

PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Szkolenie okresowe BHP
Wojewódzki Szpital Specjalistyczny
w Olsztynie

I. Wstęp

Zgodnie z obowiązującym prawem osoba przystępująca do pracy w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące powinna być do tego odpowiednio przygotowana, czyli posiadać, między innymi, niezbędną wiedzę z zakresu ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego.

Szkolenie dzisiejsze ma na celu zapewnić uczestnikom minimum wiedzy w tym zakresie oraz wskazać gdzie można uzupełnić i pogłębić uzyskane wiadomości.

II. Promieniowanie jonizujące

1. Promieniowanie to zjawisko polegające na wysyłaniu i przenoszeniu energii na odległość.
2. Promieniowanie jonizujące składa się z cząstek bezpośrednio lub pośrednio jonizujących albo z obu rodzajów tych cząstek lub fal elektromagnetycznych o długości nie przekraczającej 100 nm (nanometrów).
3. Jonizacja to zjawisko polegające na odrywaniu elektronów od obojętnych elektrycznie atomów, na skutek czego powstają dodatnie jony atomów i ujemnie naładowane elektrony.

4. Rodzaje promieniowania jonizującego.

α	Jądra atomów helu emitowane przez niektóre pierwiastki promieniotwórcze
β , elektrony	Ujemnie lub dodatnio(pozytony) naładowane cząstki elementarne emitowane przez niektóre pierwiastki promieniotwórcze lub wytwarzane w aparatach rentgenowskich lub akceleratorach
γ	Fale elektromagnetyczne emitowane przez pierwiastki promieniotwórcze
x	Fale elektromagnetyczne wytwarzane w aparatach rentgenowskich lub akceleratorach w wyniku hamowania rozpędzonych elektronów
n	Cząstki elementarne obojętne elektrycznie wytwarzane w reakcjach jądrowych np. rozszczepienia jądra uranu

5. Naturalne źródła promieniowania jonizującego, są to:

- substancje promieniotwórcze zawarte w skorupie ziemskiej,
- promieniowanie kosmiczne,
- substancje promieniotwórcze znajdujące się w organizmie człowieka.

6. Sztuczne źródła promieniowania jonizującego, są to:

- urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące, np. aparaty rentgenowskie lub akceleratory,
- opad promieniotwórczy – substancje promieniotwórcze powstałe w wyniku próbných wybuchów jądrowych oraz podczas normalnej pracy jak i awarii e elektrowniach jądrowych,
- odpady promieniotwórcze,
- niektóre przedmioty codziennego użytku, np.: izotopowe czujki dymu, kineskopy telewizorów lub monitorów,
- zastosowania w przemyśle lub medycynie.

7. Budowa atomu.

Wszystkie substancje są złożone z pierwiastków, a te z kolei z charakterystycznych dla danych pierwiastków atomów.

Atom składa się z małego jadra o ładunku dodatnim i zmiennej liczby elektronów, które mają ładunek ujemny.

Jadro atomu złożone jest z dodatnich protonów i obojętnych elektrycznie neutronów.

Atom danego pierwiastka ma charakterystyczną dla siebie stałą liczbę protonów, podczas gdy liczba neutronów może być zmienna.

Masa atomu prawie całkowicie skoncentrowana jest w jądrze bo elektron ma prawie 2000 razy mniejszą masę od protonu lub neutronu.

Protony + Neutrony = Jądro atomowe

Jadro + Elektrony = Atom

Rodzaje atomów = Nuklidy

Kombinacja Atomów = Cząsteczka

Nuklidy pierwiastka, które mają różne liczby neutronów a jednakowa liczbę protonów nazywa się izotopami promieniotwórczymi tego pierwiastka.

Niektóre nuklidy są nietrwałe i przekształcają się w inne nuklidy emitując promieniowanie jonizujące. Tę właściwość nazywamy radioaktywnością, proces rozpadu nazywamy rozpadem, a takie nuklidy nazywamy radionuklidami.

