

PROMIENIOWANIE W ŚRODOWISKU

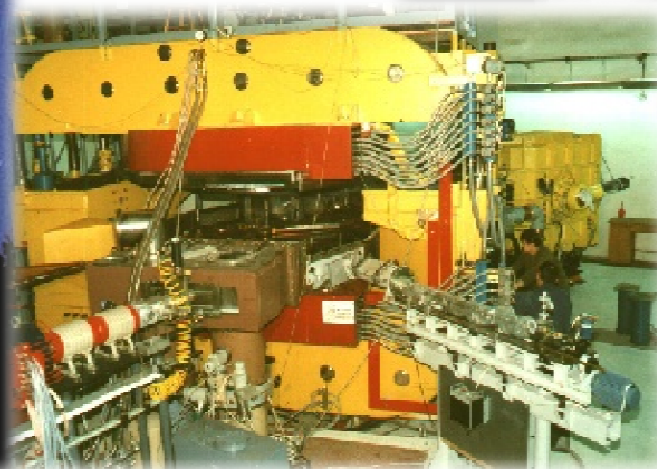
GROŹNE ?

CZY BEZPIECZNE?

PAWEŁ KRAJEWSKI



Co to jest promieniowanie ?



Co to jest promieniowanie ?

Rodzaje promieniowania:

promieniowanie elektromagnetyczne czyli [fala elektromagnetyczna](#),

promieniowanie świetlne – [światło](#),

[promieniowanie słoneczne](#),

[promieniowanie laserowe](#)

[promieniowanie rentgenowskie](#) (promienie Roentgena, promienie X),

promieniowanie ultrafioletowe (nadfioletowe, nadfiolet) [ultrafiolet](#),

promieniowanie podczerwone [podczerwień](#),

promieniowanie mikrofalowe – [mikrofale](#),

[promieniowanie ciepłe](#) (termiczne) – promieniowanie elektromagnetyczne wysyłane przez każde ciało o temperaturze większej od zera bezwzględnego,

[promieniowanie radiowe](#),

[promieniowanie synchrotronowe](#) - wytwarzane przez naładowane cząstki poruszające się po okręgach w [polu magnetycznym](#) w [synchrotronach](#) lub w polu [gwiazd neutronowych](#)

[promieniowanie gamma](#) – promieniowanie elektromagnetyczne wysyłane przez jądra atomów,

[promieniowanie tła](#) (promieniowanie reliktove),

[promieniowanie naturalne](#) - promieniowanie radionuklidów zawartych w środowisku naturalnym,

promieniowanie plazmy – promieniowanie wytwarzane przez [plazmę](#),

[promieniowanie hamowania](#) – promieniowanie elektromagnetyczne powstające podczas hamowania ciała (cząstki) obdarzonej [ładunkiem elektrycznym](#),

Źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie>



Co to jest promieniowanie ?

Rodzaje promieniowania:

promieniowanie korpuskularne (strumień cząstek)

promieniowanie jądrowe – strumień cząstek lub promieniowanie elektromagnetyczne wytwarzane podczas przemian jąder atomowych,

promieniowanie jąder – promieniowanie wysyłane przez wzbudzone jądra atomowe,

[promieniowanie alfa](#) – strumień jąder atomów [helu](#).

[promieniowanie beta](#) - strumień elektronów lub pozytonów powstających z [rozpadów beta](#).

[promieniowanie kosmiczne](#),

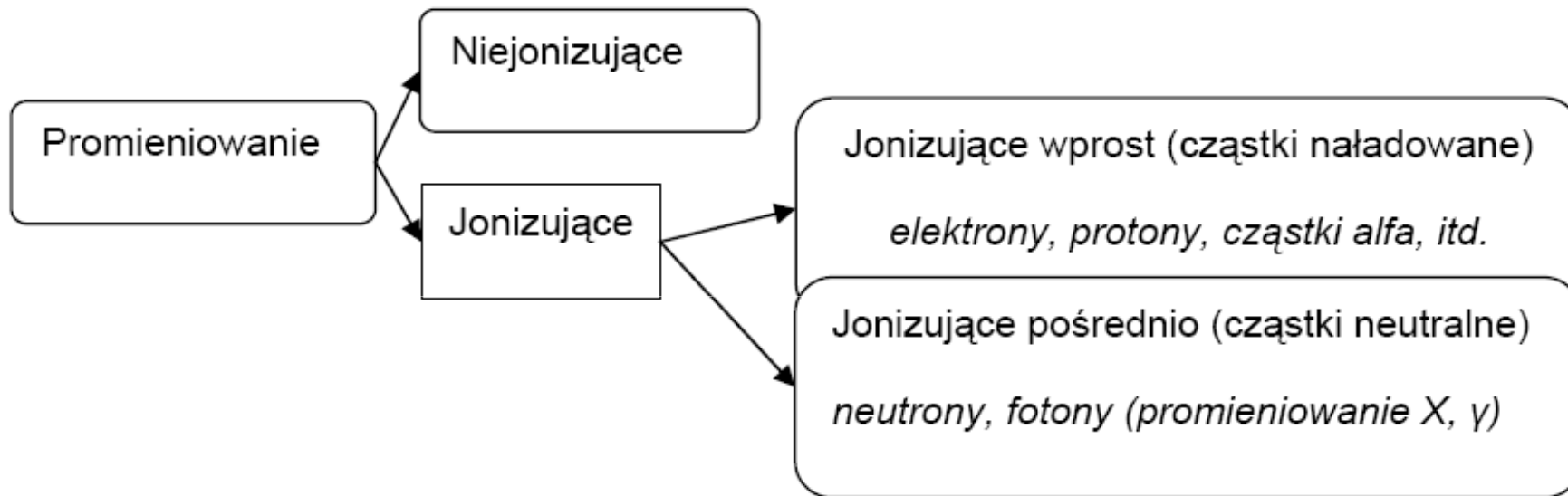
[promieniowanie jonizujące](#)

[promieniowanie niejonizujące](#)

Źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie>



Co to jest promieniowanie ?



Źródło: DŁUGOLETNI PROGRAM SZKOLENIOWY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
PROJEKTU TRANSITION FACILITY 2005/017-488.03.06 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA”

Jak zbudowana jest materia ?



DEMOCRITUS

Atomowa teoria Demokryta

Na podstawie ułożenia i rodzaju atomów postrzegano:

- substancja twarda (atomy ułożone gęsto)
- substancja miękka (atomy ułożone luźno)
- słodki smak (gładkie atomy)
- ostry, kwaśny, gorzki smak (ostre, nierówne atomy)

Atom odkrywany stopniowo przez Daltona, Avogadro, Thomsona, czy Rutherforda to nie atom Demokryta. nie jest obiektem elementarnym – składa się z jądra i powłoki elektronowej, a atomy poszczególnych pierwiastków są różne.

Co więcej jądra atomowe też nie są obiektami elementarnymi ale składają się z bardziej podstawowych cząstek i nawet jądra atomów tego samego pierwiastka chemicznego mogą się różnić (izotopy).

Jak zbudowana jest materia ?

Najprostszy, atom to atom wodoru, ale nie jest on składnikiem innych atomów jak to się wydawało Daltonowi.

Dziś wiemy, że atomy poszczególnych pierwiastków mają różne jądra i odpowiadające tym jądom powłoki elektronowe.

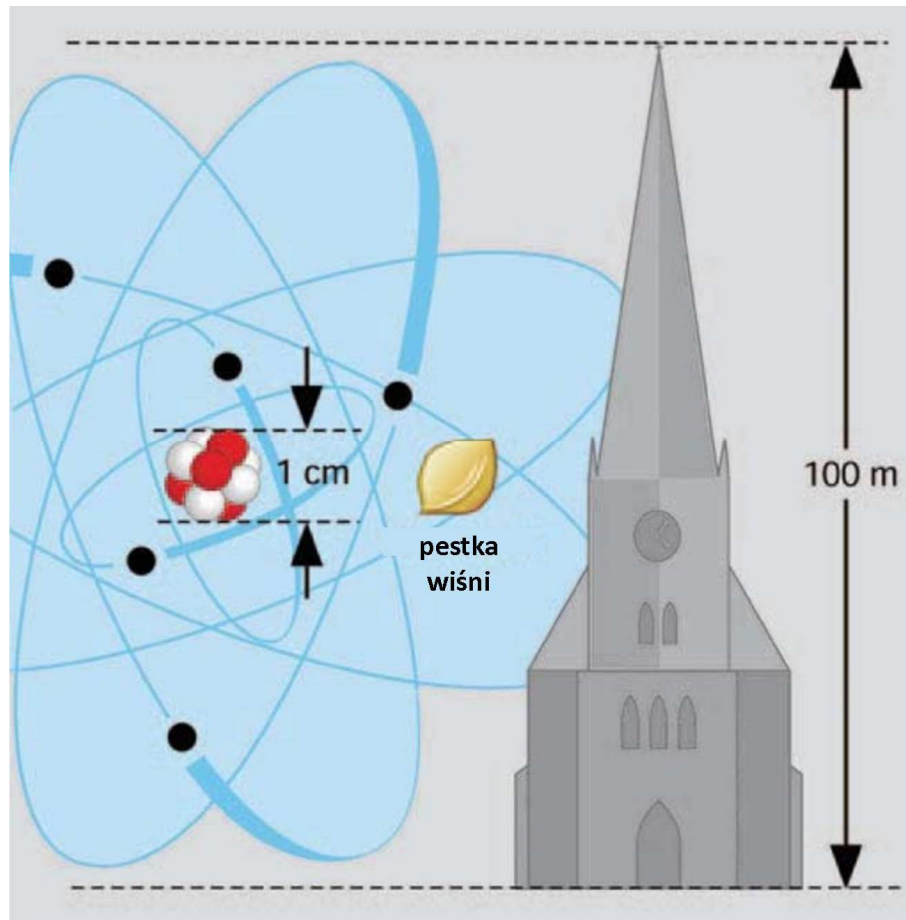
Jądra atomowe atomów poszczególnych pierwiastków zawierają całkowitą liczbę nukleonów (protonów i neutronów) w jądrach i stąd ich masy atomowe są w przybliżeniu wielokrotnościami masy wodoru.

Atom wodoru zawiera jeden proton w swoim jądrze i jego masę możemy przybliżać jednostką masy atomowej, zaś jądro atomu węgla zbudowane jest z sześciu protonów i sześciu neutronów,

*Źródło: DŁUGOLETNI PROGRAM SZKOLENIOWY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
PROJEKTU TRANSITION FACILITY 2005/017-488.03.06 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA”*



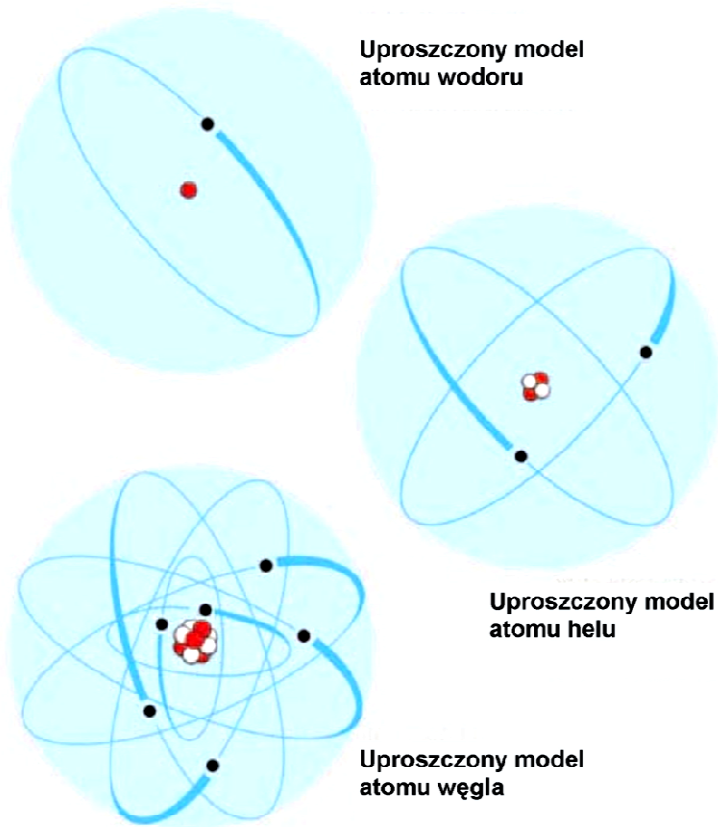
Jak zbudowany jest atom ?



**Porównanie
rozmiarów wewnątrz
atomu. Rozmiar
powłoki elektronowej
atomu ma się tak do
rozmiaru jądra
atomowego jak
wysokość wieży
kościelnej do
średnicy pestki wiśni**

(Źródło: „Kernenergie Basiswissen” Informationskreis KernEnergie 2007)

Jak zbudowany jest atom ?



Eksperymenty Rutherforda pozwoliły skonstruować współczesny model atomu składający się z niewielkiego masywnego jądra, zawierającego cały ładunek elektryczny i niemal całą masę atomu oraz lekką powłokę elektronową, na której znajdują się elektrony, z których każdy niesie elementarny ładunek ujemny.

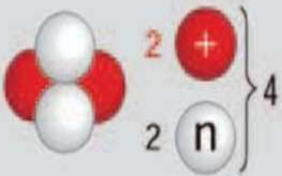
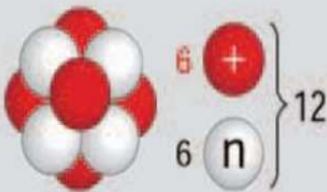
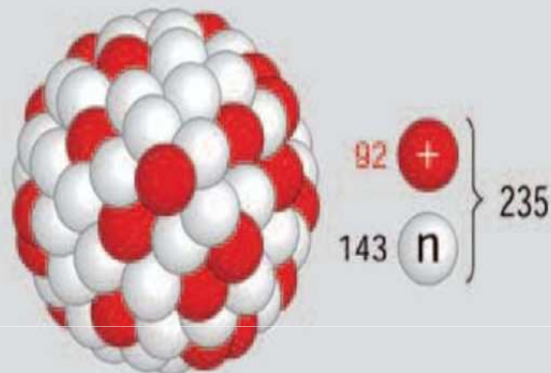
Ponieważ atom jako całość jest neutralny, liczba elektronów na wszystkich orbitach jest równa ładunkowi jądra, wyrażonemu w ładunkach elementarnych

(Źródło: „Kernenergie Basiswissen” Informationskreis KernEnergie 2007)

Źródło: DŁUGOLETNI PROGRAM SZKOLENIOWY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PROJEKTU TRANSITION FACILITY 2005/017-488.03.06 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA”

Modelowa budowa jąder atomowych

?

			Liczba masowa: Suma protonów i neutronów
${}^4_2\text{He}$	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	Liczba atomowa: Liczba protonów
Jądro atomu helu	Jądro atomu węgla	Jądro atomu uranu	

Źródło: DŁUGOLETNI PROGRAM SZKOLENIOWY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PROJEKTU TRANSITION FACILITY 2005/017-488.03.06 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA”

Podsumujmy !

Materia zbudowana jest z atomów

Atomy składają się z jądra i orbit (powłok) elektronowych

Jadra atomów składają się protonów (+) i neutronów

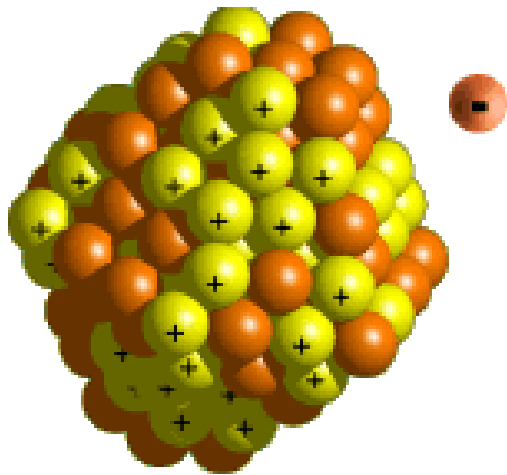
Pierwiastki to zbiory atomów o tej samej liczbie protonów (liczba atomowa)

Izotopy (tego samego pierwiastka) to zbiory atomów różniące się liczbą neutronów w jądrze.



