

Promieniowanie jonizujące i jego wpływ na organizmy żywe

Elementy zasobu:

1. Starter: ogólny wstęp do tematu, fotografię, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

2. Zawartość tekstowa

2.1.Czym jest promieniowanie jonizujące: krótki wstęp dotyczący promieniowania jonizującego; informacje dotyczące promieniowania kosmicznego i promieniowania wtórnego; informacje na temat źródeł promieniowania jonizującego; diagram kołowy przedstawiający źródła promieniowania jonizującego; czynniki wpływające na efekt promieniowania na organizmy żywe; określenie skutków deterministycznych i stochastycznych promieniowania zobrazowane wykresami zależności częstości skutku od dawki; określenie promieniowania alfa, jego źródeł, własności i wpływu na organizmy żywe; określenie promieniowania beta, jego źródeł, własności i wpływu na organizmy żywe; określenie promieniowania gamma, jego źródeł, własności i wpływu na organizmy żywe; określenie promieniowania neutronowego, jego źródeł i własności; film animowany "Promieniowanie jonizujące" omawiający źródła, własności i wpływ na organizmy żywe promieniowania alfa, beta, gamma, ochronę przed promieniowaniem jonizującym, negatywne i pozytywne skutki promieniowania jonizującego (czas: 7:08 s); ciekawostka dotycząca licznika Geigera-Müllera wraz z filmem animowanym omawiającym zasadę działania licznika (czas: 3:04 s); ciekawostka dotycząca obszaru Pasy Van Allena zilustrowana ilustracją tego obszaru.

2.2.Dawki promieniowania: określenie dawki pochłoniętego promieniowania wraz ze wzorem i jednostką; tabelaryczne zestawienie "Przykładowe skutki napromieniowania gamma dawką wyrażoną w grejach"; określenie czynników wpływających na skutki promieniowania; określenie równoważnika dawki wraz ze wzorem; podanie jednostki pochodnej równoważnika dawki promieniowania (siwert); przykładowe obliczenia dotyczące określenia różnicy między dawką pochłoniętego promieniowania a równoważnikiem tej dawki; tabelaryczne zestawienie "Równoważnik dawki naturalnego tła promieniowania dla wybranych rejonów Ziemi"; informacja o promieniowaniu tworzyw sztucznych i skutkach jednorazowego przyjęcia określonych dawek przez człowieka.

3. Podsumowanie: siedem sformułowań podsumowujących dotyczących źródeł, skutków działania i własności promieniowania jonizującego.
4. Zadanie podsumowujące moduł: ćwiczenie interaktywne polegające na wypełnieniu dwóch pustych miejsc w zdaniach.
5. Praca domowa: zestaw dwóch poleceń z wykorzystaniem Internetu.
6. Słowniczek zawiera wyjaśnienia pojęć: choroba popromienna, dawka pochłoniętego promieniowania, DNA, grej, lipidy, megaelektronowolt, mutacja, pierwiastek radioaktywny, promieniowanie alfa, promieniowanie beta, promieniowanie gamma, promieniowanie jonizujące, promieniowanie neutronowe, promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie wtórne, biologiczny równoważnik dawki (dawka równoważna), siwert.

Promieniowanie jonizujące i jego wpływ na organizmy żywe

Organizm człowieka narażony jest na skutki wywołane promieniowaniem jonizującym, które może pochodzić zarówno ze źródeł sztucznych, jak i naturalnych. Na tej lekcji dowiecie się, co to jest promieniowanie jonizujące i czy musimy się go obawiać.



Chociaż wypadki w elektrowniach jądrowych zdarzają się sporadyczne, niewiele rzeczy budzi w nas większy strach – winna jest temu głównie nasza niewiedza

Źródło: thierry ehrmann, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com/> [dostęp 11.07.2022], licencja: CC BY 2.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- opis zjawiska promieniotwórczości naturalnej;
- rolę, jaką odegrała Maria Skłodowska-Curie w badaniach nad promieniotwórczością naturalną;
- rodzaje promieniowania, które towarzyszą przemianom jąder atomowych;
- własności promieniowania alfa, beta i gamma.

Nauczysz się

- podawać definicję promieniowania jonizującego;
- dokonywać podziału na promieniotwórczość sztuczną i naturalną oraz podawać przykłady każdej z nich;
- wymieniać skutki, jakie może spowodować promieniowanie jonizujące, jeśli oddziałuje bezpośrednio na organizmy żywe.

Czym jest promieniowanie jonizujące?

Promieniowanie jonizujące towarzyszy człowiekowi od zawsze. Codziennie pochłaniamy promieniowanie, które dociera do nas z kosmosu oraz pochodzi ze skał lub gleby. Promieniowanie jonizujące jest promieniowaniem korpuskularnym lub elektromagnetycznym, powodującym jonizację ośrodka, przez który przechodzi. Dzięki odpowiednio dużej energii jest zdolne oderwać elektron od obojętnych atomów lub cząsteczek. Promieniowaniem jonizującym jest promieniowanie jądrowe (α , β i γ), neutronowe, rentgenowskie (zwane promieniowaniem X) i kosmiczne.

