta w tkance lub narządzie T , jest ważona dla rodzaju i energii promieniowania jonizującego R i wyrażona wzorem:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}, \quad (2)$$

gdzie

- $D_{T,R}$ - dawka pochłonięta od promieniowania jonizującego R , uśredniona w tkance T ,
- w_R czynnik wagowy promieniowania

Jednostką miary dawki równoważnej jest 1 siwert ($\text{Sv} = \text{J} / \text{kg}$) (czasami spotykana starsza jednostka $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$).

Przy niewielkich dawkach efekty napromieniowania widoczne są w pojedynczych komórkach i są jedynie stochastyczne, np. zwiększają prawdopodobieństwo wystąpienia nowotworów. Dopiero po przekroczeniu pewnej dawki progowej pojawiają się efekty deterministyczne, polegające na uszkodzeniu (trwałym lub nie) tkanek lub narządów. Dla większości narządów dawka progowa to 0.5 Sv.

3.4 Dawka skuteczna (efektywna)

To suma ważonych dawek równoważnych od zewnętrznego i wewnętrznego napromienienia tkanek i narządów wyrażona wzorem:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}, \quad (3)$$

gdzie

- w_T - czynnik wagowy tkanki lub narządu T,
- $D_{T,R}$ - dawka pochłonięta od promieniowania jonizującego R, uśredniona w tkance T,
- w_R czynnik wagowy promieniowania.

3.5 Moc dawki

Moc dawki (pochłoniętej, równoważnej, skutecznej) to jej pochodna po czasie. Jednostką mocy dawki jest Sv/s, w praktyce używamy najczęściej $\mu\text{Sv/h}$. Te wielkości są podawane przez monitory skażeń znajdujące się na pracowni (starsze modele mogą używać $\mu\text{Gy/h}$). Punktem odniesienia dla mocy dawki powinno być naturalne promieniowanie tła, które w Polsce wynosi około 0.2 - 0.3 $\mu\text{Sv/h}$.

3.6 Czynniki wagowe rodzajów promieniowania

Rodzaj promieniowania	Czynnik wagowy w_R
Fotony, wszystkie energie	1
Elektrony i miony, wszystkie energie	1
Neutrony:	
< 10 keV	5
10 keV do 100 keV	10
100 keV do 2 MeV	20
2 MeV do 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protony, z wyłączeniem protonów odrzutu, energia > 2 MeV	5
Cząstki alfa, fragmenty rozszczepienia, ciężkie jądra	20

3.7 Czynniki wagowe tkanek

3.8 Dawka graniczna

Dawka graniczna to wartość dawki promieniowania jonizującego, wyrażona jako dawka skuteczna lub równoważna, dla określonych osób, pochodząca od kontrolowanej działalności zawodowej, której, poza przypadkami przewidzianym w ustawie Prawo atomowe, nie wolno przekraczać. Dawki graniczne obejmują sumę dawek pochodzących od narażenia zewnętrznego i wewnętrznego.

Tkanka lub narząd	Czynnik wagowy w_T
Gonady	0.20
Szpik kostny	0.12
Jelito grube	0.12
Płuca	0.12
Żołądek	0.12
Wątroba	0.05
Tarczyca	0.05
Przetyk	0.05
Pęcherz moczowy	0.05
Gruzoły piersiowe	0.05
Skóra	0.01
Powierzchnia kości	0.01
Pozostałe	0.05
Całe ciało	1.00

Dla porównania roczna dawka ze źródeł naturalnych w Polsce to około 2.5 mSv (ta wielkość nie wlicza się do dawki granicznej ze źródeł sztucznych).

Wartości maksymalnych dawek granicznych dla niektórych grup ludności:

- Pracownicy, uczniowie, studenci, praktykanci w wieku ≥ 18 lat - 20 mSv/rok
- Uczniowie, studenci w wieku 16 -18 lat - 6 mSv/rok
- Osoby z ogółu ludności, uczniowie, studenci w wieku poniżej 16 lat - 1 mSv/rok

Uwaga! Kobiety w ciąży oraz karmiące nie mogą być narażane na promieniowanie jonizujące.

3.9 Minimalizacja ryzyka

Zgodnie z zasadą ALARA powinniśmy starać się ograniczyć ryzyko napromieniowania od źródła, mamy do dyspozycji trzy proste sposoby: czas ekspozycji, odległość od źródła oraz osłony.

Czas. Należy ograniczyć czas przebywania w miejscu zagrożonym promieniowaniem. Dawka jest proporcjonalna do czasu przebywania w polu promieniowania źródła.

Odległość. Pracę należy zaplanować w taki sposób, aby niepotrzebnie nie przebywać w pobliżu nie-osłoniętego źródła. Dawka otrzymana od źródła punktowego jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości. Źródła należy przenosić, o ile jest to możliwe, w ołowianych pojemnikach, oraz za pomocą pęset lub szczypiec dostępnych w magazynach źródeł promieniowania. Przykładowo źródło ^{60}Co o aktywności 1 MBq trzymane w odległości 1 cm naraża nas na dawkę efektywną 3.5 mSv/h, a w odległości 10 cm tylko 0.035 mSv/h.

Osłony. Jeżeli to możliwe i konieczne należy stosować odpowiednie osłony przed promieniowaniem. Promieniowanie α zatrzymywane jest przez warstwę kilku centymetrów powietrza czy kartkę papieru. Promieniowanie β - przez plastikowe lub aluminiowe osłony. Promieniowanie γ wymaga stosowania ołowianych osłon, natomiast promieniowanie neutronowe jest osłabiane przez wodę, tworzywa sztuczne lub beton.