Klasyfikacja przemian promieniotwórczych

Większość izotopów jest niestabilna tzn. jądra takich atomów ulegają różnym przemianom



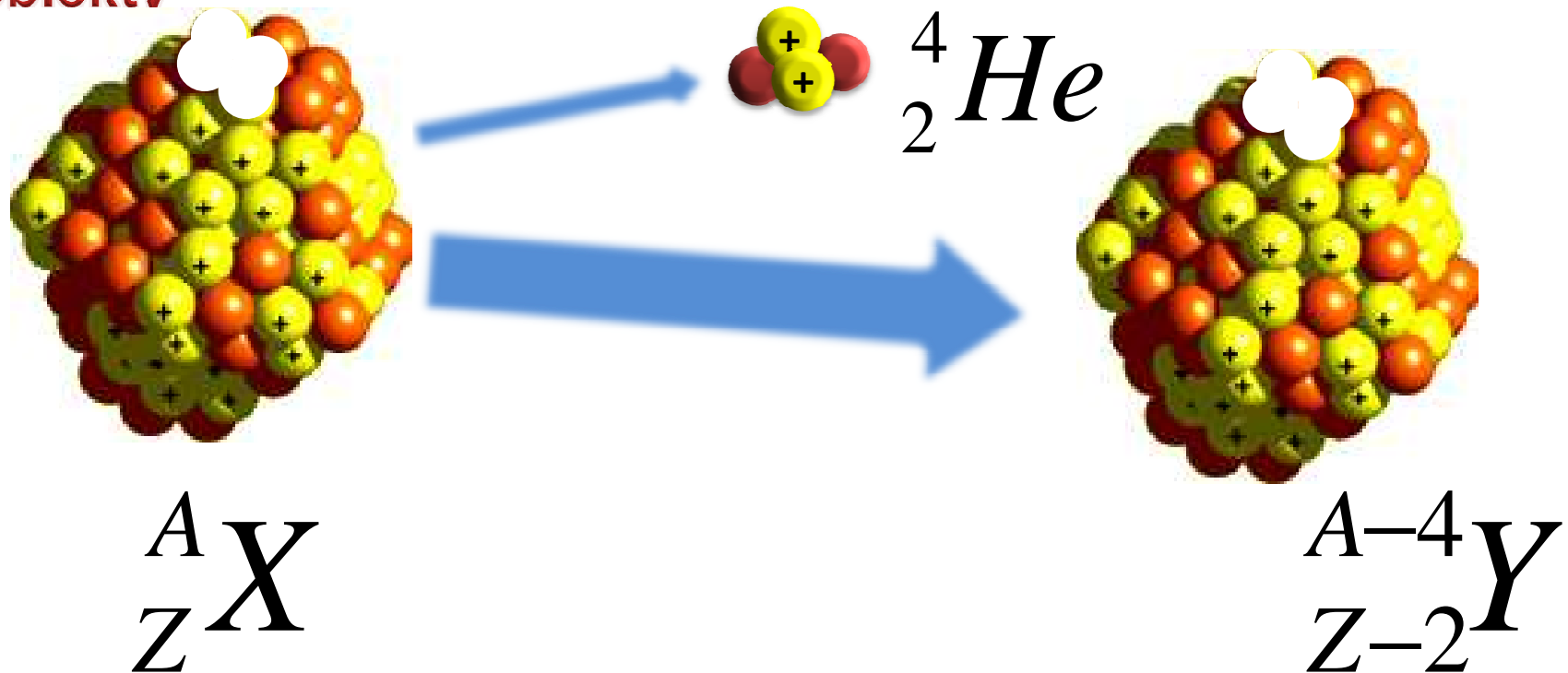
Schemat upakowania protonów i neutronów w jądrze atomowym, wydzielona poza jądrzem pojedyncza cząstka, to elektron emitowany w rozpadzie β

Źródło: DŁUGOLETNI PROGRAM SZKOLENIOWY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PROJEKTU TRANSITION FACILITY 2005/017-488.03.06 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA”

Klasyfikacja przemian promieniotwórczych

przemiana α

to rozpad dwuciałowy, w stanie końcowym mamy dwa obiekty

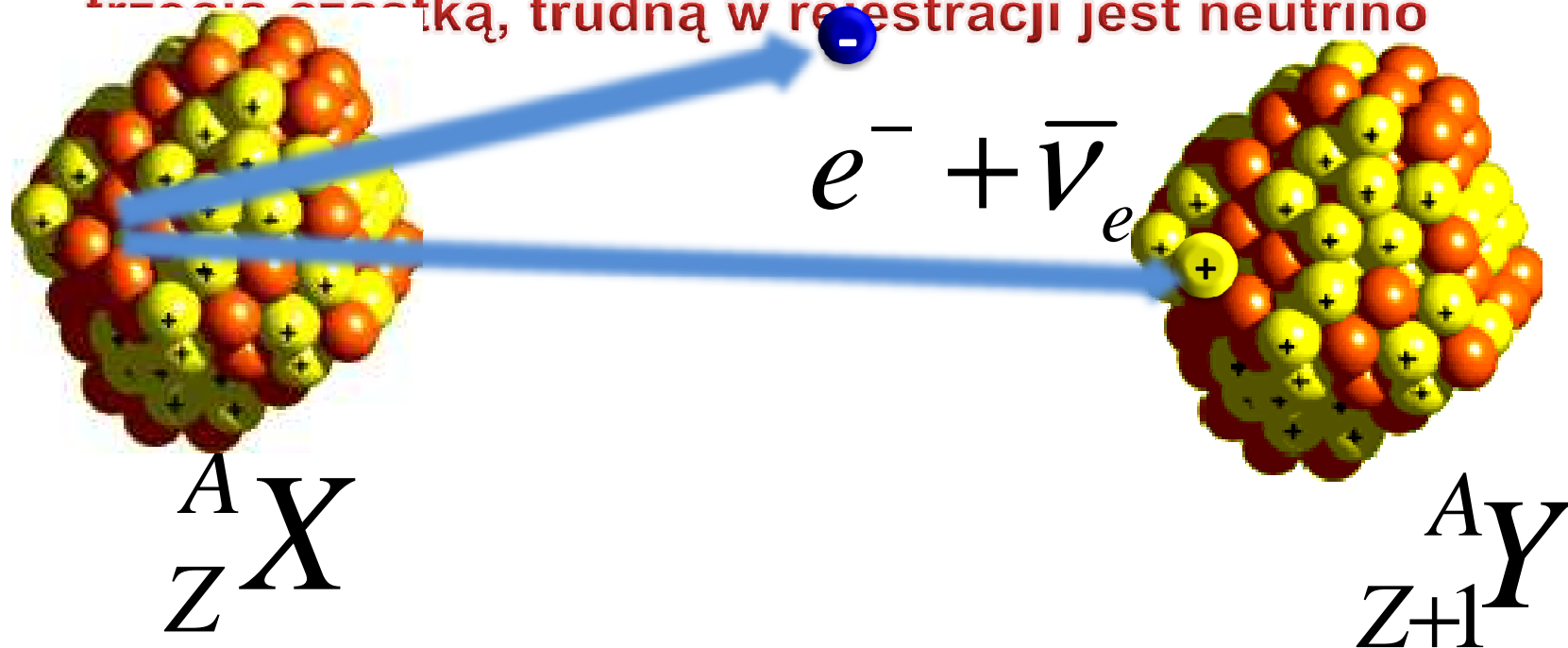


Klasyfikacja przemian promieniotwórczych

przemiana β^-

rozpad trójciałowy, w stanie końcowym mamy trzy obiekty,

trójcie cząstką, trudną w rejestracji jest neutrino

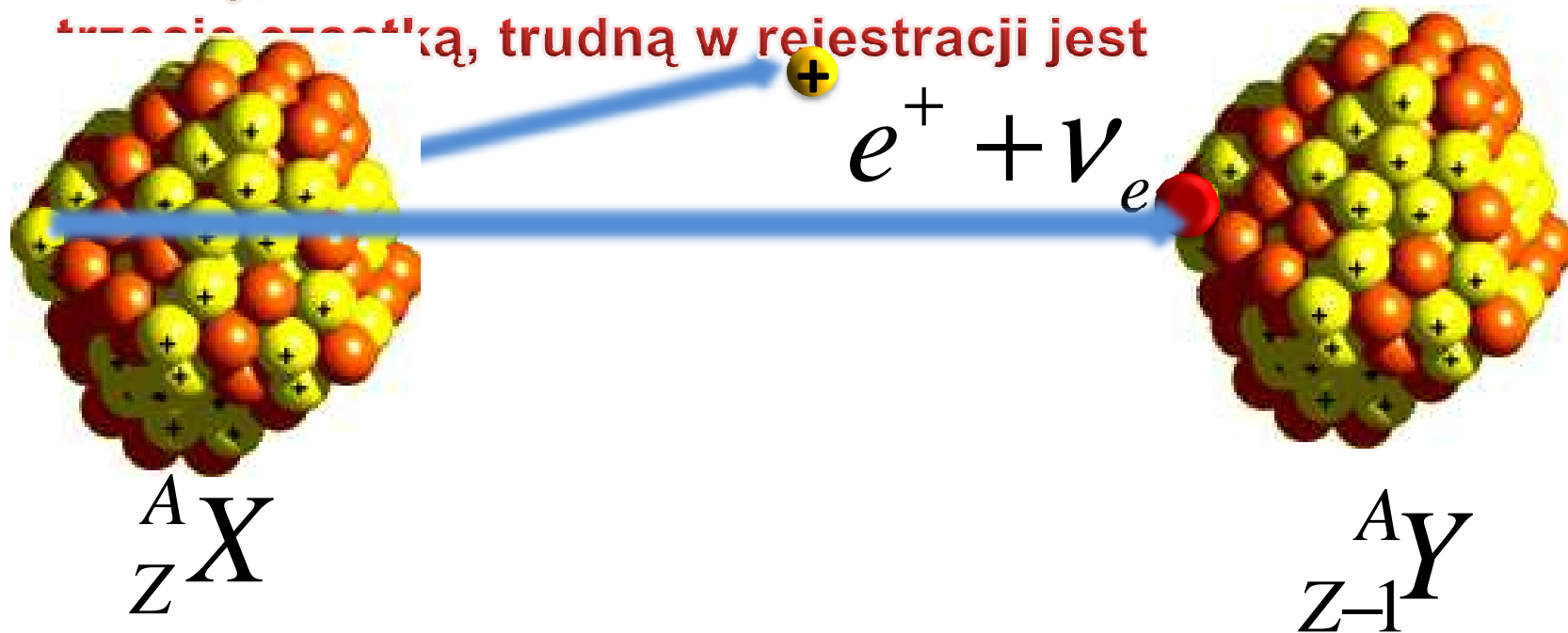


Klasyfikacja przemian

przemiana β^+ ; promieniotwórczych

rozpad trójciałowy, w stanie końcowym mamy trzy obiekty,

trójcie cząstka, trudną w rejestracji jest



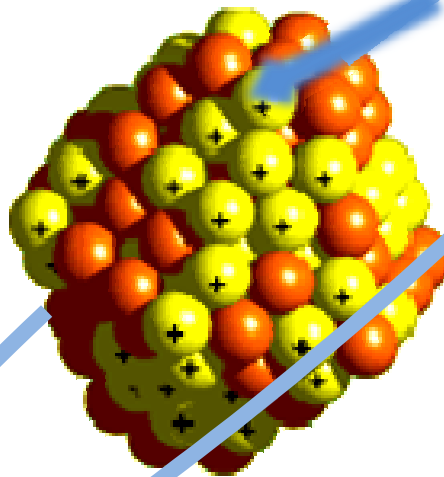
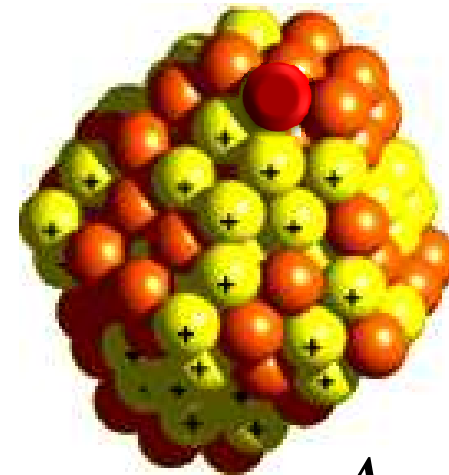
A (liczba masowa) = liczba protonów + liczba neutronów

Z (liczba atomowa) = liczba protonów

Klasyfikacja przemian promieniotwórczych

wychwyt elektronu

Proces dwuczalowy, w stanie końcowym mamy dwa,


$$\nu_e$$


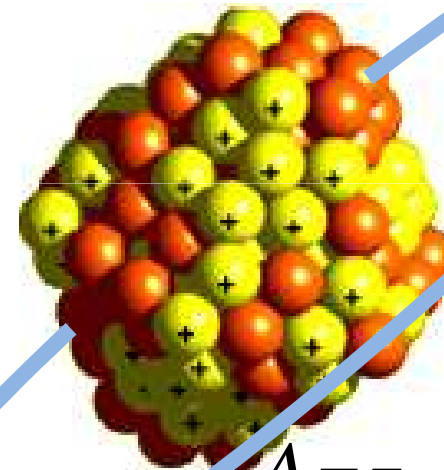
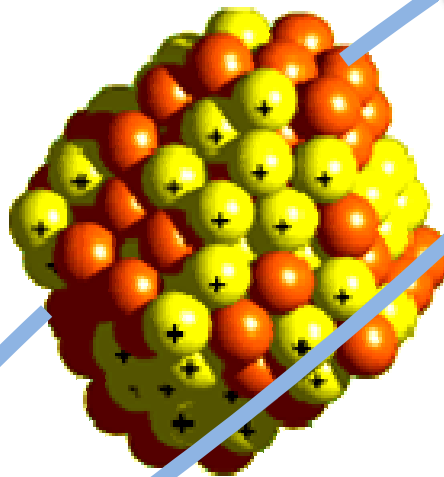
A (liczba masowa) = liczba protonów + liczba neutronów

Z (liczba atomowa) = liczba protonów

Klasyfikacja przemian promieniotwórczych

Proces wewnętrznej konwersji

emisja elektronu z powłoki atomowej nuklidu

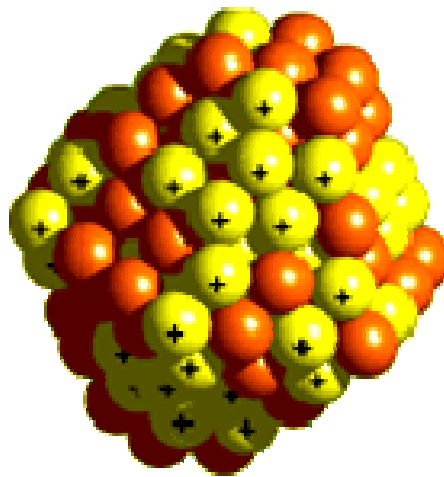


A (liczba masowa) = liczba protonów + liczba neutronów
 Z (liczba atomowa) = liczba protonów