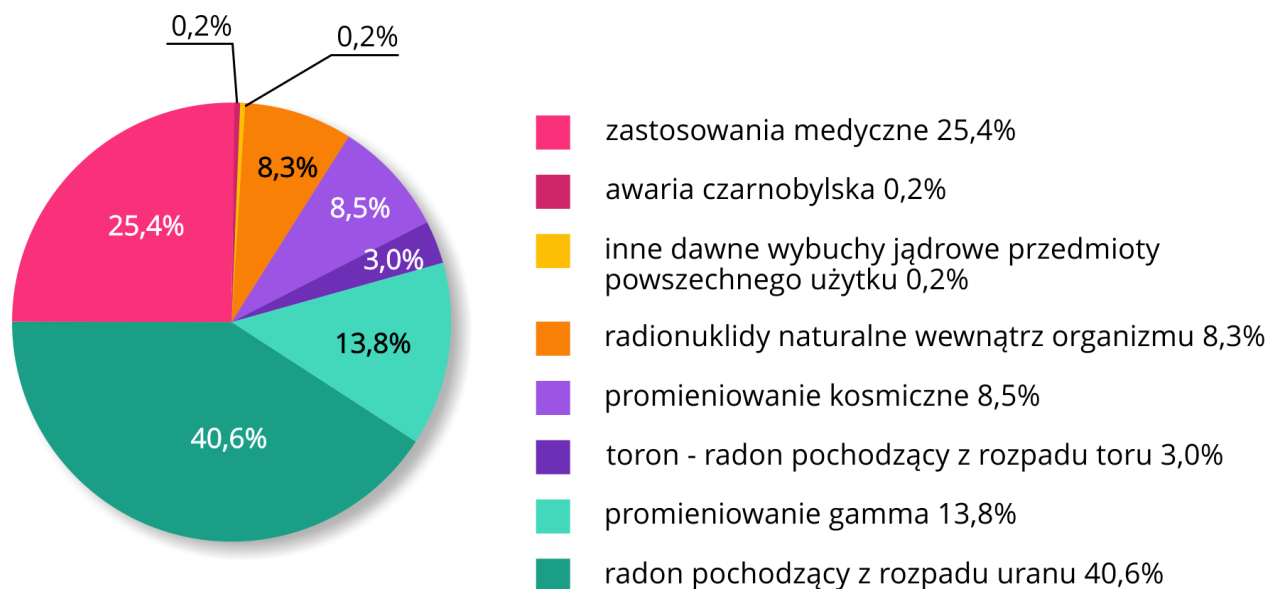
Źródłem naturalnego promieniowania jonizującego jest m.in. przestrzeń kosmiczna.

Promienie kosmiczne, które składa się głównie z jąder atomów o wielkich energiach (są to głównie protony), zostało odkryte na początku XX w. Przed promieniowaniem kosmicznym częściowo chroni nas atmosfera ziemska, która pochłania energię padających cząstek. W wyniku zderzeń cząsteczek z jądrami gazów (azot, tlen) w atmosferze emitowane jest **promieniowanie wtórne**. Szacuje się, że do wysokości 20 km nad powierzchnią Ziemi jest ono dominującą składową promieniowania kosmicznego. Im grubszą warstwę atmosfery musi pokonać promieniowanie, tym słabsze się ono staje. W związku z tym ludzie przyjmują dużo mniejszą dawkę promieniowania na poziomie morza niż osoby wspinające się w wysokich górach. Osoby latające samolotami na trasach transkontynentalnych otrzymają dawkę promieniowania równą mniej więcej dawce towarzyszącej prześwietleniu rentgenowskemu płuc.

Źródłem promieniowania jonizującego są również powierzchnia i wnętrze Ziemi, które zawierają bogate zasoby **pierwiastków radioaktywnych**. Na terenie Polski, po zakończeniu drugiej wojny światowej, wydobywano rudy uranu m.in. w Kletnie i Kowarach (Sudety). Z kopalni w Kletnie uzyskano łącznie 20 ton uranu.

Oprócz źródeł naturalnych promieniowania jonizującego istnieją także jego źródła sztuczne. Promieniowanie jonizacyjne wytworzone przez człowieka powstaje jako rezultat przemian zachodzących we wnętrzach jąder atomowych. Tym zmianom towarzyszy zmiana energii jąder, a często także liczby nukleonów. Podatne na to są zwłaszcza izotopy pierwiastków, w których znajduje się nieodpowiednia liczba neutronów.

Do źródeł sztucznych promieniowania jonizującego zaliczamy aparaturę medyczną (aparaty rentgenowskie, bomby kobaltowe), elektrownie jądrowe (reaktory) i urządzenia badawcze, np. akceleratory cząstek. W medycynie, przemyśle i nauce powszechnie stosuje się sztuczne izotopy promieniotwórcze, będące źródłem promieniowania α , β i γ .



(źródło: Państwowa Agencja Atomistyki - 2008)

Źródła promieniowania jonizującego

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wspomnieć należy również o jeszcze innych źródłach promieniowania jonizującego – testach bomb nuklearnych i awariach elektrowni jądrowych.

Zastanówmy się nad wpływem, jaki wywiera promieniowanie jonizujące na organizmy żywe, zwłaszcza na organizm ludzki. Efekt ten zależy głównie od kilku czynników:

- wielkości i natężenia przyjętej dawki;
- rodzaju promieniowania;
- wielkości i rodzaju obszaru poddanego działaniu czynnika jonizującego;
- wieku oraz płci osoby napromieniowanej;
- wrażliwości osobniczej;
- masy ciała;
- pory roku (temperatury otoczenia);