Radionuklidy: niestabilne nuklidy,

Radioaktywność: emitowanie promieniowania w wyniku przemian jądra atomu,

Promieniowanie: alfa, beta, neutronowe, promieniowanie X i gamma,

Aktywność: liczba przemian w jednostce czasu,

Okres połowicznego rozpadu: czas po jakim rozpadnie się połowa radionuklidów lub aktywność zmaleje o połowę.

8. Właściwości różnych rodzajów promieniowania jonizującego

α	<ul style="list-style-type: none">- Bardzo silnie jonizuje bezpośrednio, więc groźne przy wchłonięciach radionuklidów alfa promieniotwórczych do organizmu,- Słabo przenikliwe, czyli silnie pochłaniane przez materię np. pochłonie je kartka papieru – maksymalny zasięg w powietrzu do 10 cm.
β	<ul style="list-style-type: none">- Jonizujące bezpośrednio,- Względnie przenikliwe – maksymalny zasięg w powietrzu kilkanaście metrów,- Skutecznie pochłaniane przez materiały lekkie np.: tworzywa sztuczne, aluminium.
γ i X	<ul style="list-style-type: none">- Jonizujące pośrednio,- Bardzo przenikliwe,- Skutecznie pochłaniane przez materiały ciężkie np.: ołów, beton.
n	<ul style="list-style-type: none">- Jonizujące pośrednio,- Bardzo przenikliwe,- Pochłaniane w wyniku spowolnienia w materiale moderującym zawierającym atomy wodoru np.: woda, parafina, polietylen.

III. Wielkości stosowane w ochronie radiologicznej

Wielkość	Określenie	Jednostka i symbol
Aktywność	Liczba rozpadów ciągu jednej sekundy	bekerele, Bq
Dawka pochłonięta	Energia promieniowania jonizującego pochłonięta przez jednostkę masy ośrodka, w którym rozchodzi się promieniowanie.	Grej, 1Gy
Dawka równoważna	Dawka pochłonięta w tkance lub narządzie wyznaczona z uwzględnieniem rodzaju i energii promieniowania jonizującego	Siwert, 1 Sv
Dawka skuteczna	Suma dawek równoważnych pochodzących od zewnętrznych i wewnętrznych źródeł promieniowania z uwzględnieniem odpowiednich współczynników wagowych narządów i tkanek.	Siwert, 1 Sv

W odniesieniu do każdej z wymienionych dawek używa się pojęcia mocy dawki. Moc dawki określa jaką dawkę promieniowanie jonizujące mogło by pozostawić w danym miejscu w ciągu jednej godziny.

$$\text{„dawka”} = \text{„moc dawki”} \times \text{„czas”}$$

Jednostkami mocy dawki są odpowiednio: Gy/h, Sv/h.

W praktyce pomiarów dozymetrycznych stosuje się jednostki mniejsze dostosowane do realnych sytuacji:

$$1\text{mGy/h} = 0,001\text{Gy/h}, \quad 1\text{mSv/h} = 0,001 \text{ Sv/h},$$

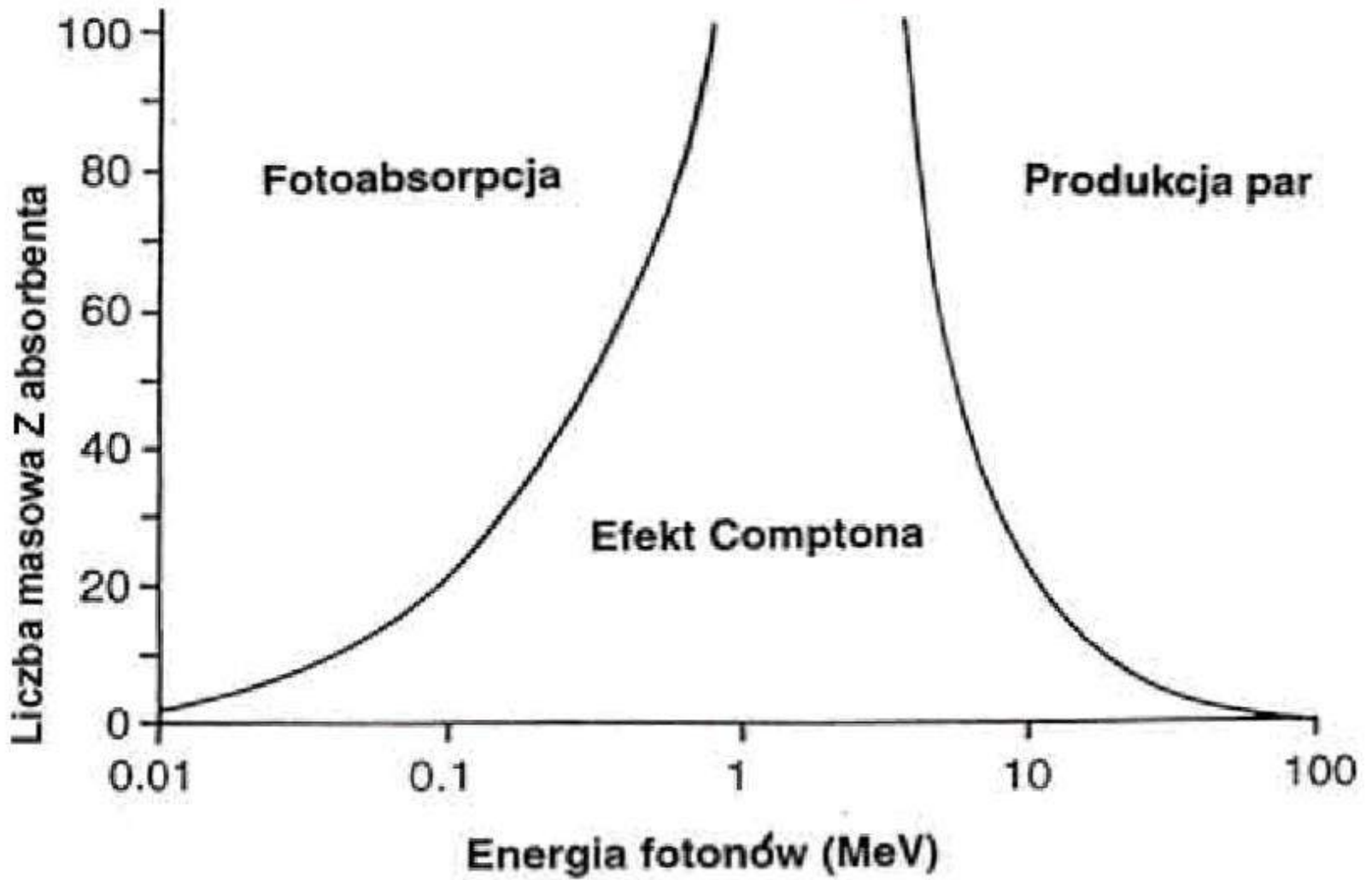
$$1\mu\text{Gy/h} = 0,000001\text{Gy/h}, \quad 1 \mu\text{Sv/h} = 0,000001\text{Sv/h}$$

IV. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią

1. Biologiczne skutki oddziaływania promieniowania jonizującego

Biologiczne skutki oddziaływania promieniowania jonizującego na organizm człowieka zależą od rodzaju i energii cząstek promieniowania oraz od czasu i sposobu oddziaływania.

Promieniowanie jonizujące jest nie tylko niebezpieczne dla zdrowia i życia, ale jest także zdradliwe gdyż jego skutki mogą się ujawnić po wielu latach od czasu ustania ekspozycji.



2. Mechanizmami odpowiedzialnymi za działanie promieniowania jonizującego na komórkę są:

- wytwarzanie w cytoplazmie wolnych rodników (głównie produktów radiolizy wody),
- zmiany w przepuszczalności barier komórkowych (zaburzenie transportu i niewłaściwe rozmieszczenie w cytoplazmie jonów i cząsteczek),
- zmiany w układach enzymatycznych,
- oddziaływanie na cykl mitotyczny,
- uszkodzenia DNA.