Klasyfikacja przemian promieniotwórczych

przemiana γ

emisja kwantu γ ze wzbudzonego jadra



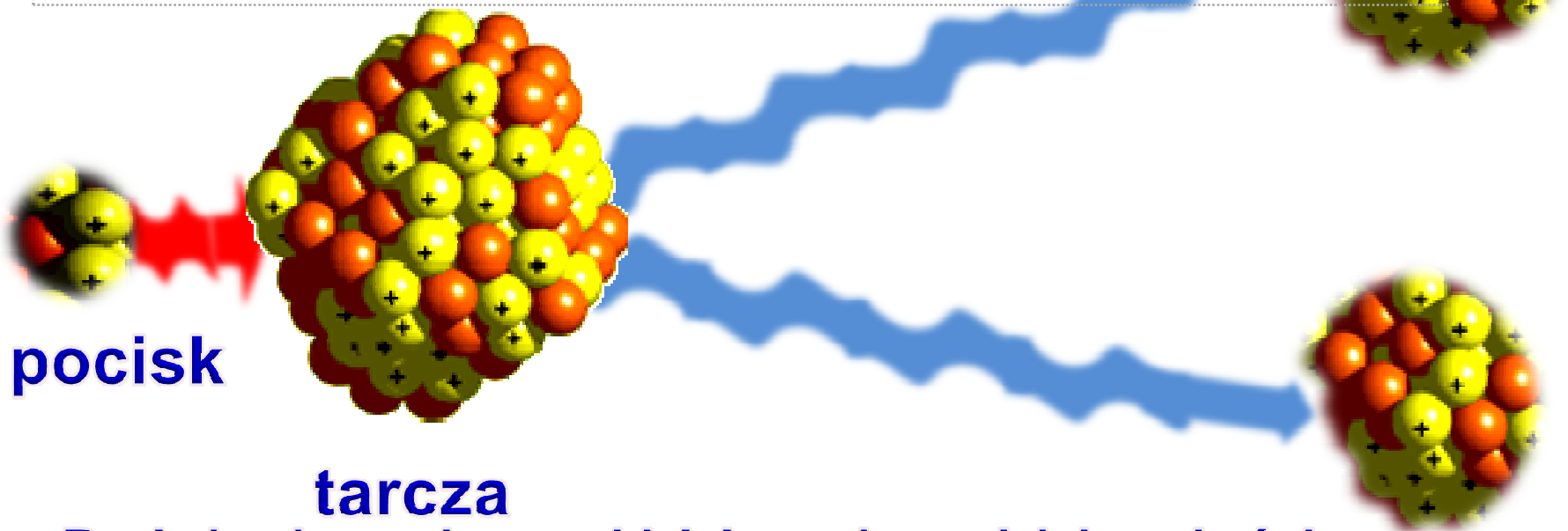
A (liczba masowa) = liczba protonów + liczba neutronów
 Z (liczba atomowa) = liczba protonów



Emisja γ może nastąpić tylko wtedy, gdy jądro jest w stanie wzbudzonym, zatem występuje po innych procesach, prowadzących do wzbudzenia jądra, np. po oddziaływaniu (zderzeniu) z innym obiektem, **bądź po rozpadzie α czy β , w którym jądro pochodne powstaje w stanie wzbudzonym.**

Reakcje jądrowe

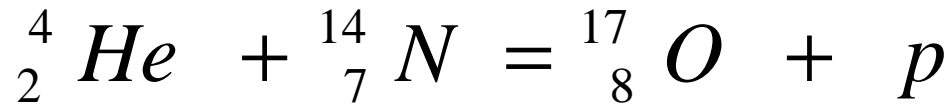
Procesy, w których uczestniczą w stanie początkowym dwie cząstki elementarne (w umownym rozumieniu - z okresu przed wprowadzeniem do fizyki pojęcia kwarków) nazwiemy oddziaływaniami elementarnymi



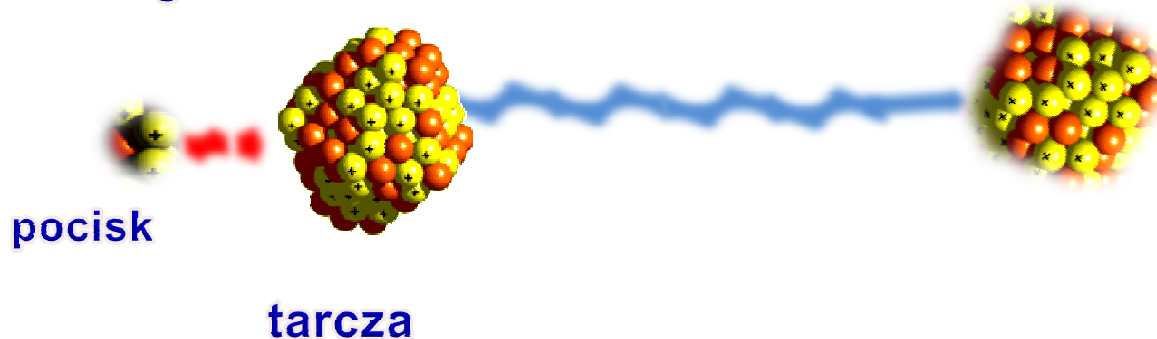
Reakcjami nazwiemy oddziaływania z udziałem dwóch obiektów, z których przynajmniej jeden jest jądrem - obiektem złożonym z protonów i neutronów.

Reakcje jądrowe

W 1919 r. Rutherford zaobserwował pierwszy przypadek "zamiany" jednego jądra (azotu) na inne (tłenu) w wyniku reakcji jądrowej:



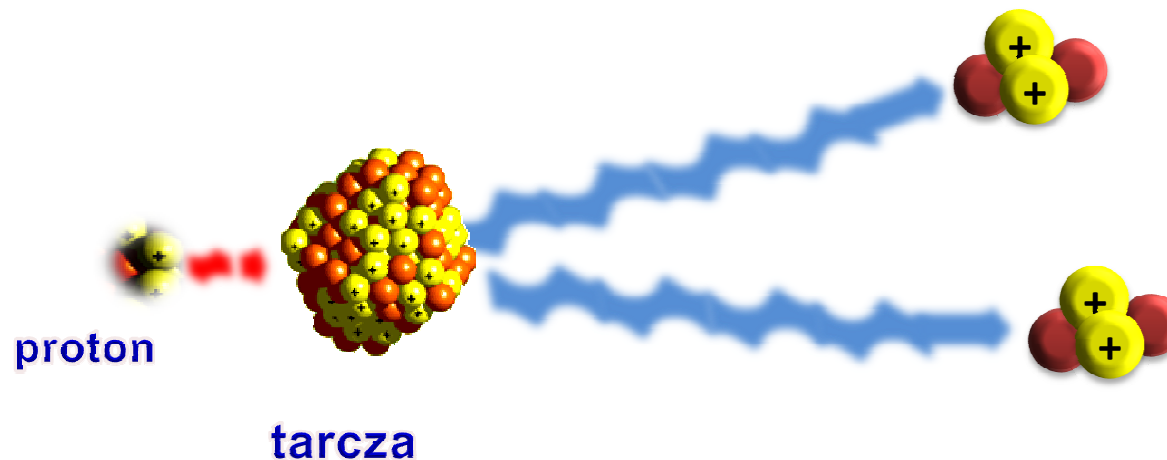
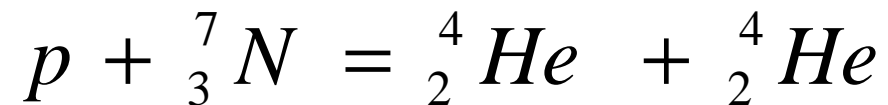
cząstka α z
naturalnego źródła



- niskie energie (< ok 20 MeV),
- średnie energie (kilkadziesiąt do kilkuset MeV),
- wysokie energie (kilkaset MeV do kilku GeV),
- ultrawysokie energie (rzędu dziesiątek, setek, czy nawet tysięcy GeV).

Reakcje jądrowe

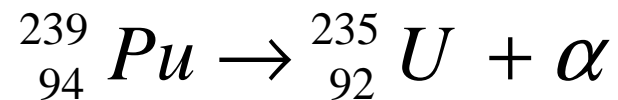
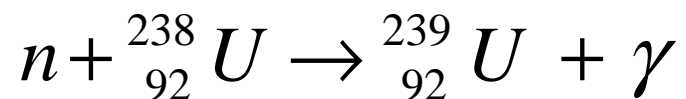
W 1932 r. Protony przyspieszane w silnym polu elektrycznym



- niskie energie (< ok 20 MeV),
- średnie energie (kilkadziesiąt do kilkuset MeV),
- wysokie energie (kilkaset MeV do kilku GeV),
- ultrawysokie energie (rzędu dziesiątek, setek, czy nawet tysięcy GeV).

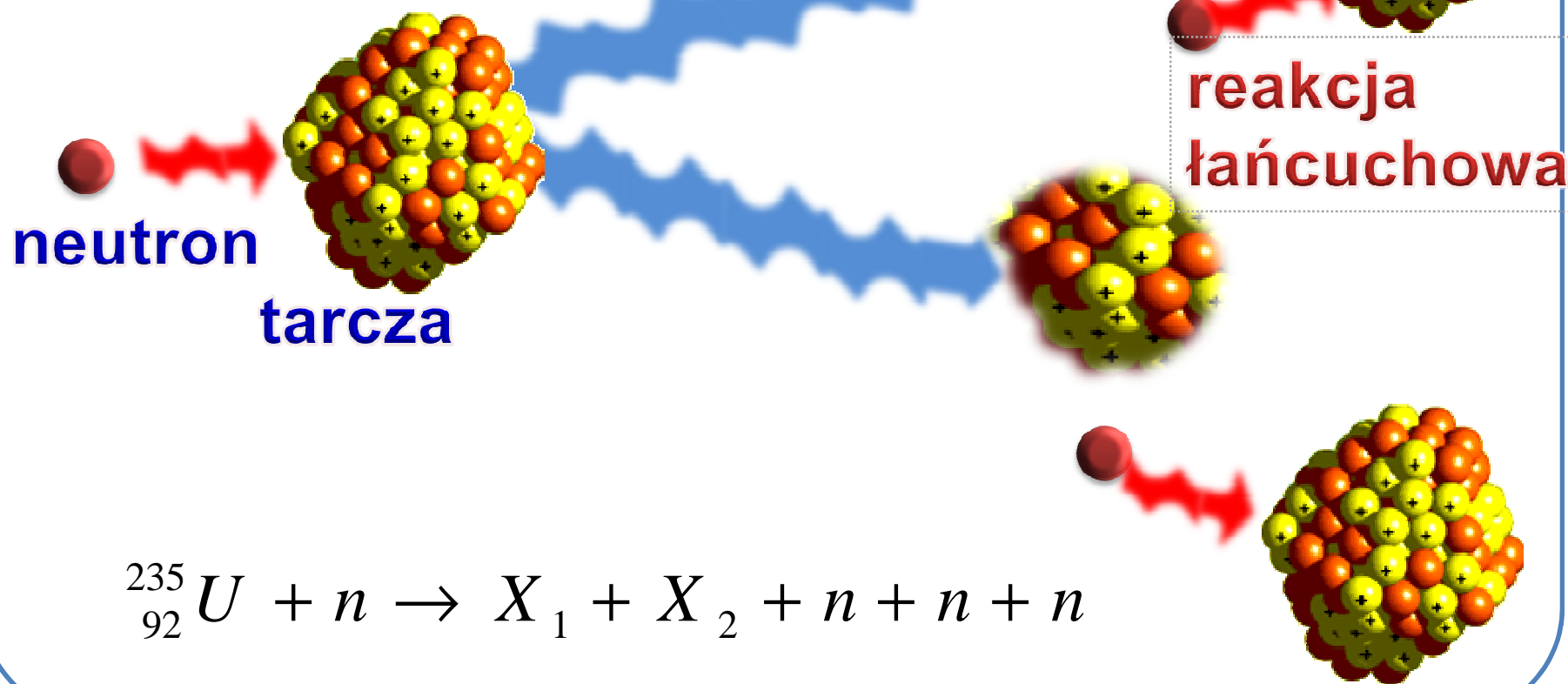
Reakcja rozszczepienia

Proces, w którym następuje wychwyty neutronu przez ciężkie jadro ($A=200$)

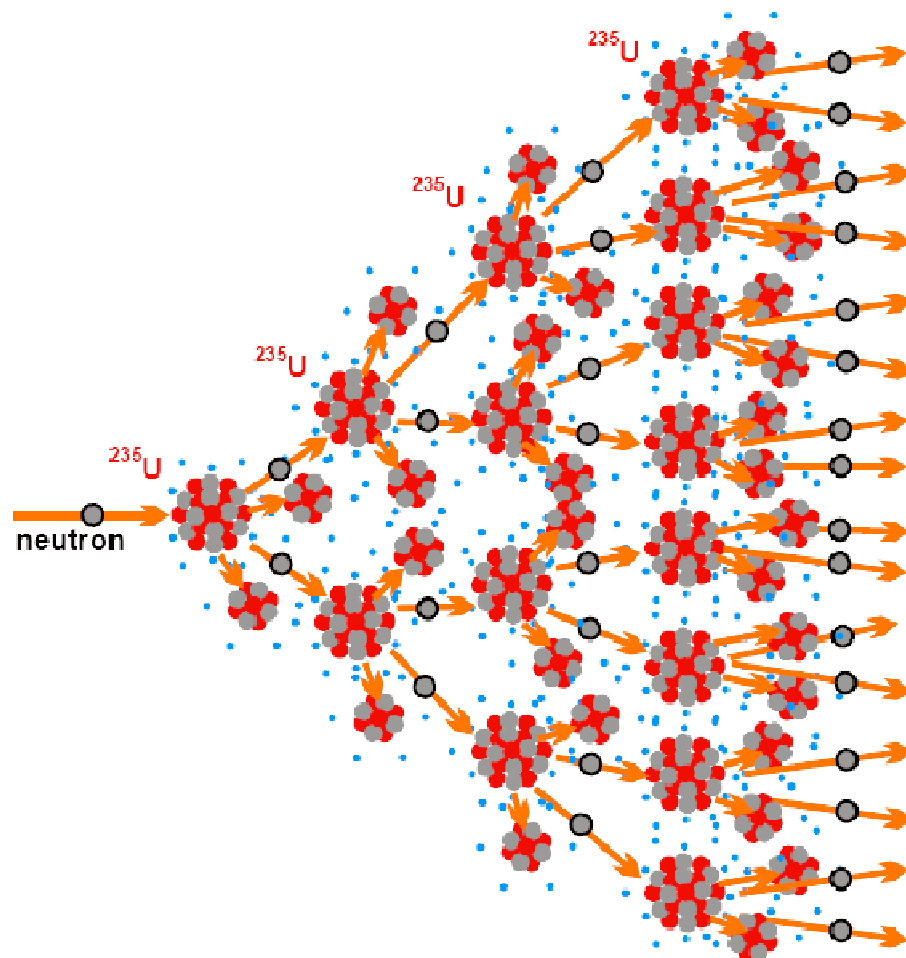


Reakcja rozszczepienia

Proces, w którym następuje wychwyt neutronu przez ciężkie jadro ($A=200$)