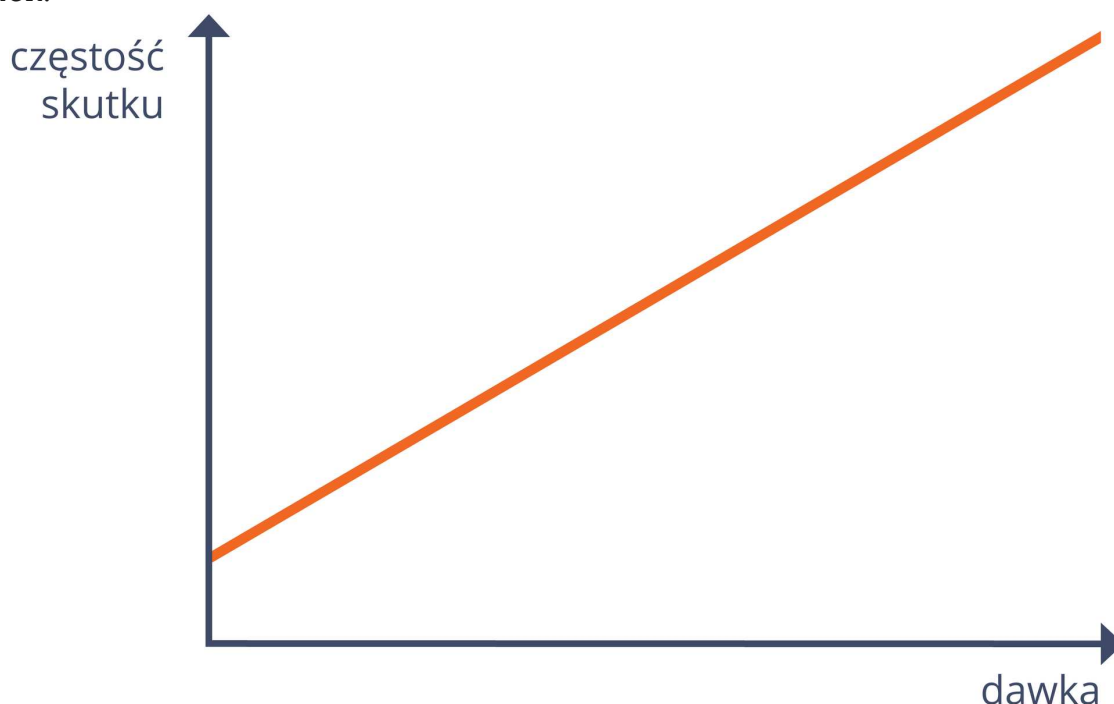
Promieniowanie jonizujące powoduje określone skutki biologiczne, które ze względu na podstawowe mechanizmy ich powstawania możemy podzielić na **deterministyczne** i **stochastyczne**.

Skutki deterministyczne są konsekwencją pochłonięcia przez organizm ludzki na tyle dużej dawki promieniowania jonizującego, że powoduje ona zniszczenie lub bezpowrotne uszkodzenie pewnej liczby komórek. Przejawem skutków deterministycznych jest **choroba popromienna**.



Przekroczenie dawki progowej promieniowania wywołuje pierwsze dostrzegalne zmiany w organizmie
 Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Skutki stochastyczne (losowe) są rezultatem uszkodzenia materiału genetycznego pojedynczej komórki i przejawiają się w postaci nowotworów lub chorób dziedzicznych. Dawka, która wywołuje te schorzenia, może być dowolnie mała, a o ich początku decyduje przypadek.



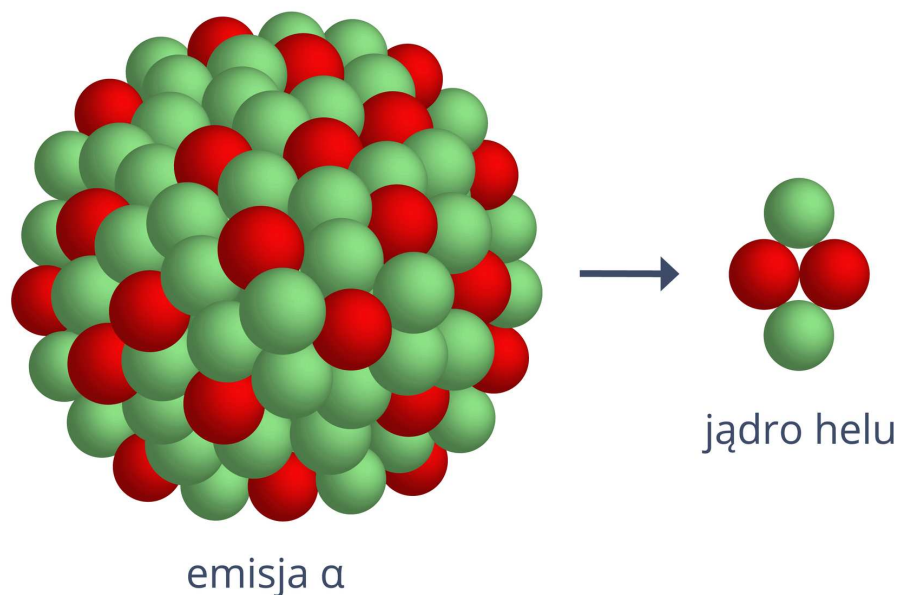
Dawka promieniowania wywołująca skutki stochastyczne może być dowolnie mała (bezprogowa)
 Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Jeśli promieniowanie jonizujące oddziałuje na żywą tkankę, może wywołać uszkodzenia na poziomie:

- molekularnym – uszkodzenia **lipidów** (wytworzenie wolnych rodników), pękanie nici **DNA**;
- komórkowym – uszkodzenia struktur błonowych, jądra i organelli komórkowych (zaburzenie metabolizmu komórki, degradacja składników komórki i uszkodzenie jej materiału genetycznego).

Promieniowanie α (promieniowanie alfa) stanowią duże cząstki, które, mimo swojego krótkiego zasięgu, mają silne własności jonizacyjne (nawet dwudziestokrotnie większe niż promieniowanie β lub γ). Kiedy cząstka α o energii 4 MeV porusza się w powietrzu, może wytworzyć nawet 120000 par jonów. Prawie cała energia cząstek alfa zużywana jest na jonizację ośrodka.

Źródłem promieniowania α są przemiany promieniotwórcze niektórych jąder, tzw. pierwiastków ciężkich (uranu, toru, radu).