3. Niestochastyczne skutki oddziaływania promieniowania jonizującego

Skutki niestochastyczne (deterministyczne) występują w przypadkach, gdy wartość dawki przekracza tzw. wartość progową.

Na przykład:

- narządy wzroku ulegną uszkodzeniu po otrzymaniu dawki powyżej 15 Sv,
- uszkodzenia skóry nastąpią powyżej dawki 20 Sv.

Ciężkość skutków niestochastycznych zwiększa się wraz z otrzymana dawką.

Przewidywany skutek biologiczny po jednorazowym napromienieniu całego ciała człowieka

Dawka (Sv)	Skutek biologiczny
0,25-1	Objawy kliniczne nie występują. Okresowe zmiany w obrazie krwi. Bardzo małe prawdopodobieństwo skutków późnych.
1-2	Niewielkie objawy kliniczne, u do 10% osób wymioty w ciągu kilku godzin po napromienieniu, okresowe zmiany w obrazie krwi z opóźnioną odnową, większość objawów ustępuje po kilku tygodniach. Duże prawdopodobieństwo wystąpienia skutków późnych,
2 - 3	Ciężkie objawy kliniczne, wymioty u wszystkich osób w ciągu 2 h, poważne zmiany we krwi, utrata włosów po ok.. 2 tygodniach, 25% osób umrze. Częste następstwa późne.

Przewidywany skutek biologiczny po jednorazowym napromienieniu całego ciała człowieka - kontynuacja

3-5	Ciężkie objawy kliniczne z pełnym rozwojem choroby popromiennej i wyraźnym uszkodzeniem czynności krwiotwórczych szpiku. Dawka śmiertelna dla 50 % osób.
5-7	Ciężkie objawy kliniczne, objawy ciężkiego uszkodzenia szpiku. Śmierć następuje w ciągu kilkunastu do kilkudziesięciu dni. Przeżywa 20 % osób.
7-50	Uszkodzenia układu pokarmowego z objawami krwotocznymi, odwodnienie organizmu. Śmierć następuje w ciągu kilku do kilkunastu dni. Umrze 100% osób.
50 -	Wystąpi zespół ośrodkowo – mózgowy, zaburzenie świadomości, oddychania i krążenia. Śmierć następuje od minut do godzin. Umrze 100 % osób.

4. Stochastyczne skutki oddziaływania promieniowania jonizującego

Skutki stochastyczne to takie, dla których nie można określić dawki progowej.

Nawet najmniejsze dawki mogą spowodować wystąpienie choroby.

Skutki stochastyczne dzielą się na:

- somatyczne - występują bezpośrednio u osoby napromienionej,
- genetyczne - ujawniają się u potomstwa osoby napromienionej.

5. Przykładowe czynniki wagowe tkanek lub narządów

Narząd lub tkanka	Czynnik wagowy W_T
Gonady	0,20
Czerwony szpik kostny	0,12
Płuca	0,12
Pęcherz moczowy	0,05
Gruczoły piersiowe	0,05
Powierzchnia kości	0,01
Skóra	0,01
Pozostałe	0,44

6. Przykładowe czynniki wagowe dla różnych rodzajów promieniowania

Rodzaj promieniowania i zakres energii	Czynnik wagowy promieniowania
Fotony, wszystkie energie (X, gamma)	1
Elektrony, wszystkie energie (beta)	1
Neutrony, energia poniżej 10keV	5
Neutrony, energia od 10 keV do 100 keV	10
Neutrony, energia od 100 keV do 2 MeV	20

Dawki graniczne (na rok kalendarzowy)