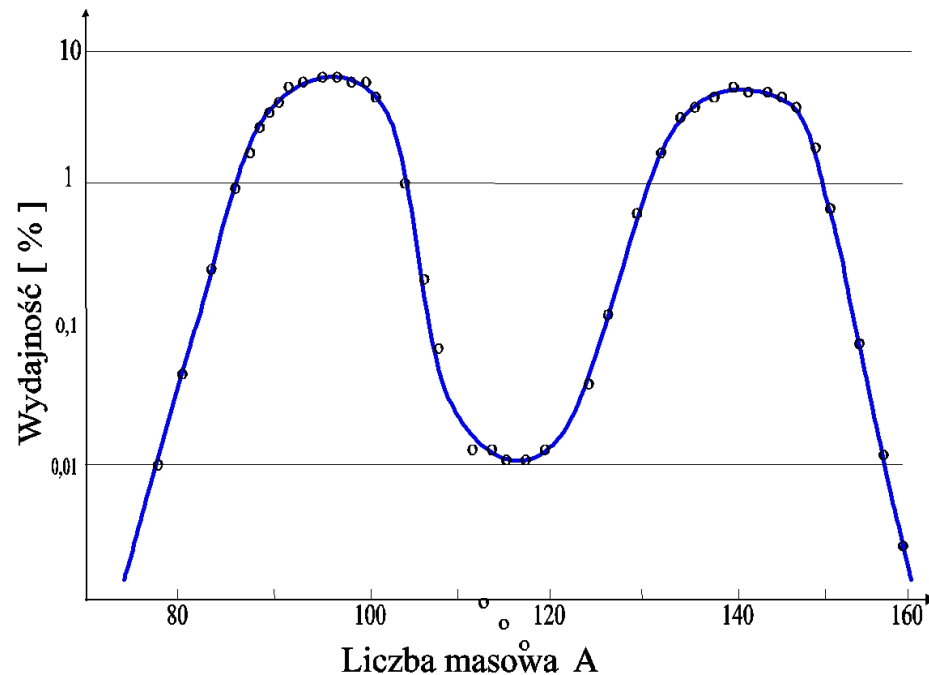


Reakcja łańcuchowa



Reakcja rozszczepienia

Proces, w którym następuje wychwyt neutronu przez ciężkie jądro ($A=200$)



W wyniku reakcji rozszczepiania powstaje wiele różnych izotopów promieniotwórczych o masie atomowej około 100

Rozkład mas nuklidów wytwarzanych w procesie rozszczepienia inicjowanego neutronami termicznymi na ^{235}U (skala logarytmiczna)



Podsumowanie

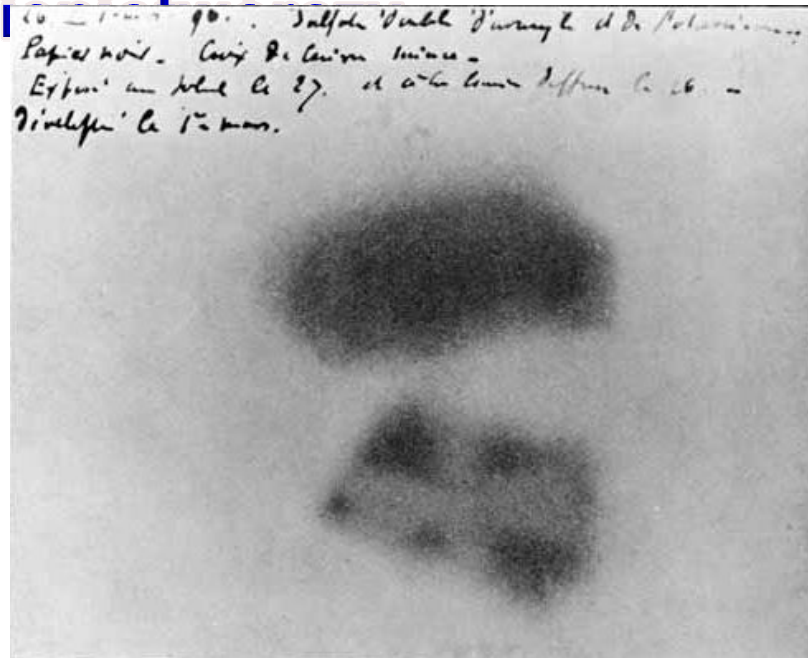
Jądra atomów tzw. izotopów promieniotwórczych podlegają przemianom (rozpadowi) emitując różne rodzaje promieniowania:

(cząstki α , cząstki β , prom. elektromagnetyczne γ)
Czas życia izotopów jest różny
od ułamka sekundy do miliardów lat

Miarą szybkości tych przemian jest aktywność
Jednostką aktywności jest Bq (Bekerel)

1 Bq to jedna przemiana (rozpad) na sekundę

**Odkrycie Henri Becquerela (1896),
uran - dobrze już wówczas poznany
pierwiastek chemiczny - jest
promienniczym**



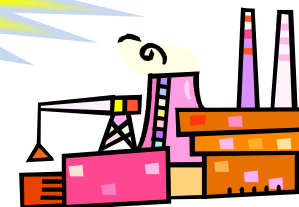
**Fragment kliszy fotograficznej należącej do Becquerela,
która została zaciemniona przez promieniowanie radioaktywne soli
uranu.**

Źródła promieniowania jonizującego w naszym otoczeniu

Izotopy promieniotwórcze powstające w wyniku reakcji jądrowych wywołanych przez promieniowanie kosmiczne

Promieniowanie kosmiczne

Źródła sztuczne:



ŁAŃCUCH POKARMOWY

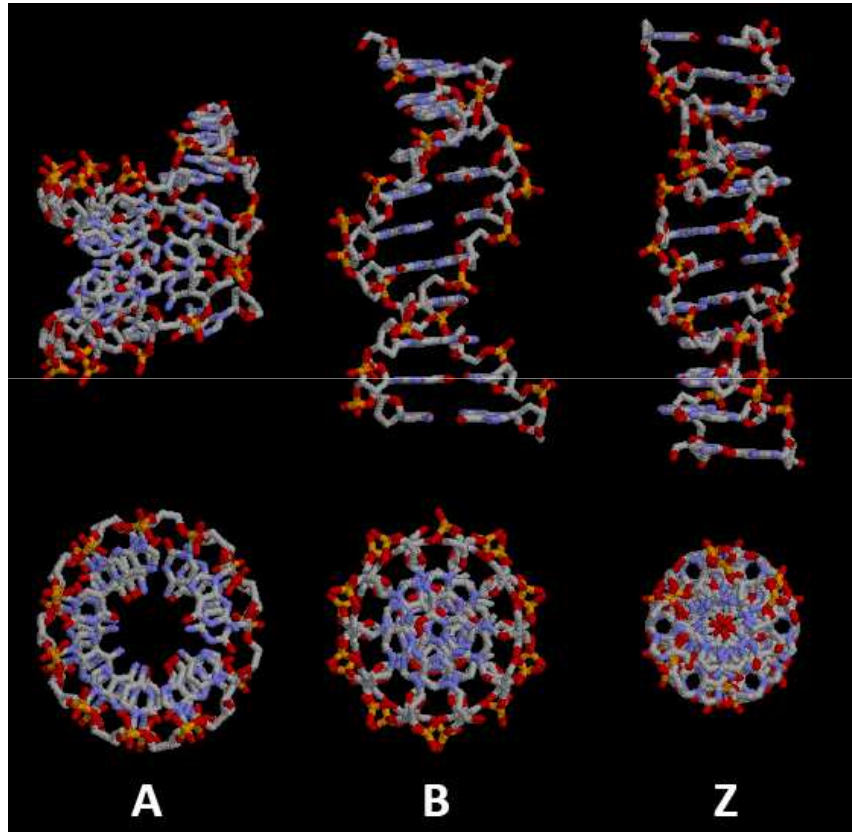


- produkcja i zastosowanie izotopów promieniotwórczych w medycynie, przemyśle, badaniach naukowych
- urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące
- odpady promieniotwórcze



Izotopy promieniotwórcze w wodzie (rzeki, jeziora, studnie, woda morska)

Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą



Powstawanie mutacji
Mutacją nazywamy zmianę informacji genetycznej zawartej w DNA. Występujące naturalnie izomery (tautomery) zasad azotowych lub pochodne zasad powstające w wyniku działania czynników zewnętrznych, takie jak promieniowanie, są niekiedy błędnie rozpoznawane w czasie syntezy DNA i

Modele budowy cząsteczek A, B i Z DNA właściwych zasad

Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą

Działanie promieniowania jonizującego na cały organizm zostało dobrze udokumentowane dzięki badaniom na modelach zwierzęcych i pozwoliło na zrozumienie głównych przyczyn śmierci po napromienieniu całego ciała. Odniesienie tych badań do ludzi było możliwe dzięki doświadczeniom uzyskanym w trakcie radioterapii, a także w wyniku obserwacji osób napromienionych w czasie wybuchów w Hiroshimie i Nagasaki, mieszkańców wysp Marshalla napromienionych w czasie opadu promieniotwórczego w 1954 roku i ofiar wypadków radiacyjnych. Dzięki tym badaniom wpływ promieniowania na organizm człowieka został także bardzo dobrze udokumentowany



Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą

Napromienienie całego ciała dawkami większymi niż 100 mSv powoduje wystąpienie ostrego zespołu popromiennego (ang. Acute Radiation Syndrome, **ARS)**

Konieczność uwzględnienia różnic w promieniowrażliwości tkanek spowodowała wprowadzenie czynnika wagowego tkanki lub narządu (WT) i pojęcia dawki efektywnej (E).

Czynnik WT oznacza, jaki ułamek całości dawki stał się udziałem danej tkanki. Dawka efektywna (E) oznacza sumę ważonych dawek równoważnych od zewnętrznego i wewnętrznego napromienienia wszystkich tkanek i narządów i wyraża się wzorem (1), w którym D oznacza dawkę, WR czynnik wagowy promieniowania, WT czynnik wagowy narządowy.



Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą

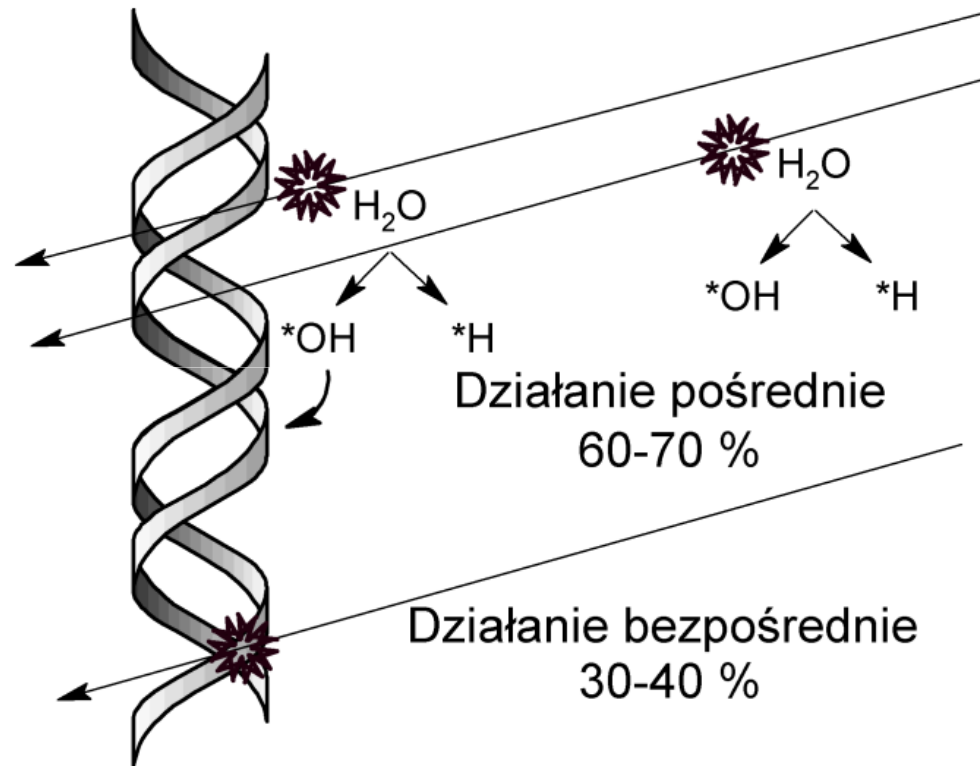
Promieniowanie jonizujące przechodząc przez ośrodek, jakim jest żywa komórka powoduje jonizację tego ośrodka.

Produktami radiolizy wody są bardzo reaktywne indywidua chemiczne i to właśnie one odpowiedzialne są za powstawanie większości popromiennych uszkodzeń makrocząsteczek biologicznych.

Z biologicznego punktu widzenia najbardziej niekorzystne jest powstawanie indywiduów o silnym charakterze utleniającym (OH), które mogą bezpośrednio wchodzić w reakcje z makrocząsteczkami biologicznymi.

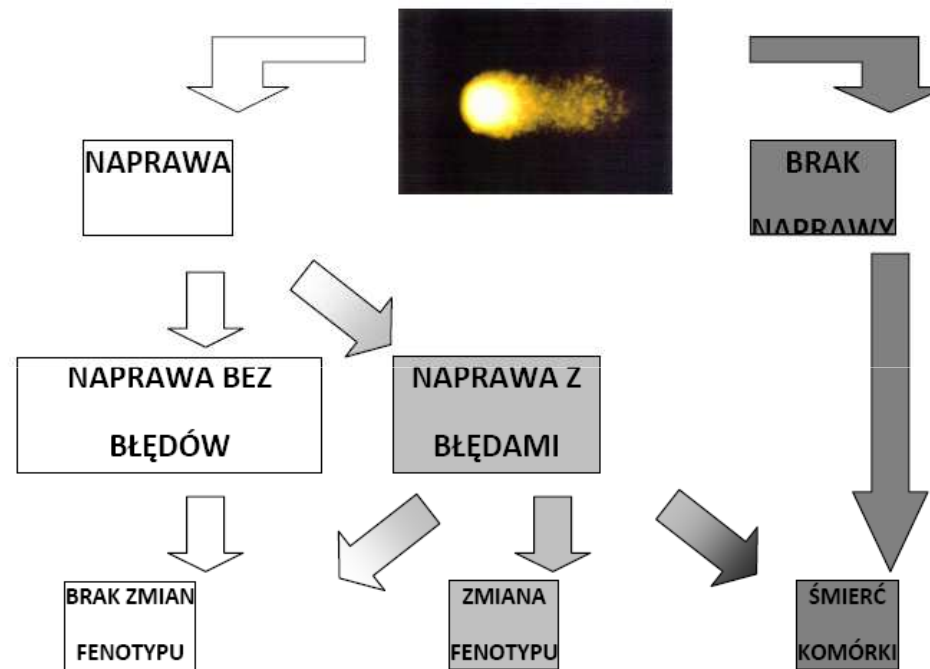


Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą



Pośrednie i bezpośrednie działanie promieniowania

Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą



Możliwe koleje losu komórki napromienionej

Źródło: DŁUGOLETNI PROGRAM SZKOLENIOWY W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PROJEKTU TRANSITION FACILITY 2005/017-488.03.06 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA”

Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą

Skutki stochastyczne i deterministyczne

Depozycja energii przez promieniowanie jonizujące jest procesem losowym i nawet przy bardzo niskich dawkach istnieje pewne prawdopodobieństwo, że w tarczy komórkowej zdeponowana zostanie wystarczająca ilość energii, żeby spowodować zmiany w komórce lub jej śmierć.

Śmierć jednej lub kilku komórek nie ma znaczenia z punktu widzenia danej tkanki lub całego organizmu.

Jeżeli jednak w komórce zajdą zmiany genetyczne prowadzące do nabycia przez nią nowych cech, takich jak zdolność do nieograniczonej liczby podziałów, skutki dla całego organizmu lub przyszłych pokoleń mogą być bardzo istotne (nowotwory, zmiany dziedziczne). Takie skutki działania promieniowania nazywamy stochastycznymi. Nawet dla bardzo niskich dawek promieniowania istnieje niewielkie, ale skończone, prawdopodobieństwo wystąpienia skutku stochastycznego. Częstość występowania skutków stochastycznych zwiększa się wraz ze wzrostem dawki promieniowania, ale ostrość skutku pozostaje taka sama (nowotwór albo się rozwinie, albo nie rozwinie). Z klinicznego punktu widzenia czas potrzebny do ujawnienia się skutków stochastycznych jest długi - kilka lub kilkanaście lat, a nawet całe pokolenie.