Promieniowanie jonizujące

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Szkło, kilkucentymetrowa warstwa powietrza (4,37 cm dla cząstek o energii 6 MeV), skóra ludzka lub zwykły papier stanowią dla tego promieniowania zaporę nie do przebycia. Gdyby jednak cząstki α dostały się w jakiś sposób do organizmu, np. drogą pokarmową, to ich jonizujące działanie mogłoby się okazać tragiczne dla zdrowia (choroba popromienna, białaczka) i zakończyć nawet śmiercią. Promieniowanie α nie wymaga stosowania specjalnych osłon.

Promieniowanie β (promieniowanie beta) – strumień elektronów – w porównaniu z promieniowaniem α ma znacznie większy zasięg (zależny od energii cząstek; w powietrzu rozchodzi się ono na odległość kilku metrów) oraz większą przenikliwość. Źródłem promieniowania β są procesy zachodzące wewnątrz jąder pierwiastków promieniotwórczych, gdzie następuje przemiana neutronu w proton (β^-) lub protonu

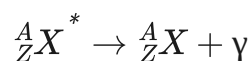
w neutron (β^+). Cząstki β , których zarówno ładunek, jak i masa są mniejsze w porównaniu z cząstkami α , wywołują znacznie mniejszą jonizację ośrodka. W powietrzu mogą mieć zasięg nawet kilku metrów (2, 3 m dla 6, 0 MeV).

Biologiczne skutki oddziaływania promieniowania β na żywą tkankę są jednak znacznie mniejsze w porównaniu z promieniowaniem α . Przed promieniowaniem β chroni cienka warstwa aluminium lub tworzywa sztucznego a także szklana płyta o grubości 1 cm. Aby zabezpieczyć się przed promieniowaniem β , musimy korzystać z osłony. Wykorzystanie tarcz ołowianych (lub wykonanych z innych metali ciężkich) nie jest wskazane, ponieważ wychwycenie elektronu przez jądra osłony może stać się źródłem promieniowania wtórnego.

Niebezpieczne dla zdrowia jest przyjęcie dawki promieniowania β znajdującej się w skażonej żywności.

Promieniowanie γ (promieniowanie gamma) oraz **promieniowanie neutronowe** stanowią pośredni czynnik jonizujący. Nie zawierają ładunku elektrycznego, ale są odpowiedzialne za powstawanie cząstek naładowanych, które z kolei wywołują jonizację.

Promieniowanie γ jest najbardziej przenikliwą formą promieniowania jonizującego. Źródłem promieniowania γ są wzbudzone jądra, które podczas powrotu do stanu podstawowego, emitują nadmiar energii w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Są to fale elektromagnetyczne krótsze od **promieni rentgenowskich**. Promieniowanie γ nigdy nie występuje samo – zawsze towarzyszy emisji cząstek α lub β . Liczba masowa jądra pozostaje niezmienną.

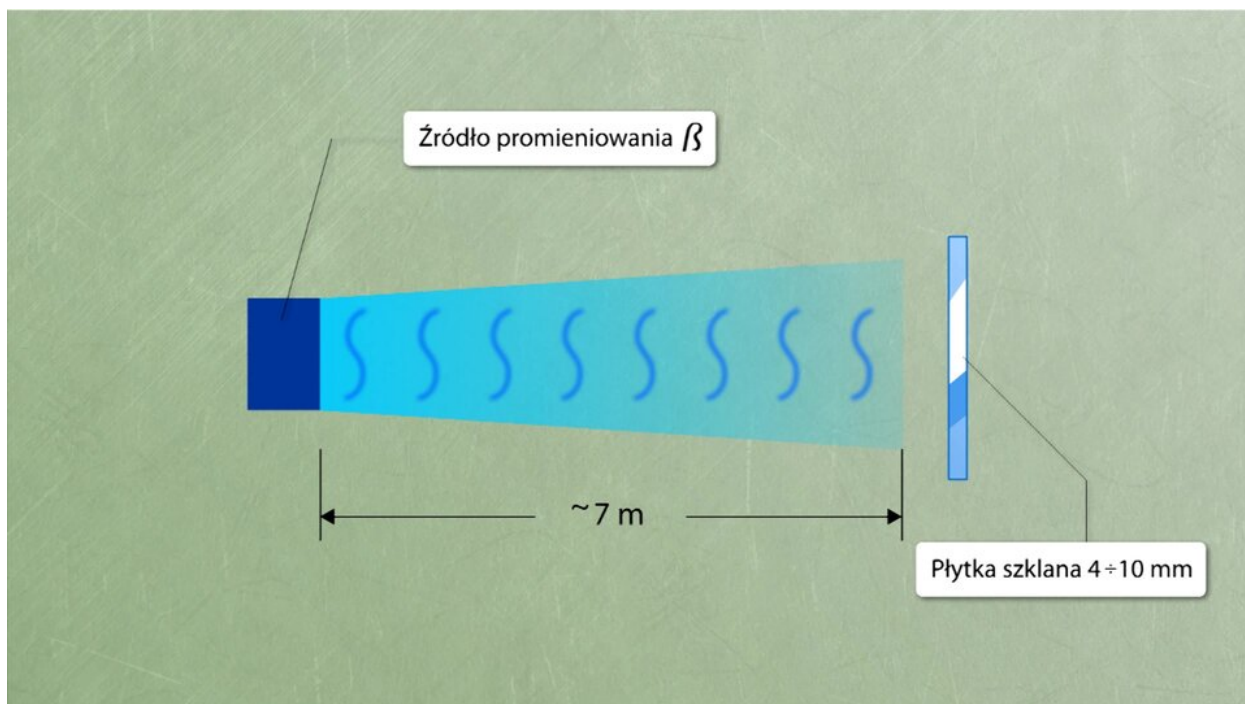


Gwiazdka w powyższym zapisie oznacza, że dane jądro jest wzbudzone. Częściową (najczęściej jednak w pełni wystarczającą) ochronę przed tym promieniowaniem stanowią płyty ołowiane (które mogą być także wykonane z innych metali ciężkich, np. stali albo zubożonego uranu) lub wielometrowa warstwa betonu. Promieniowanie γ nie ma zasięgu maksymalnego i po napotkaniu odpowiedniej przeszkody ulega pochłanianiu, którego stopień zależy od tego, jak gruba jest ta przeszkoda i z jakiego materiału została ona wykonana. Energia promieniowania γ może zmieniać się liniowo w bardzo szerokim zakresie – od kilkuset kiloelektronowoltów do kilku megaelektronowoltów.