Kogo dotyczy	Dawka skuteczna (efektywna) D_s (mSv)	Dawka równoważna D_r (mSv)		
		Oczy soczewki	Skóra	Dłonie, przedramiona, podudzia i stopy
Pracownicy	20	150	500	500
Pracownicy kat. A	$6 < D_s \leq 20$	$0,3 \cdot 150 < D_r \leq 150$	$0,3 \cdot 500 < D_r \leq 500$	$0,3 \cdot 500 < D_r \leq 500$
Pracownicy kat. B	$1 < D_s \leq 6$	$0,1 \cdot 150 < D_r \leq 0,3 \cdot 150$	$0,1 \cdot 500 < D_r \leq 0,3 \cdot 500$	$0,1 \cdot 500 < D_r \leq 0,3 \cdot 500$
Osoba usuwająca skutki zdarzenia radiacyjnego	100	-	-	-
Osoba ratująca życie ludzkie	500	-	-	-
Uczniowie, studenci i praktykanci powyżej 18 lat	20	150	500	500
Uczniowie, studenci i praktykanci od 16 lat do 18 lat	6	50	150	150
Uczniowie, studenci i praktykanci poniżej 16 lat	1	15	50	-
Osoby z ogółu ludności	1	15	50	-
Kobieta od chwili zawiadomienia o ciąży	1	-	-	-
Kobieta karmiąca piersią	1	-	-	-

VI. Zasady bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego

1. Przy wykonywaniu i planowaniu pracy ze źródłami promieniowania jonizującego należy przestrzegać zasady ograniczenia narażenia, przez:

- skracanie czasu narażenia,
- zwiększanie odległości od źródła promieniowania jonizującego,
- ograniczanie pola tego promieniowania,
- eliminowanie skażeń promieniotwórczych.

2.Szczególne zasady ograniczenia narażenia na promieniowanie jonizujące

- Przebywać na terenie nadzorowanym tylko za wiedzą przełożonego.
- Nosić na terenie nadzorowanym swój dawkomierz indywidualny.
- Nie pozostawić bez nadzoru źródeł promieniotwórczych.
- Stosować się niezwłocznie do doraźnych poleceń i zaleceń operatora cyklotronu.
- W przypadku stwierdzenia jakiegokolwiek sytuacji awaryjnej niezwłocznie zawiadomić o tym bezpośredniego przełożonego.

Lp.	Opis potencjalnych sytuacji awaryjnych	
1.	Pożar na terenie nadzorowanym (magazynu źródeł promieniotwórczych, hala eksperymentów, pracownia klasy Z w pokoju nr 243, bunkier cyklotronu) lub w sąsiednich pomieszczeniach.	Może dojść do zniszczenia źródeł promieniotwórczych w wyniku, czego zostaną uwolnione do środowiska izotopy promieniotwórcze. Istnieje zagrożenie zdrowia ludzi na skutek wniknięcia tych izotopów drogą pokarmową lub oddechową do organizmu człowieka.
2.	Włamanie lub kradzież na terenie nadzorowanym.	Możliwość wyniesienia źródeł promieniotwórczych poza teren Laboratorium i świadome lub nie narażenie ludzi na działanie promieniowania jonizującego.
3.	Utrata źródła promieniotwórczego.	Utrata kontroli nad źródłem na skutek nieprzestrzegania zasad bezpiecznej pracy. Możliwe narażenie ludzi na działanie promieniowania jonizującego.
4.	Skażenia promieniotwórcze stanowisk pracy na skutek nieszczelności źródła promieniotwórczego.	Istnieje zagrożenie zdrowia ludzi na skutek wniknięcia izotopów promieniotwórczych drogą pokarmową lub oddechową do organizmu człowieka
5.	Dawka promieniowania jonizującego otrzymana przez pracownika przekroczyła jednorazowo 1 mSv lub sumaryczna dawka roczna przekroczyła 6 mSv.	Przekroczenie wskazanych poziomów może być skutkiem nie przestrzegania warunków bezpiecznej pracy. W wyniku tego może być zagrożone zdrowie lub życie pracowników.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Promyk Consulto Paweł Pogorzelski

16-075 Zawady Akacyjowa 24

888050176

pawelzawady@wp.pl