Odziaływanie promieniowania jonizującego z tkanką żywą

RYZIKO ŻYCIOWE ŚMIERCI Z POWODU NOWOTWORU INDUKOWANEGO PROMIENIOWANIEM [%]	
NOWOTWORY LITE	
Mężczyźni	9
Kobiety	13
Dzieci (dziewczynki)	18
Dzieci (chłopcy)	26
Średnie dla dorosłych	11
Średnie dla dzieci	22
BIAŁACZKI	
Obie płcie	1

Ryzyko życiowe śmierci z powodu nowotworu indukowanego napromieniowaniem dawką skuteczną **1000 mSv**

Każdy człowiek otrzymuje co najmniej 3mSv od tzw. naturalnych źródeł

promieniowania

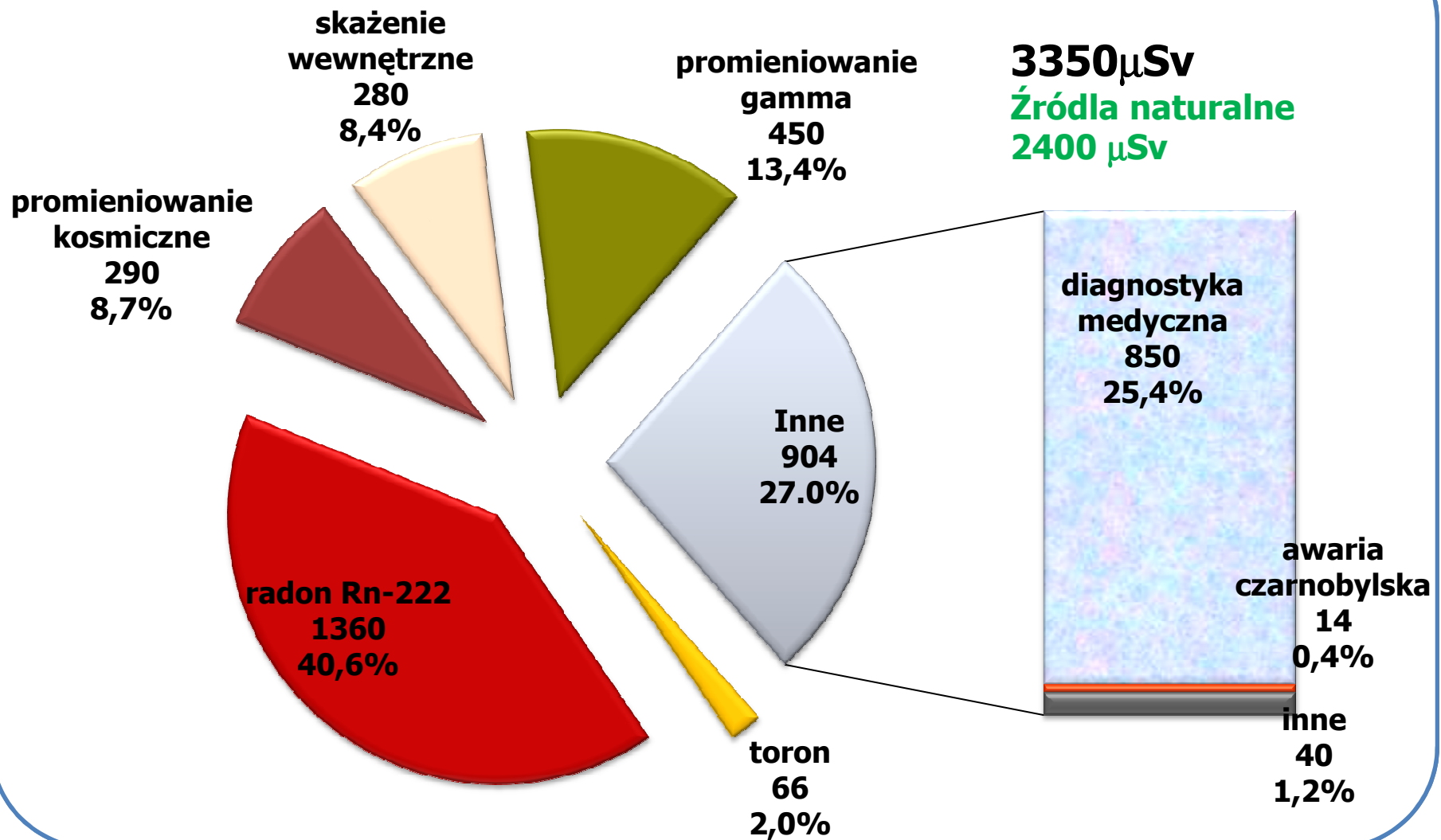
UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations, New York, 2000.

Dawka promieniowania otrzymywana przez statystycznego mieszkańca Polski

Ocenia się, że dawka promieniowania otrzymywana przez statystycznego mieszkańca Polski od naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania jonizującego oraz od źródeł promieniowania stosowanego w procedurach medycznych wynosi:

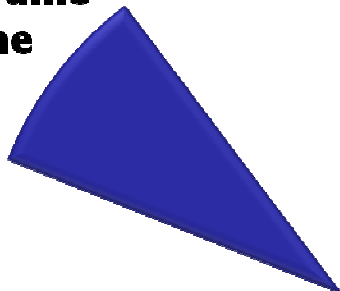
w 2000 r.	3.30 mSv (3300 μSv)
w 2002 r.	3.36 mSv (3360 μSv)
w 2003 r.	3.35 mSv (3350 μSv)
W 2004 r.	3.35 mSv (3350 μSv)
W 2005 r.	3.35 mSv (3350 μSv)

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

**promieniowanie
kosmiczne
290
8.7%**



3350 μ Sv
Źródła naturalne
2400 μ Sv

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

PROMIENIOWANIE KOSMICZNE

pierwotne
cząstki
pochodzenia
poza
ziemskiego

wtórne
promieniowanie
powstałe w
wyniku
oddziaływania
tych cząstek z
atmosferą

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

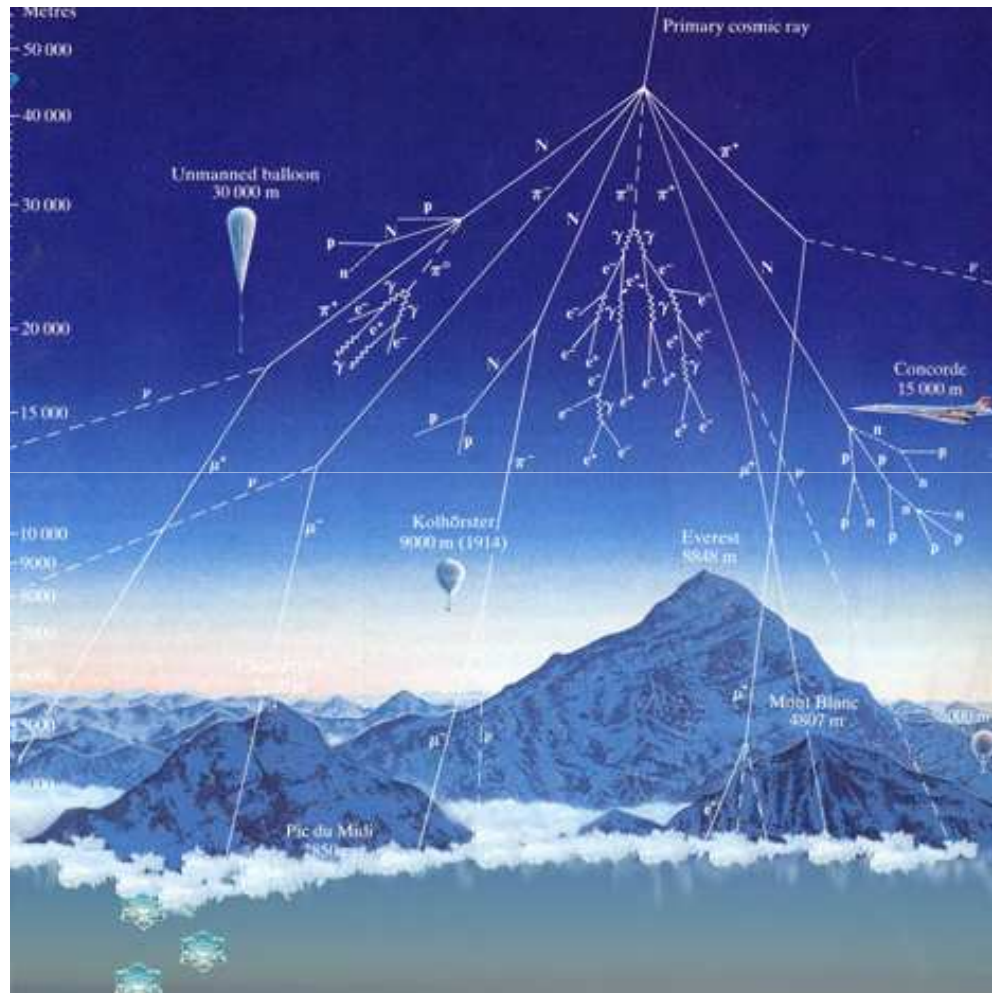
PIERWOTNE PROMIENIOWANIE GALAKTYCZNE

cząstka	średni udział	dociera do Ziemi (na poziom morza)
protony	87% (75÷89%)	1 na 1000
jądra helu (prom. α)	11% (10 ÷18%)	1 na 4
jądra pierwiastków $Z>2$	1% (1 ÷ 7%)	1 na 30
elektrony	1%	

energia cząstek 10^{10} eV (max 10^{20} eV)



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



Promieniowanie kosmiczne docierające na Ziemię

(<http://astro.uchicago.edu/cosmus/home.html>; za zgodą Dr. R. Landsberga)

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

PROMIENIOWANIE EMITOWANE PRZEZ SŁOŃCE

Wiatr słoneczny - Strumień cząstek wiatru zderza się z polem magnetycznym naszej planety, wytwarzając falę uderzeniową, co wpływa na kształt magnetosfery i wywołuje wiele zjawisk obserwowanych na Ziemi

(burze magnetyczne i zaniki łączności radiowej, zorze polarne).

Prędkość strumieni cząstek (głównie elektronów, protonów i cząstek) w odległości 1 j.a. waha się od 300 do 800 km/s, a gęstość utrzymuje się między 10^4 a 3×10^6 cząstek na metr sześcienny

WTÓRNE PROMIENIOWANIE

protony (1H), deuterony (2H), cząstki α (4^2He)
neutrony, mezony, neutrino, elektrony, prom γ

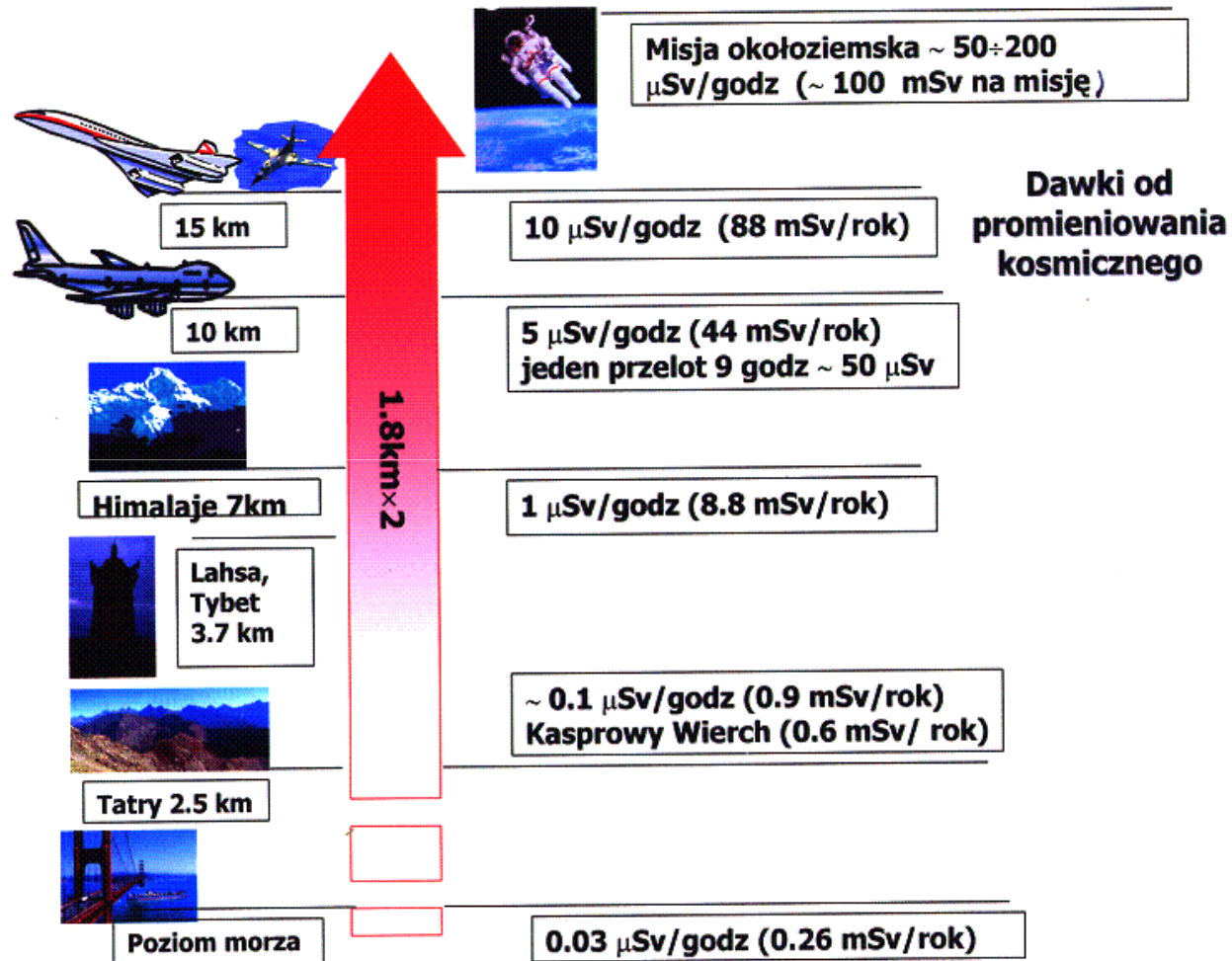


Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



Plik [Polarlicht 2.jpg](#) [[edytuj opis](#)] umieszczony jest w [Wikimedia Commons](#), repozytorium wolnych zasobów projektów Fundacji Wikimedia

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

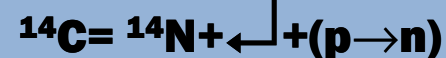


Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO Z GAZAMI ATMOSFERYCZNYMI

WAŻNIEJSZE RADIONUKLIDY KOSMOGENNE

POWSTAJĄ ZE STAŁĄ SZYBKOŚCIĄ W STRATOSFERZE
ŚREDNI CZAS PRZEBYWANIA 1 – 2 LAT



bariera

TROPOPAUSA (H= 10-12 km)

WIOSNA, JESIEŃ PRZERWY NA SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ 30°÷50°

TROPOSFERA



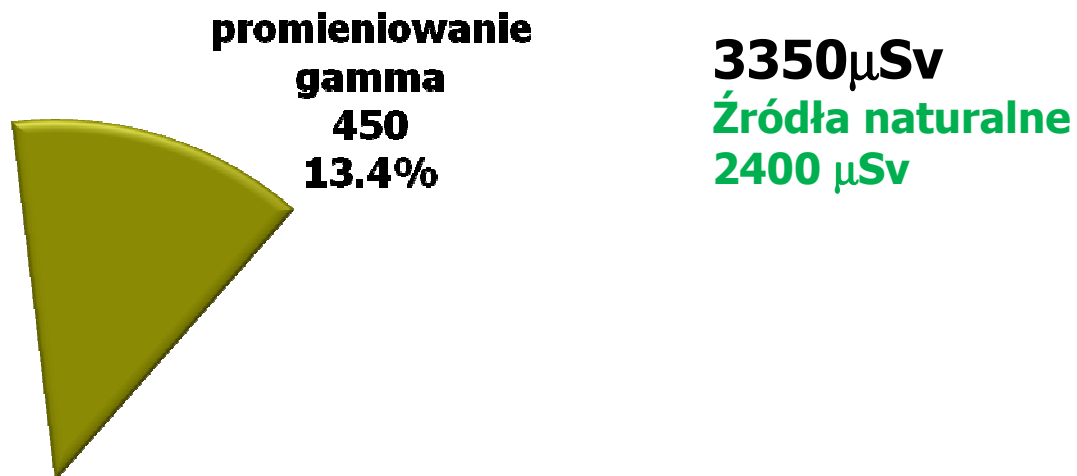
Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