Promieniowanie neutronowe to kolejny rodzaj promieniowania jonizującego, który nie przenosi ładunku elektrycznego. Powstaje w wyniku rozszczepienia jąder atomowych lub rozpadu niektórych izotopów promieniotwórczych. Ze względu na prędkość (a tym samym energię), którą osiągają neutrony, dzielimy je na termiczne i prędkie.

Neutrony termiczne osiągają prędkość ok. $2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ oraz energię poniżej 1 eV. Pochłaniane są przez tarcze wykonane z materiałów takich jak kadm lub bor.

Proces pochłaniania neutronów prędkich przebiega dwustopniowo. Przed wychwyceniem muszą zostać spowolnione do prędkości charakterystycznej dla neutronów termicznych. Moderatorami (spowalniaczami) w tym wypadku mogą być materiały zbudowane z jąder o niskich liczbach atomowych (zawierające wodór), np. ciężka woda, parafina bądź grafit.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RSStaZNFJoQww>

Ochrona organizmów żywych przed skutkami promieniowania jonizującego

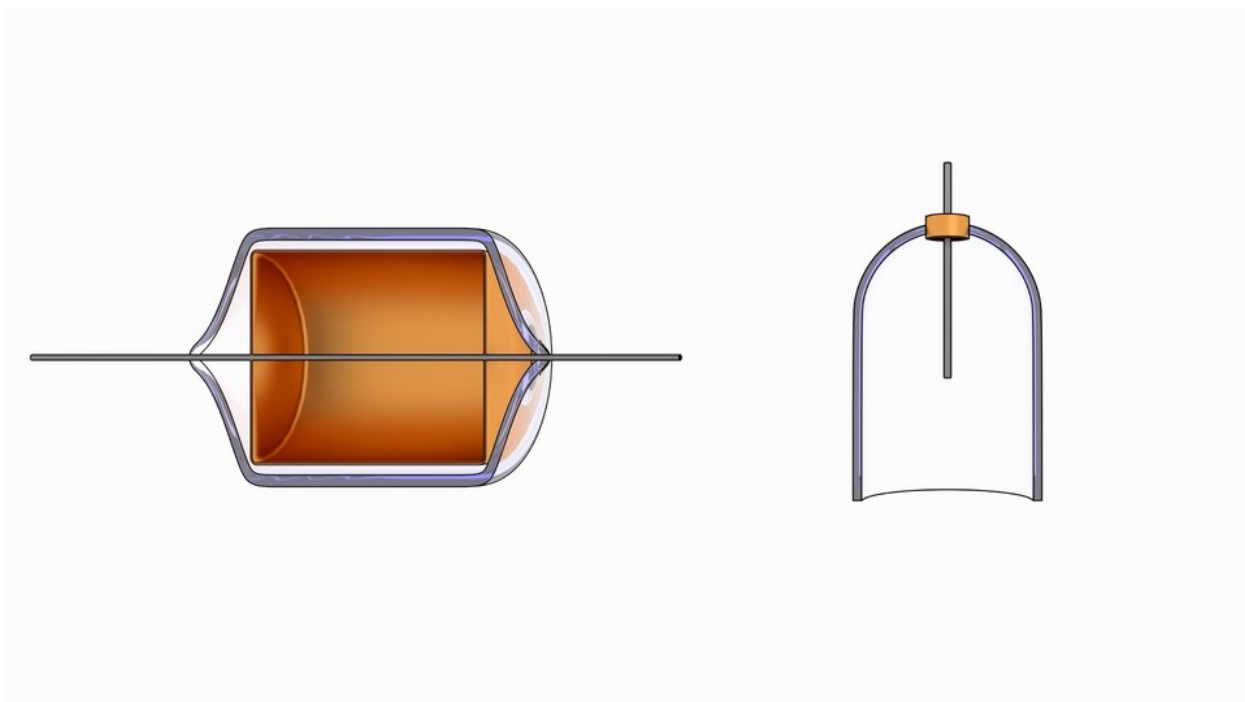
Źródło: Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Animacja o ochronie organizmów żywych przed skutkami promieniowania jonizującego.

Ciekawostka

Licznik Geigera-Müllera.

Licznik Geigera-Müllera to przyrząd skonstruowany w celu rejestrowania obecności cząstek jonizujących w powietrzu.



Film dostępny pod adresem [/preview/resource/R10OlmKHdm9Is](#)

Zasada działania licznika Geigera-Müllera

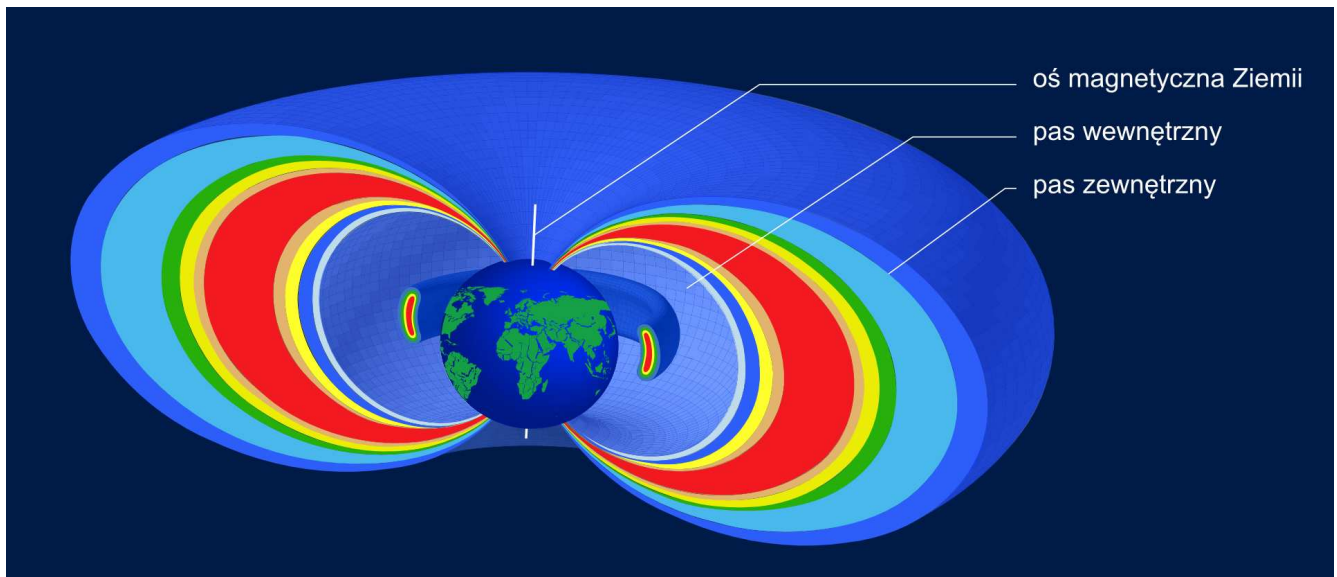
Źródło: Marcin Sadomski, Science Museum London (<https://commons.wikimedia.org>), Kevin MacLeod (<http://incompetech.com>), Krzysztof Jaworski, Tomorrow Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Animacja w której przedstawiono zasadę działania licznika Geigera-

Mimo upływu czasu i wprowadzenia licznych usprawnień, zasada działania miernika nie zmieniła się w zasadzie od momentu jego wynalezienia, czyli od 1928 r. Licznik Geigera-Müllera jest wykorzystywany nie tylko przez naukowców, lecz także przez służby, których zadaniem jest wykrywanie skażeń i informowanie o nich.

Ciekawostka

Pasy Van Allena to obszary wzmożonego promieniowania cząsteczkowego, które otaczają Ziemię. To właśnie w nich cząsteczki promieniowania kosmicznego zatrzymywane są w „pułapkach”, wytworzonych przez pole magnetyczne Ziemi. W obszarze pasów Van Allena cząsteczki (głównie protony i elektrony) poruszają się po torach zbliżonych do spirali. Pasy pełnią funkcję ekranu magnetycznego, chroniącego mieszkańców Ziemi przed niekorzystnym wpływem promieniowania jonizującego, którego głównym źródłem jest Słońce.



Pasy Van Allena

Źródło: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, licencja: CC BY 3.0.

Dawki promieniowania

Dawkę pochłoniętą D promieniowania przez różne materiały, obliczamy w następujący sposób: energię E , którą pochłoniął ośrodek (a tym samym utraciło promieniowanie), dzielimy przez wartość jego masy m :

$$D = \frac{E}{m}$$

$$[D] = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Jednostką dawki promieniowania jonizującego w układzie SI jest **grej (Gy)** – energia pochłoniętego promieniowania równa 1 J i przypadająca na jednostkę masy równą 1 kg:

$$\text{Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Starszą jednostką dawki promieniowania, używaną jeszcze do dzisiaj, jest **rad**:

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy} = 1 \text{ cGy}$$

Przykładowe skutki napromieniowania γ dawką wyrażoną w grejach

Zespół chorobowy	$D[\text{Gy}]$
------------------	----------------

Zespół chorobowy	$D [Gy]$
Ostry zespół szpikowy	1, 0
Trwała niepłodność u mężczyzn	2, 5–6, 0
Trwała niepłodność u kobiet	3, 5–6, 0
Zmętnienie soczewki oka	0, 5–2, 0
Zaćma oczna	5, 0
Rumień skóry	3, 0
Sączące złuszczenie naskórka	20, 0
Martwica skóry	50, 0
Powstawanie wad rozwojowych płodu	0, 1–1, 0

To, jaki wpływ będzie miało promieniowanie na organizm, zależy od kilku czynników:

- wielkości dawki promieniowania pochłoniętej przez organizm;
- rozkładu dawki w czasie (czy była to dawka jednorazowa, czy dawka rozłożona w pewnym przedziale czasowym);
- rodzaju promieniowania;
- wielkości napromienionej powierzchni (czy zostało napromienione całe ciało, czy tylko jego część);
- który z narządów został napromieniony (czy jest to napromienienie wewnętrzne, czy zewnętrzne, jaki rodzaj tkanki został poddany działaniu promieniowania);
- wieku, stanu zdrowia i płci;
- wrażliwości osobniczej i gatunkowej.

Zdolności jonizacyjne promieniowania alfa, beta, gamma i neutronowego zdecydowanie się od siebie różnią. Najbardziej szkodliwe, biorąc pod uwagę wywierane skutki, są promieniowanie α i neutronowe. Jeden grej promieniowania gamma (wysoka przenikliwość) wpływa na organizm ludzki zupełnie inaczej niż jeden grej promieniowania alfa. Skutki promieniowania mogą być różne, dlatego wprowadzono wielkość zwaną **równoważnikiem dawki**. Równoważnik dawki przyjętej przez dany organ, danego promieniowania jonizującego, wyraża się wzorem:

$$H = w_R \cdot D_R$$

gdzie:

w_R – współczynnik wagowy promieniowania R ;

D_R – dawka promieniowania R , przyjęta przez dany organ.