WAŻNIEJSZE RADIONUKLIDY KOSMOGENNE

RADIONUKLID	Okres połowicznego rozpadu	Efektywny równoważnik dawki Sv·rok⁻¹
H-3 (Tryt)	12.43 lat	0.01×10⁻⁶
Be-7 (Beryl)	53 dni	3.0 ×10⁻⁶
C-14 (Węgiel)	5760 lat	12.0 ×10⁻⁶
Be-10 (Beryl)	2.5×10⁶ lat	
Na-22 (Sód)	2.6 lat	0.2 ×10⁻⁶



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

RADIONUKLIDY NATURALNE POCHODZENIA ZIEMSKIEGO

**ISTNIEJĄCE OD POWSTANIA
ZIEMI:
4.5 miliarda lat
SYNTEZA JĄDER W TRAKCIE
POWSTAWANIA ZIEMI->
DLUGOŻYCIOWE PIERWIASTKI**

**WYSTĘPUJĄCE
POJEDYNCZO**

**SZEREGI
PROMIENIOTWÓRCZE:
URANO-RADOWY
TOROWY
URANO-AKTYNOWY**



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

**RADIONUKLIDY POCHODZENIA ZIEMSKIEGO
WYSTĘPUJĄCE POJEDYNCZO**

Wiek Ziemi 4.5×10^9 lat

LP	Izotop	$T_{1/2}$	Zawartość w pierwiastku naturalnym %	Rodzaj prom.
1	^{40}K (Potas)	1.3×10^9	0.0118	β, γ
2	^{50}V (Wanad)	6.0×10^{14}	0.25	β
3	^{87}Rb (Rubid)	4.8×10^{10}	27.83	β
4	^{113}Cd (Kadm)	9.0×10^{15}	12.3	β
5	^{115}In (Ind)	5.0×10^{14}	95.7	β
6	^{138}La (Lantan)	1.1×10^{11}	0.09	β
7	^{142}Ce (Cer)	$> 5 \times 10^{16}$	11.1	α
8	^{144}Nd (Neodym)	2.1×10^{15}	23.9	α
9	^{147}Sm (Samar)	1.1×10^{11}	15	α
10	^{148}Sm (Samar)	8.0×10^{15}	11.2	α
11	^{149}Sm (Samar)	$< \times 10^{16}$	13.8	α
12	^{152}Gd (Gadolin)	1.1×10^{14}	0.2	α
13	^{156}Dy (Dyspoz)	2.0×10^{14}	0.06	α
14	^{176}Lu (Lutet)	2.7×10^{10}	2.6	β
15	^{174}Hf (Hafn)	2.0×10^{15}	0.17	α
16	^{180}Ta (Tantal)	$> 5 \times 10^{13}$	0.012	β
17	^{187}Re (Ren)	5.0×10^{15}	62.5	β
18	^{190}Pt (Platyna)	7.0×10^{11}	0.013	α
19	^{204}Pb (Ołów)	1.4×10^{17}	1.48	α

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

Charakterystyka potasu i rubidu

Charakterystyka	⁴⁰ K (Potas)	⁸⁷ Rb (Rubid)
T_{1/2} (lata)	1.3×10 ⁹	4.8×10 ¹⁰
Zawartość w pierwiastku naturalnym	0.012	27.83
Rodzaj promieniowania i energia, Mev	β 1.33 γ 1.46	β 0.274
Zawartość pierwiastka w człowieku standardowym	140 g	1.19 g
Zawartość radionuklidu w człowieku standardowym	4440 Bq	1000 Bq
Efektywny równoważnik dawki od skażeń wewnętrznych	180 μSv/rok (64% 280 μSv/rok)	6 μSv/rok
Efektywny równoważnik dawki od ekspozycji zewnętrznej	120 μSv/rok (27% 450 μSv/rok)	

SZEREGI PROMIENIOTWÓRCZE

URANOWY

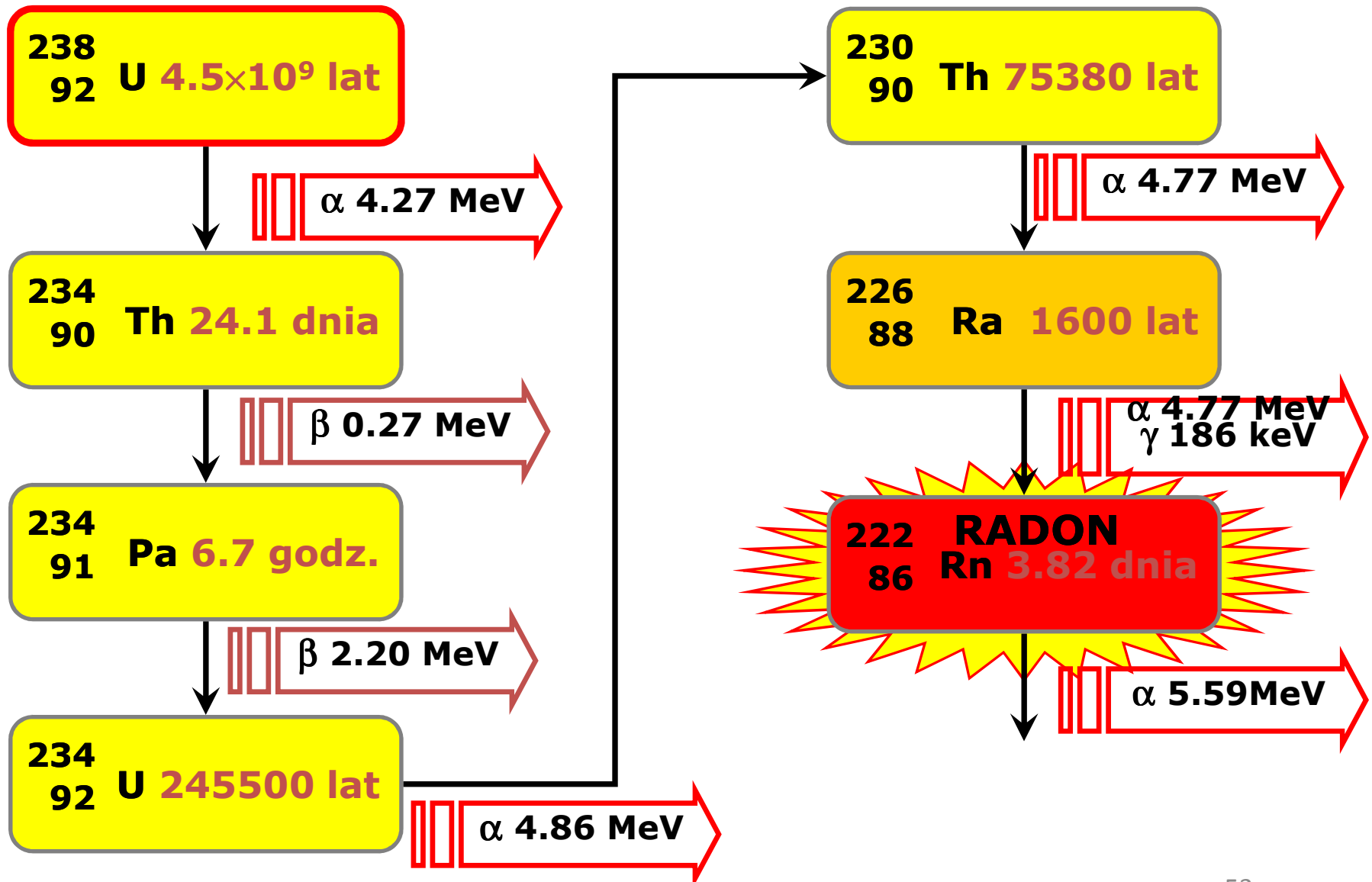
**rozpoczyna się rozpadem alfa uranu ^{238}U
a kończy na stabilnym ołowiu ^{206}Pb**

łącznie 18 nuklidów

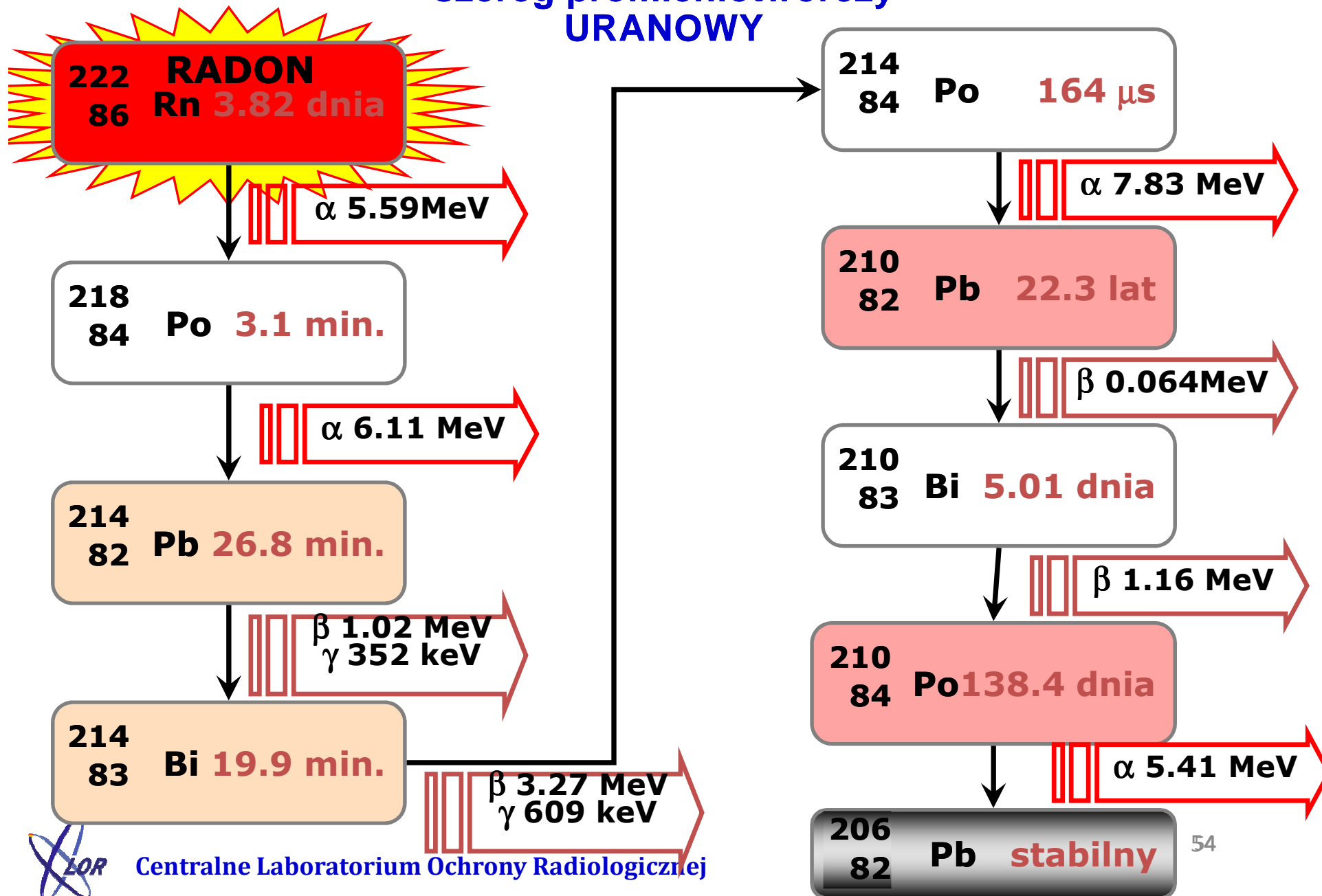
najważniejsze to:

^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Po , ^{210}Pb

szereg promieniotwórczy URANOWY



szereg promieniotwórczy URANOWY



SZEREGI PROMIENIOTWÓRCZE

TOROWY

**rozpoczyna się rozpadem alfa toru ^{232}Th
a kończy na stabilnym ołowiu ^{208}Pb**

łącznie 12 nuklidów

najważniejsze to:

^{232}Th , ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{220}Rn



SZEREGI PROMIENIOTWÓRCZE

AKTYNOWY

**rozpoczyna się rozpadem alfa toru ^{235}U
a kończy na stabilnym ołowiu ^{207}Pb**

łącznie 15 nuklidów

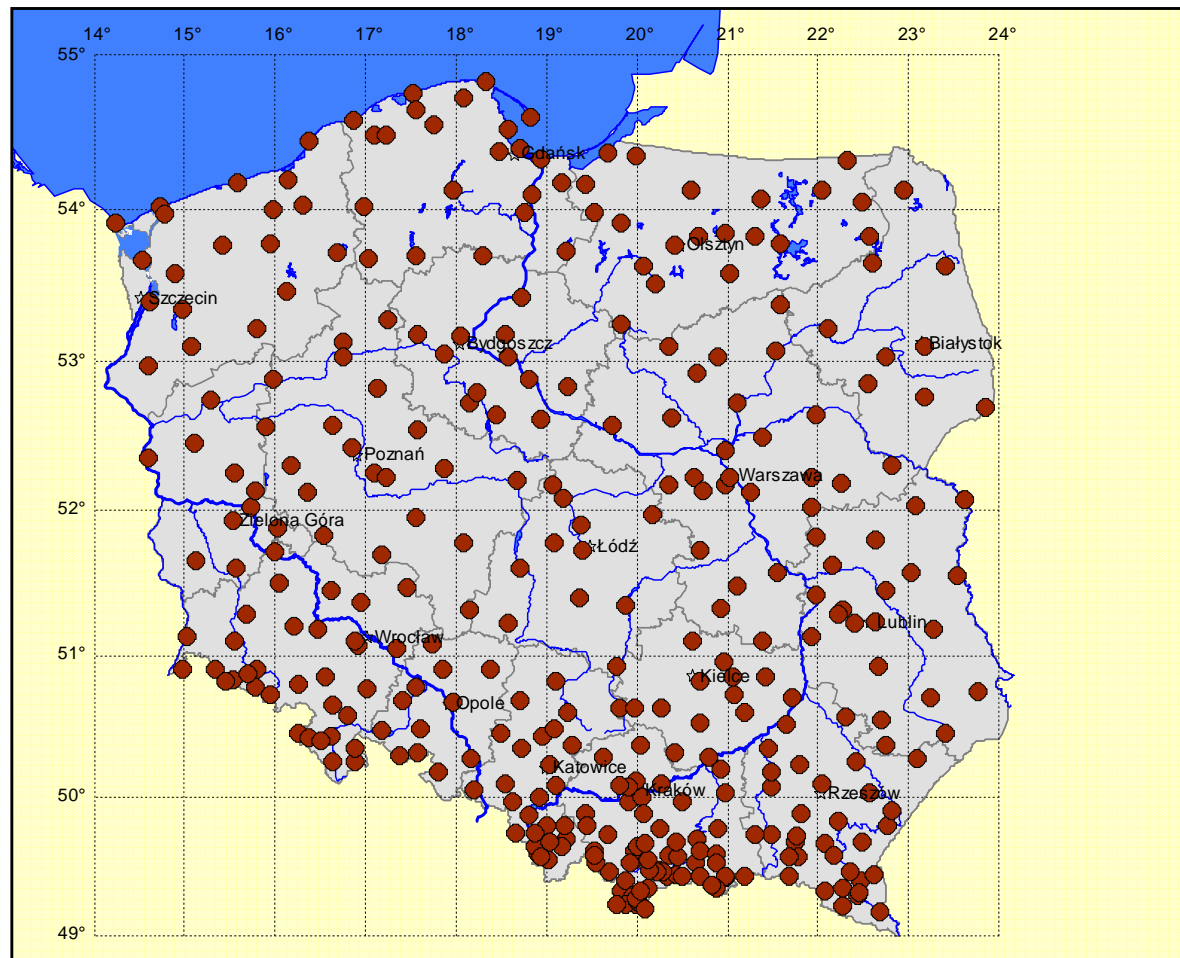
najważniejsze to:

^{235}U , ^{231}Pa , ^{223}Ra



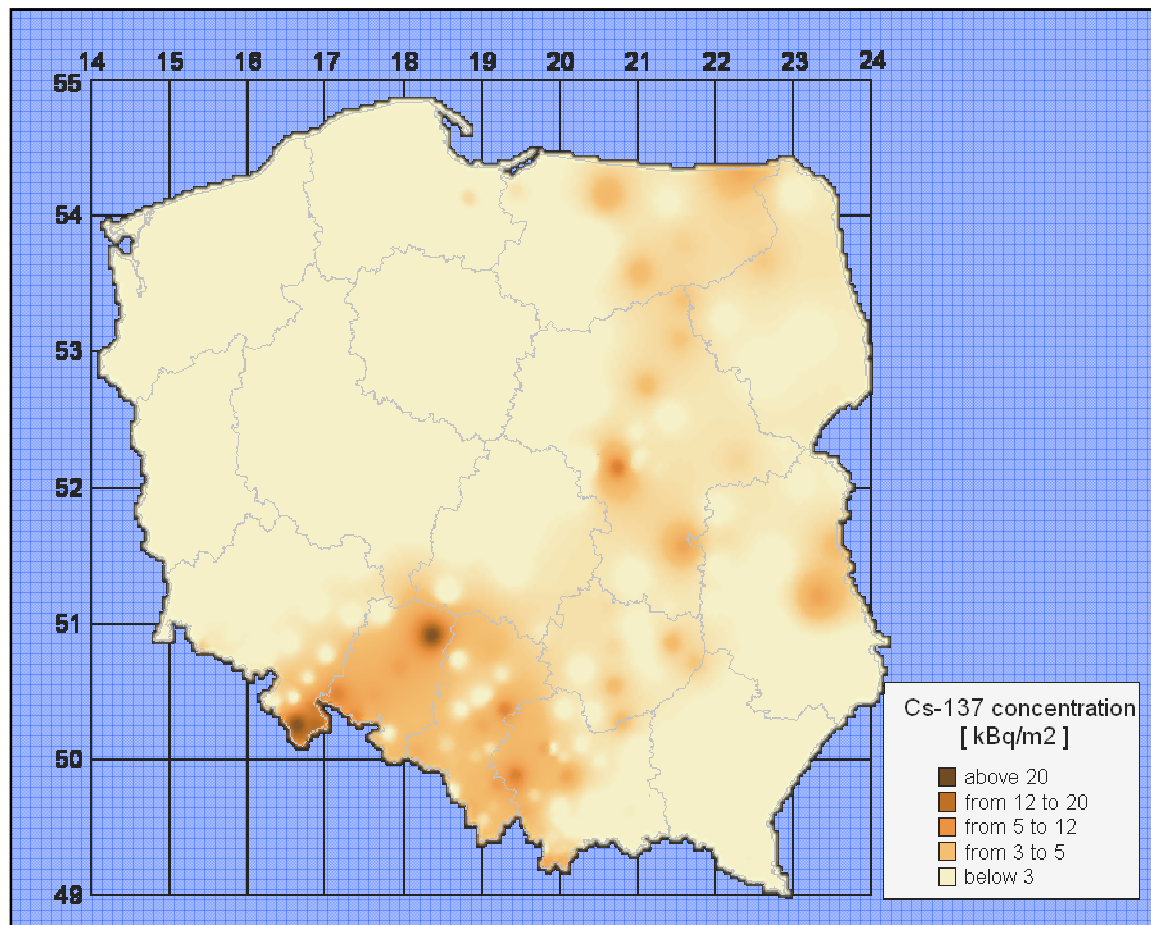
MONITORING ŚRODOWISKA

Punkty poboru gleby w Polsce



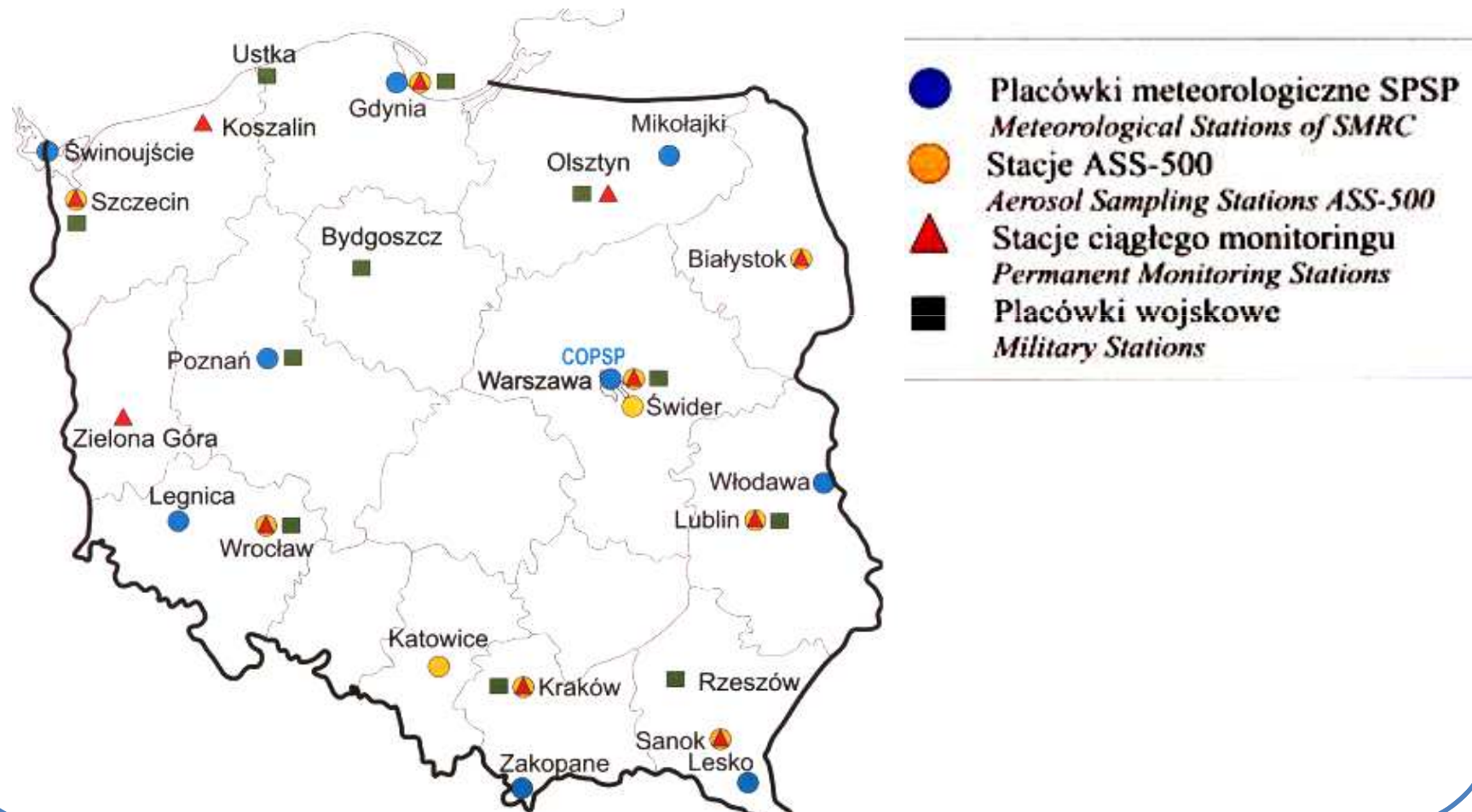
MONITORING ŚRODOWISKA

Mapa stężenia ^{137}Cs po Czarnobylu



MONITORING ŚRODOWISKA

Sieć placówek wczesnego ostrzegania w Polsce



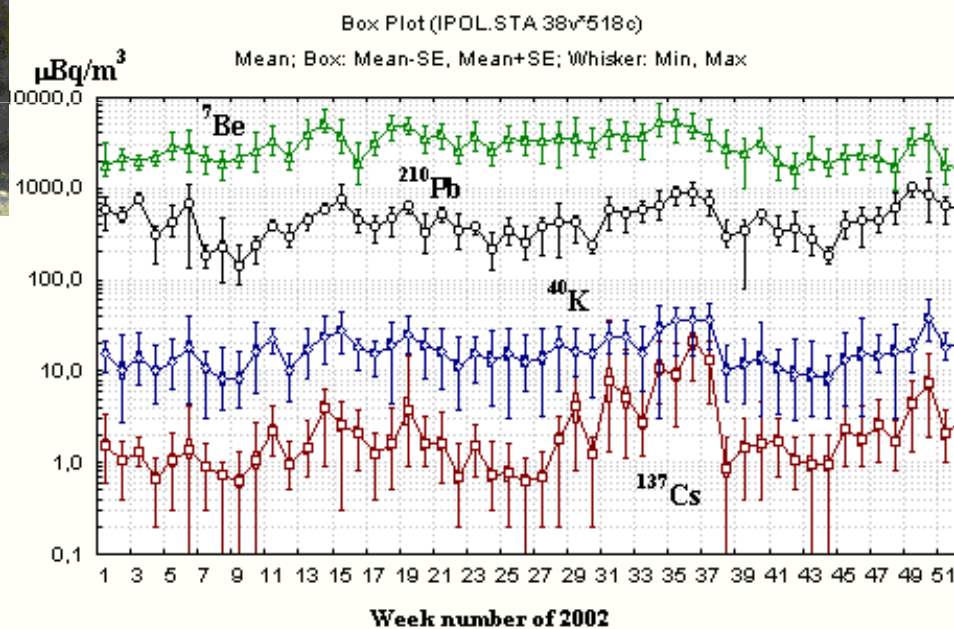
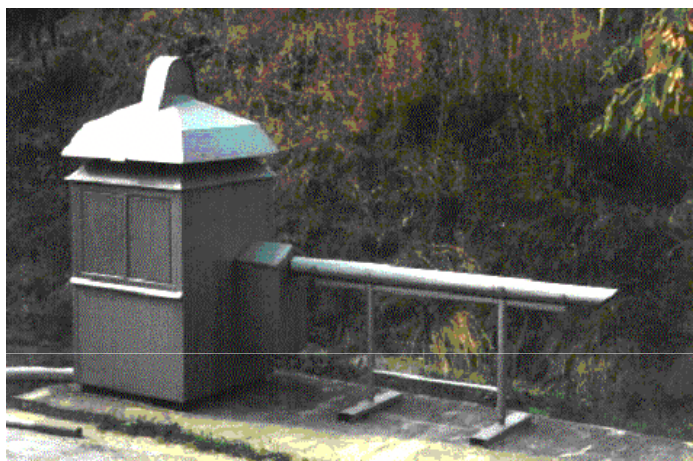
MONITORING ŚRODOWISKA