Wartości współczynnika wagowego promieniowania

Promieniowanie	w_R
γ , β (elektrony), miony	1
protony i piony naładowane	2
α , fragmenty rozszczepień, ciężkie jony	20
neutrony o energiach poniżej 1 MeV	$2,5 + 18,2 \exp\left(-\frac{[\ln(E_n)]^2}{6}\right)$
neutrony o energiach w przedziale od 1 do 50 MeV	$5,0 + 17,0 \exp\left(-\frac{[\ln(2E_n)]^2}{6}\right)$
neutrony o energiach powyżej 50 MeV	$2,5 + 3,25 \exp\left(-\frac{[\ln(0,04E_n)]^2}{6}\right)$

Bezwymiarowy współczynnik w_R uwzględnia różne skutki promieniowania jonizującego wywierane na organizm ludzki (inna zdolność jonizacyjna, przenikliwość, odporność biologiczna). W układzie SI jednostką pochodną równoważnika dawki promieniowania jest jeden **siwert** (Sv).

Przykład 1

Aby określić różnicę między dawką pochłoniętego promieniowania a równoważnikiem tej dawki, przeprowadzono eksperyment. Odpowiednio spreparowaną tkankę zwierzęcą poddano działaniu dwóch różnych rodzajów promieniowania jonizującego – α i β . Masa tkanki wynosiła 10 g i pochłonięła 10^{10} cząstek o energii 10 MeV.

Rozwiązanie:

Dawka pochłoniętego promieniowania w obu przypadkach jest taka sama i wynosi:

$$D = \frac{10^{10} \cdot 10 \text{ MeV}}{10^{-2} \text{ kg}} = 10^{13} \frac{\text{MeV}}{\text{kg}}$$

Wiadomo jednak, że:

$$1 \text{ MeV} \approx 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

Dawka pochłoniętego promieniowania wyrażona w grejach wynosi zatem:

$$D = 1,6 \cdot 10^{13} \cdot 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1,6 \text{ Gy}$$

Jeśli skorzystamy z tabeli wartości współczynnika jakości, otrzymamy:

- dla promieniowania α : $H = Q \cdot w_R = 1,6 \text{ Gy} \cdot 20 = 32 \text{ Sv}$,
- dla promieniowania β : $H = Q \cdot w_R = 1,6 \text{ Gy} \cdot 1 = 1,6 \text{ Sv}$.

Wniosek:

Mimo że dawki pochłoniętego promieniowania alfa i beta były takie same, to wartości równoważników tych dawek bardzo się różnią. Negatywny wpływ, który jest wywierany przez promieniowanie α na żywą tkankę, jest znacznie większy niż wpływ cząstek β .

Równoważnik dawki naturalnego tła promieniowania dla wybranych rejonów Ziemi

Państwo (obszar)	Równoważnik dawki [mSv]
Stany Zjednoczone	ok. 1,0
Wielka Brytania	ok. 1,9
Polska	ok. 2,5
Francja (Masyw Centralny)	3,5
Iran (Ramsar)	ok. 240
Indie (Kerala, Madras)	8–80
Brazylia (Minas Gerais)	17–120
Rio de Janeiro (plaże)	5,5–12,5

Źródłami promieniowania (poza promieniowaniem kosmicznym oraz pierwiastkami promieniotwórczymi obecnymi w powietrzu i skorupie ziemskiej) mogą być przeróżne źródła sztuczne, np. wielka płyta, którą często się wykorzystuje podczas stawiania budynków mieszkalnych). Promieniowanie może pochodzić nawet z samego organizmu człowieka (^{40}K , ^{14}C).

Jednorazowe przyjęcie 2–3 Sv równoważnika dawki promieniowania jonizującego kończy się śmiercią w 25% przypadków, przyjęcie 3–5 Sv kończy się zgonem w 50% przypadków, a dawka 5–7 Sv prowadzi do uszkodzenia szpiku kostnego i organów wewnętrznych i powoduje śmierć w 100% przypadków.

Podsumowanie

- Promieniowanie jonizujące to każdy rodzaj promieniowania, który może doprowadzić do pośredniej lub bezpośredniej jonizacji ośrodka materialnego. Promieniowaniem jonizującym są m.in. promieniowanie gamma oraz strumień cząstek alfa i beta.
- Źródła promieniowania jonizującego mogą być sztuczne i naturalne. Źródła naturalne to przede wszystkim pierwiastki promieniotwórcze obecne w skorupie ziemskiej i atmosferze, a także promieniowanie kosmiczne. Źródła sztuczne to pierwiastki

radioaktywne wytworzone w reaktorach jądrowych (np. pluton) lub urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące (aparaty rentgenowskie, bomby kobaltowe).

- Promieniowanie jonizujące niekorzystnie wpływa na organizm ludzki.

Napromieniowanie dużymi dawkami promieniowania może prowadzić do śmierci lub choroby popromiennej. Małe dawki promieniowania mogą skutkować chorobami nowotworowymi, a jeśli został uszkodzony materiał genetyczny, mogą się one ujawnić dopiero w następnym pokoleniu. Przez dawkę pochłoniętego promieniowania jonizującego rozumiemy ilość energii pochłoniętej w wyniku napromienienia ośrodka w odniesieniu do jednostki masy tego ośrodka:

$$D = \frac{E}{m}$$

$$[D] = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

- W układzie SI jednostką dawki pochłoniętego promieniowania jest grej (Gy), zdefiniowany jako iloraz energii promieniowania równoważnej 1 J oraz masy wynoszącej 1 kg ($1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$).
- Uszkodzenia organizmu zależą głównie od energii i rodzaju padającego promieniowania (w przypadku cząstek – od masy i ich ładunku elektrycznego). Najbardziej przenikliwe są promieniowanie gamma oraz promieniowanie beta (strumień elektronów) – powodują one największe uszkodzenia organizmu. W związku z tym, że różne rodzaje promieniowania jonizującego różnie wpływają na zmiany w organizmie, wprowadzono pojęcie równoważnika dawki tego promieniowania (H):

$$H = w_R \cdot D_R$$

gdzie:

w_R – współczynnik wagowy promieniowania R ;

D_R – dawka promieniowania R , przyjęta przez dany organ.

- W układzie SI jednostką równoważnika dawki promieniowania jest siver (Sv).
- Jednorazowe przyjęcie 2–3 Sv równoważnika dawki promieniowania jonizującego kończy się śmiercią w 25% przypadków, przyjęcie 3–5 Sv kończy się zgonem w 50% przypadków, a dawka 5–7 Sv prowadzi do uszkodzenia szpiku kostnego i organów wewnętrznych i powoduje śmierć w 100% przypadków.

Zadanie podsumowujące moduł

Ćwiczenie 1



Uzupełnij luki w zdaniach, wpisując poprawne słowo.

Nieustannie nasze organizmy narażone są na działanie promieniowania jonizującego docierającego do nas z przestrzeni otaczającej Ziemię. Promieniowanie to nazywamy promieniowaniem . Jednostką dawki pochłoniętej przez człowieka jest .

Źródło: Dariusz Kajewski <dariusz.kajewski@up.wroc.p>, licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 1

Na podstawie informacji znalezionych w internecie przygotuj odpowiedzi na poniższe pytania.

1. Jakie cząstki wchodzą w skład promieniowania kosmicznego pierwotnego?
2. Jak powstaje promieniowanie wtórne i jakie cząstki się wtedy tworzą?
3. Jak przebiegała historia odkrycia promieniowania kosmicznego pierwotnego i wtórnego i kto brał w niej udział?

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Polecenie 2

Skorzystaj z internetu i znajdź informacje o poziomie promieniowania na Ziemi w latach 50. i 60. XX w. i porównaj te dane z poziomem promieniowania w Polsce po wybuchu w elektrowni w Czarnobylu (1986 r.). Wyszukaj także informacje o miejscach na Ziemi, gdzie promieniowanie ma znacznie wyższy poziom niż w Polsce.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Słownik

choroba popromienna

zespół objawów klinicznych wywołany promieniowaniem jonizującym; może dotyczyć całego ciała lub jego części i mieć przebieg ostry bądź przewlekły.

dawka pochłoniętego promieniowania

ilość energii pochłoniętego promieniowania przypadająca na jednostkę masy; jednostką dawki pochłoniętego promieniowania jest grej (Gy).

DNA

kwask deoksyrybonukleinowy, ulokowany w jądrach komórek; główny nośnik informacji genetycznej.

grej

jednostka dawki pochłoniętego promieniowania jonizującego; obowiązuje w układzie SI i odpowiada energii równej 1 J, która została pochłonięta przez ośrodek o masie 1 kg ($1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$).

lipidy

związki chemiczne zawierające tłuszcze, woski i sterole; podstawowe zadanie lipidów w organizmie ludzkim to magazynowanie energii, tworzenie błon biologicznych i udział w przesyłaniu sygnałów.

megaelektronowolt

jednostka energii będąca wielokrotnością elektronowolta; $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$.

mutacja

zdolność skokowej zmiany materiału genetycznego, którą wykazują organizmy żywe (komórki); może wystąpić naturalnie (samoistnie) lub pod wpływem czynników zewnętrznych, np. ekspozycji na promieniowanie.

pierwiastek radioaktywny

pierwiastek, który w wyniku rozpadu jądra emituje promieniowanie alfa, beta lub gamma.

promieniowanie alfa

strumień cząstek składających się z dwóch protonów i dwóch neutronów (tak jak jądra helu ${}^4_2\text{He}$); jest emitowany podczas przemian promieniotwórczych w jądrach pierwiastków ciężkich (np. uranu, toru lub radu).

promieniowanie beta

strumień elektronów powstały wskutek przemian zachodzących w jądrach atomów pierwiastków promieniotwórczych.

promieniowanie gamma

promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali poniżej 0,1 nm; jest emitowane podczas przechodzenia jądra pierwiastka promieniotwórczego z poziomu wzbudzonego do poziomu podstawowego.

promieniowanie jonizujące

każdy rodzaj promieniowania, który może doprowadzić do pośredniej lub bezpośredniej jonizacji ośrodka materialnego. Promieniami jonizującymi są m.in. promienie gamma oraz cząstki alfa i beta.

promieniowanie neutronowe

rodzaj promieniowania jonizującego (neutrony), który nie przenosi ładunku elektrycznego. Powstaje w wyniku rozszczepienia jąder atomowych lub rozpadu niektórych izotopów promieniotwórczych.

promieniowanie rentgenowskie

fale elektromagnetyczne o długości z zakresu od 10^{-11} do $5 \cdot 10^{-8}$ m, emitowane przez materię poddaną bombardowaniu wiązką elektronów o energii od 1 do 500 keV.

promieniowanie wtórne

promieniowanie będące wynikiem emisji wtórnej promieniowania uprzednio pochłoniętego przez ciało.

biologiczny równoważnik dawki (dawka równoważna)

dawka promieniowania, która została pochłonięta przez organizm; uwzględnia skutki biologiczne każdego rodzaju promieniowania; jest wyrażana w siwertach (Sv).

siwert

jednostka dawki równoważnej pochłoniętego promieniowania jonizującego; jest równa ilorazowi energii 1 J oraz masy 1 kg; podobnie jak grej, należy do jednostek układu SI.