PMS STACJE WCZESNEGO OSTRZEGANIA

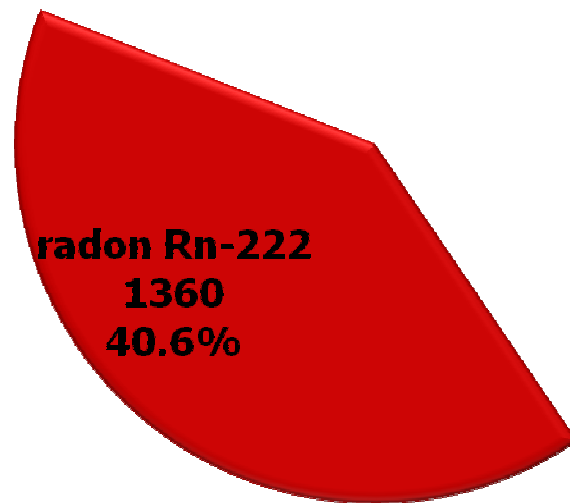


MONITORING ŚRODOWISKA

Badanie skażeń powietrza



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

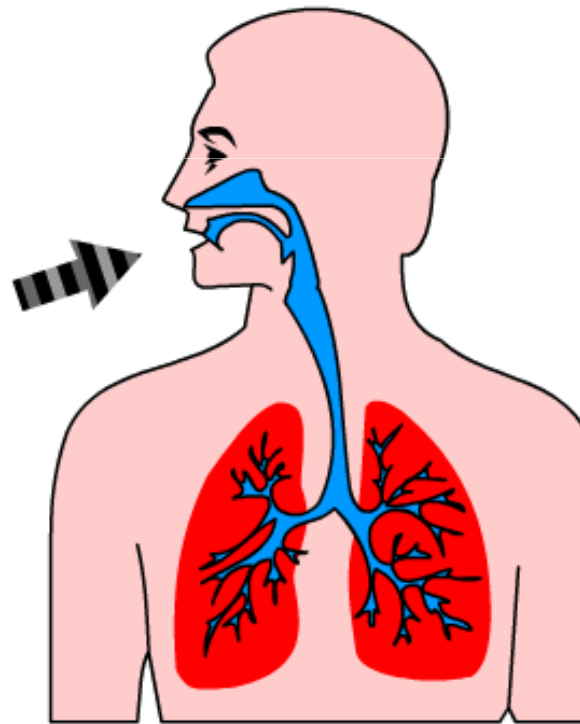


3350 μSv
Źródła naturalne
2400 μSv

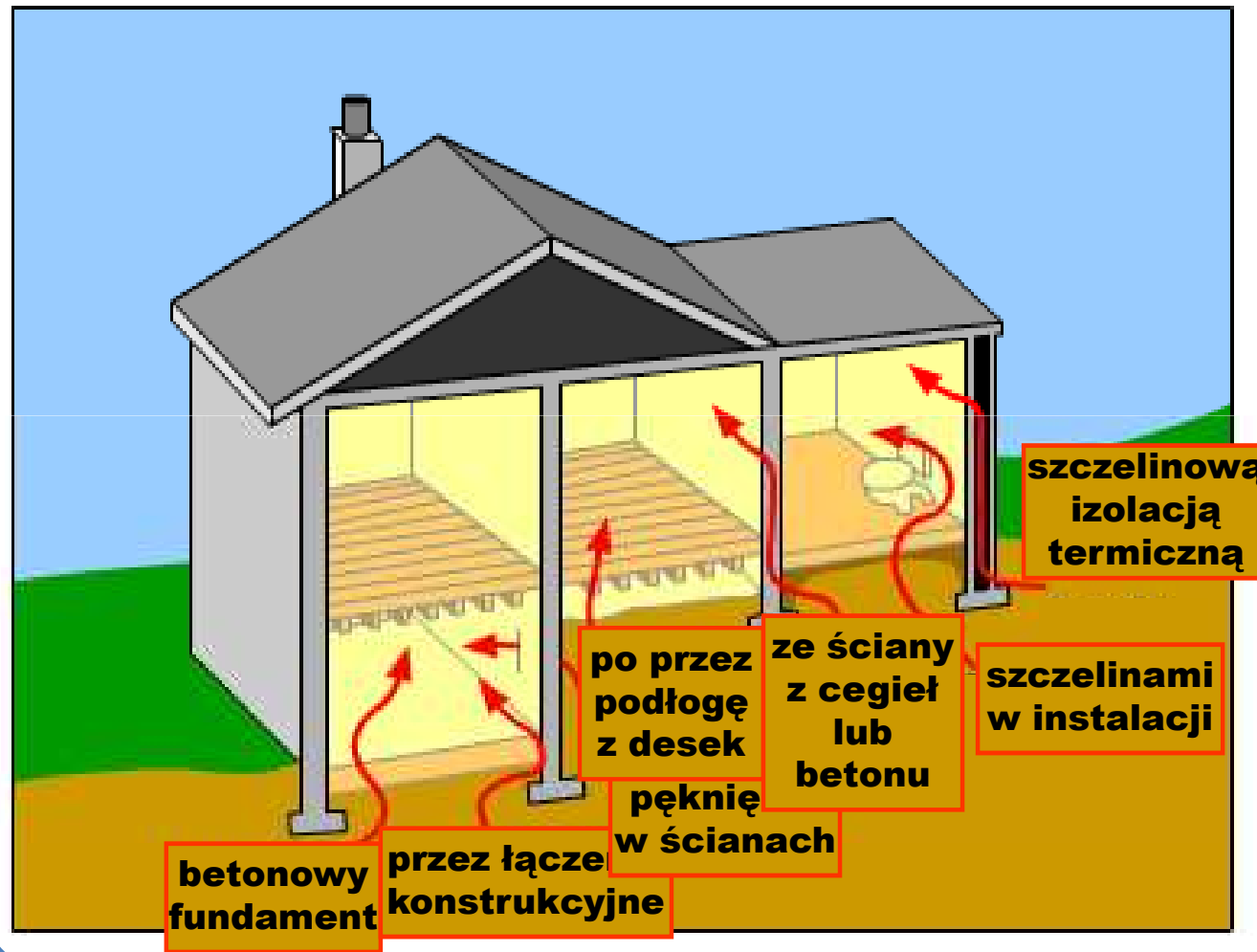


Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

NARAŻENIE CZŁOWIEKA NA NAPROMIENIENIE UKŁADU ODDECHOWEGO RADONEM I PRODUKTAMI ROZPADU RADONU

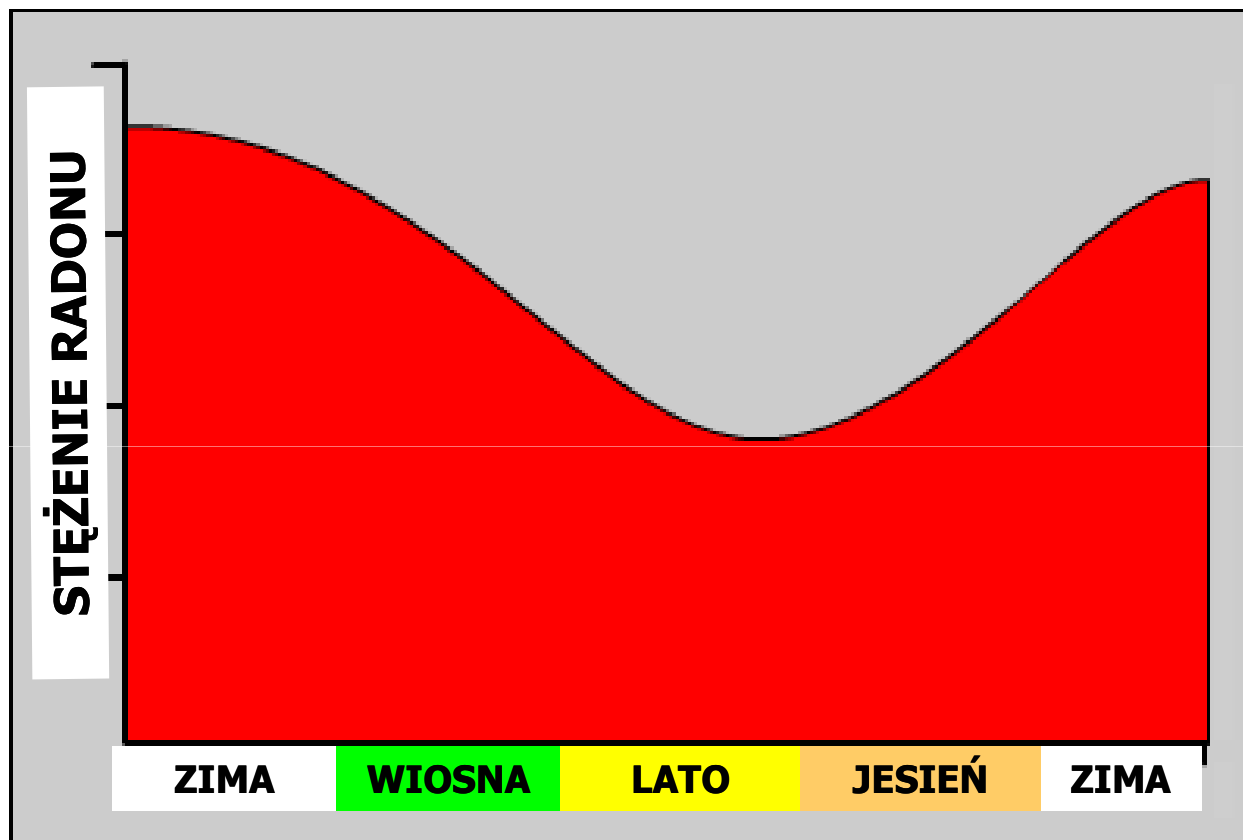


Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



Radon może przedostawać się do wnętrza pomieszczeń różnymi drogami

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

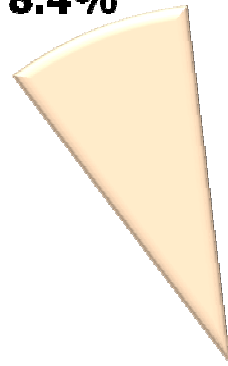


**STĘŻENIE RADONU W POMIESZCZENIU
ZMIENIA SIĘ W ZALEŻNOŚCI OD PORY ROKU**



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

**skażenie
wewnętrzne
280
8.4%**



3350 μ Sv
Źródła naturalne
2400 μ Sv

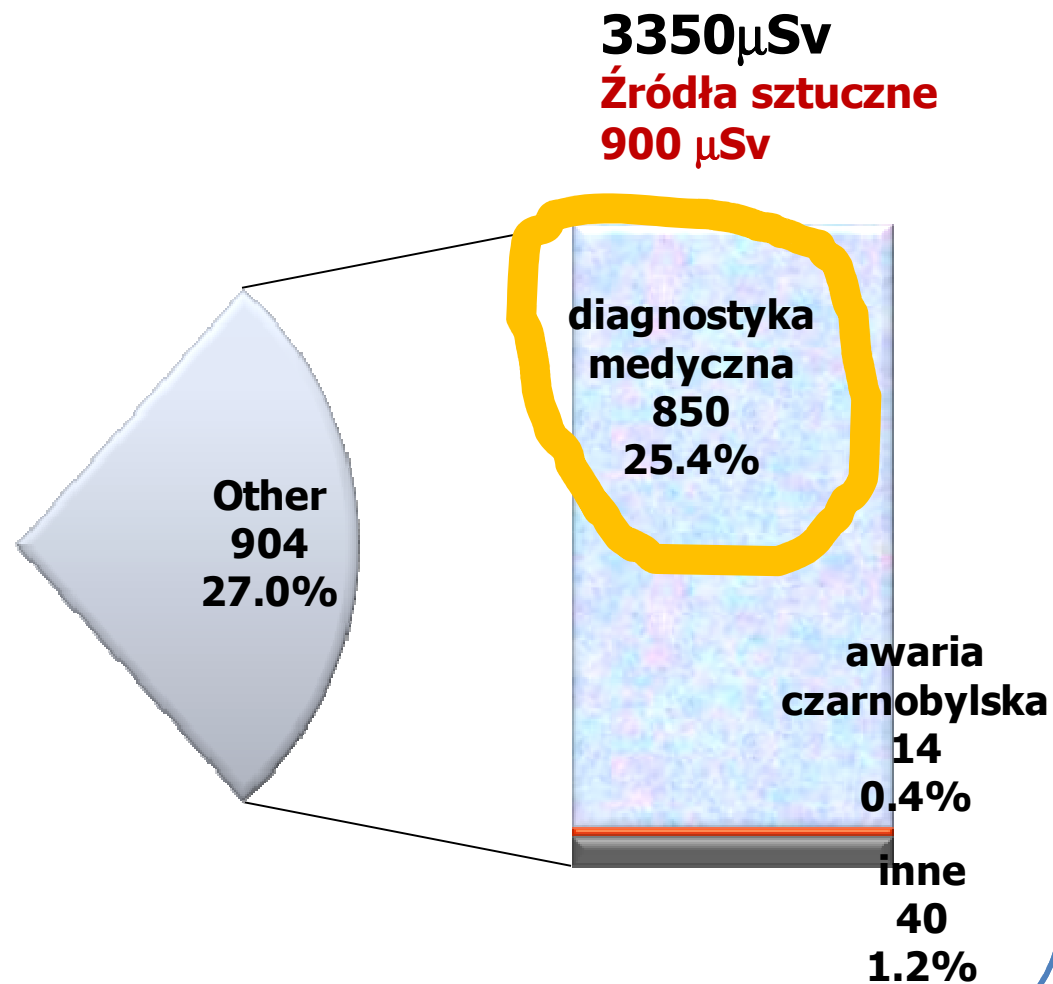
**INKORPORACJA PIERWIASTKÓW
PROMIENIOTWÓRCZYCH POCHODZENIA NATURALNEGO
SKAŻENIA WEWNĘTRZNE**

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.

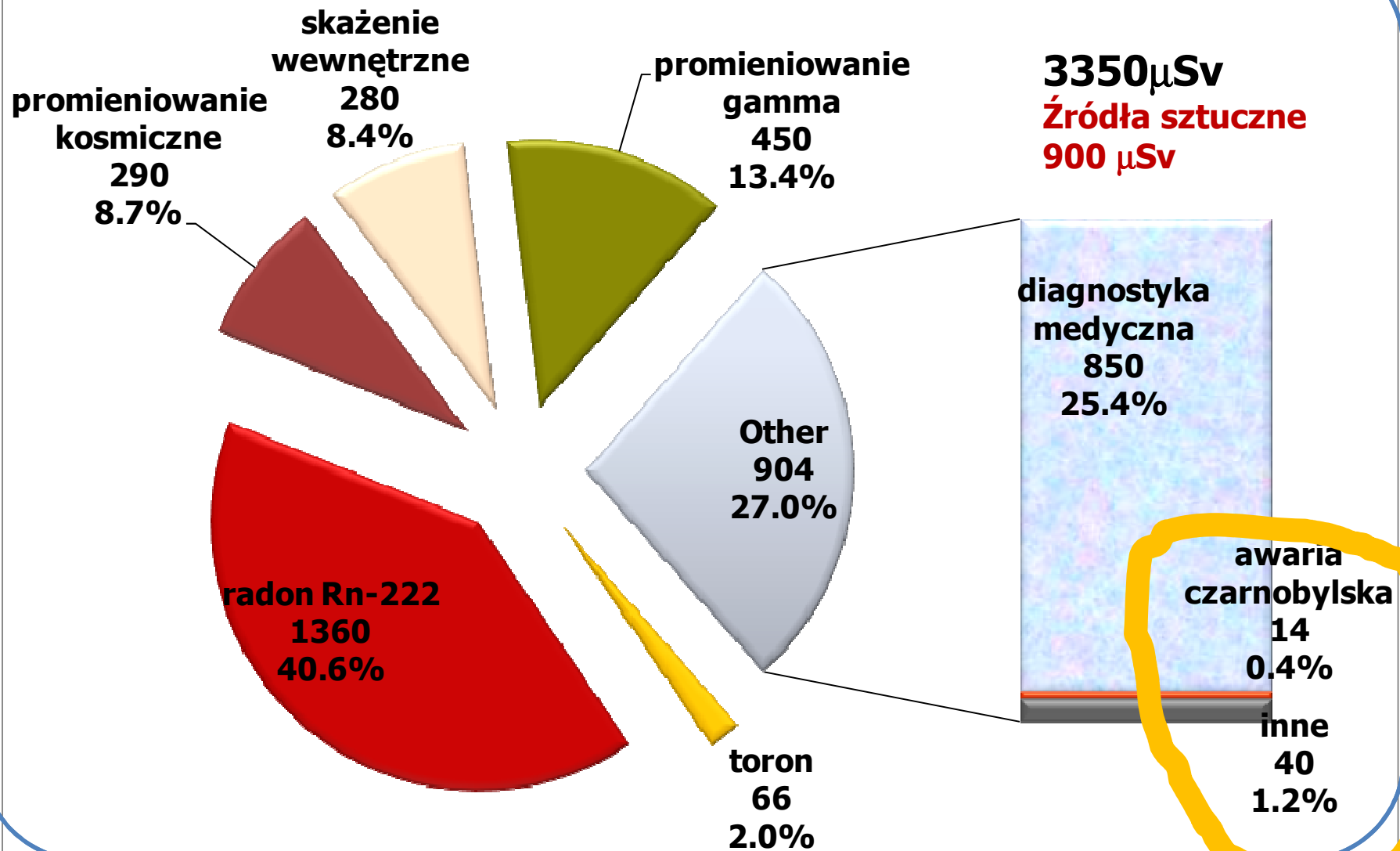
**ROCZNE DAWKI SKUTECZNE OD WNIKIĘĆ NATURALNYCH
RADIONUKLIDOW W POLSCE [μ Sv]**

$^{238}, ^{234}\text{U}$	$^{232}, ^{232}, ^{228}\text{Th}$	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	SUMA	^{40}K	DAWKA CAŁKOWITA
0.70	1.12	5.24	30.4	52.8	90.2	180	270

Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniej efektywnej dawce rocznej otrzymywanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2007 r.



PODSUMOWANIE

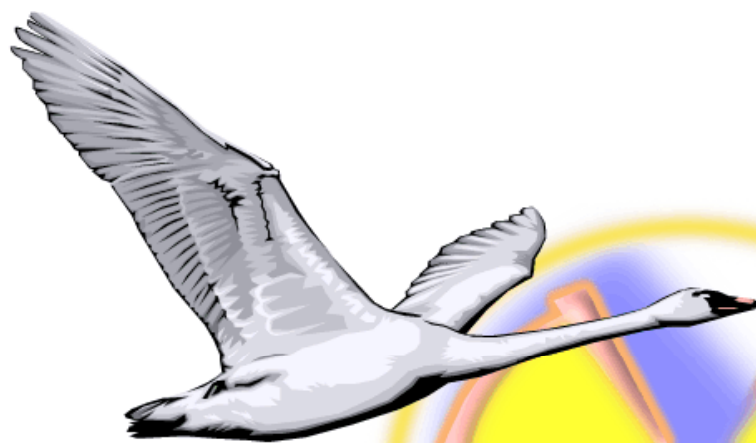
PIERWIASTKI PROMIENIOTWÓRCZE I PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE TOWARZYSZĄ WSZELKIM ŻYWYM ORGANIZMOM OD MOMENTU POWSTANIA ŻYCIA NA ZIEMI.

WSZELKIE ORGANIZMY ŻYWE WYKSZTAŁCIŁY DOSTATECZNE MECHANIZMY OBRONNE PRZED MAŁYMI DAWKAMI PROMIENIOWANIA

NIE MA ŻADNYCH PRZESŁANEK ABY OBAWIAĆ SIĘ DAWEK MIESZCZACYCH SIĘ W ZAKRESIE PROMIENIOWANIA NATURALNEGO (3- 10 mSv)



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



**CO SĄDZISZ
O OCHRONIE ZWIERZĄT I ROŚLIN
PRZED PROMIENIOWANIEM?**

PAWEŁ KRAJEWSKI
e-mail: gpkrajewski@neostrada.pl