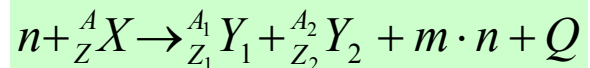


METODY DETEKCJI PROMIENIOWANIA JĄDROWEGO 3

ENERGETYKA JĄDROWA KONWENCJONALNA

(Rozszczepienie – fission)

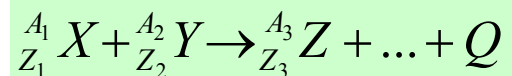


$$A \sim 240; A_1 = A_2 = 120$$

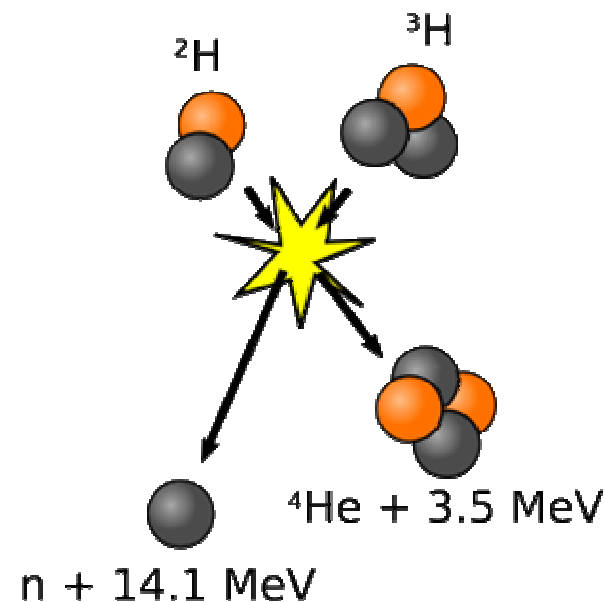
$$\frac{\Delta E_w}{A} \approx 1 \text{ MeV} / \text{nukl.} \Rightarrow Q \approx 200 \text{ MeV}$$

ENERGETYKA TERMOJĄDROWA

(Synteza – fusion)



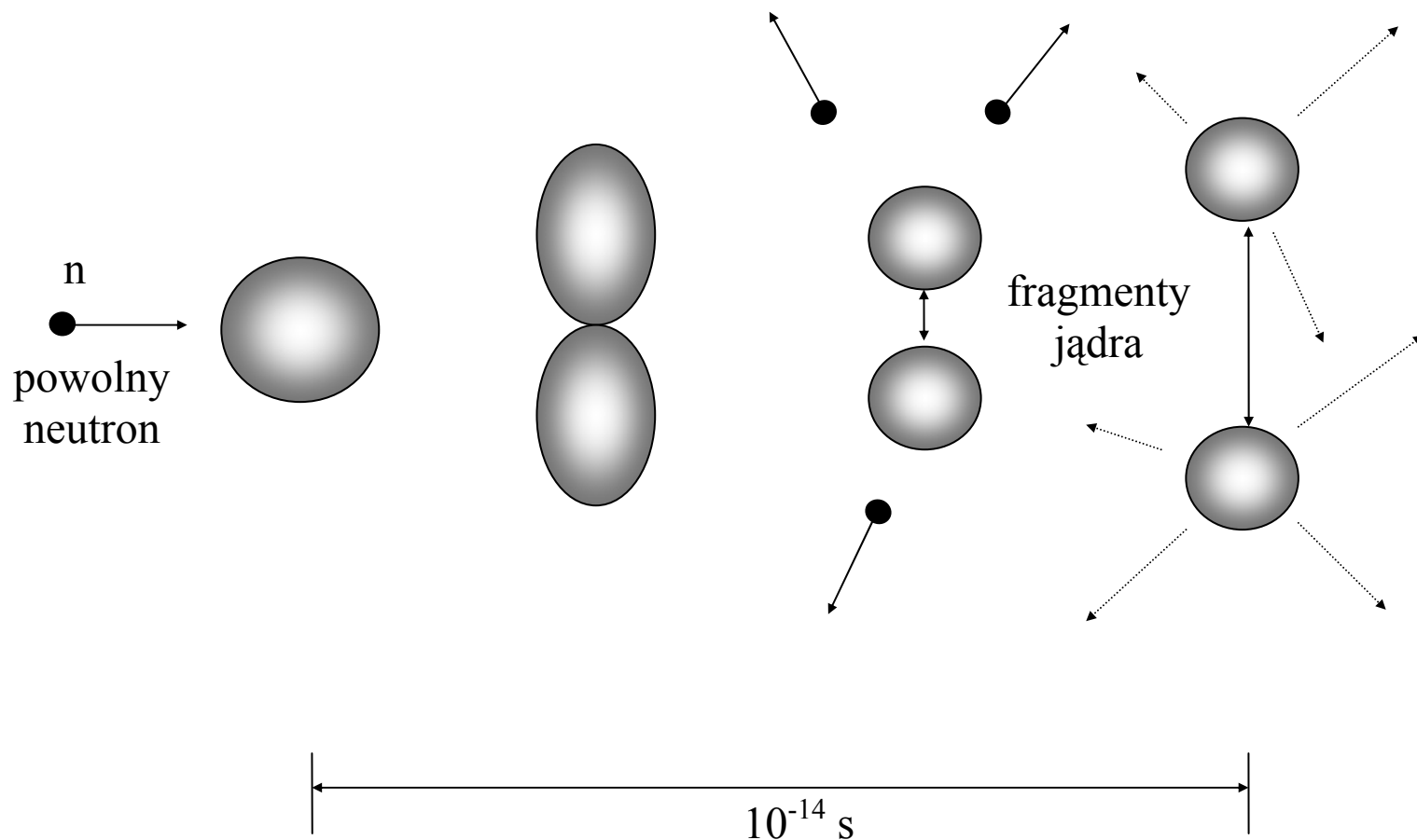
$$A_1, A_2 = 1, 2, 3 \quad Q \sim 10\text{-}20 \text{ MeV}$$



Reakcja fuzji termojądrowej, jądra deuteru i trytu łączą się, powstaje jądro helu, neutron i wydzielana jest energia.

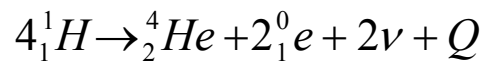
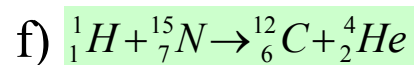
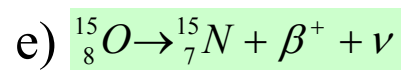
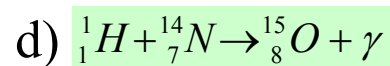
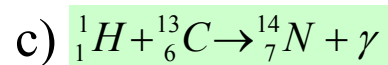
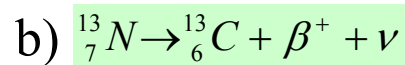
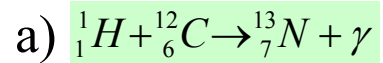
TEORIA FIZYCZNA PROCESU ROZSZCZEPIENIA

Model kropkowy jądra



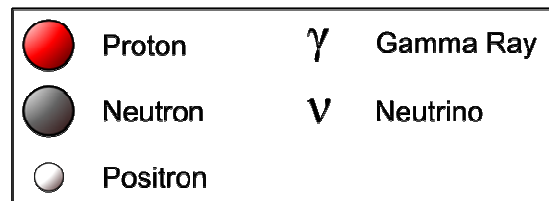
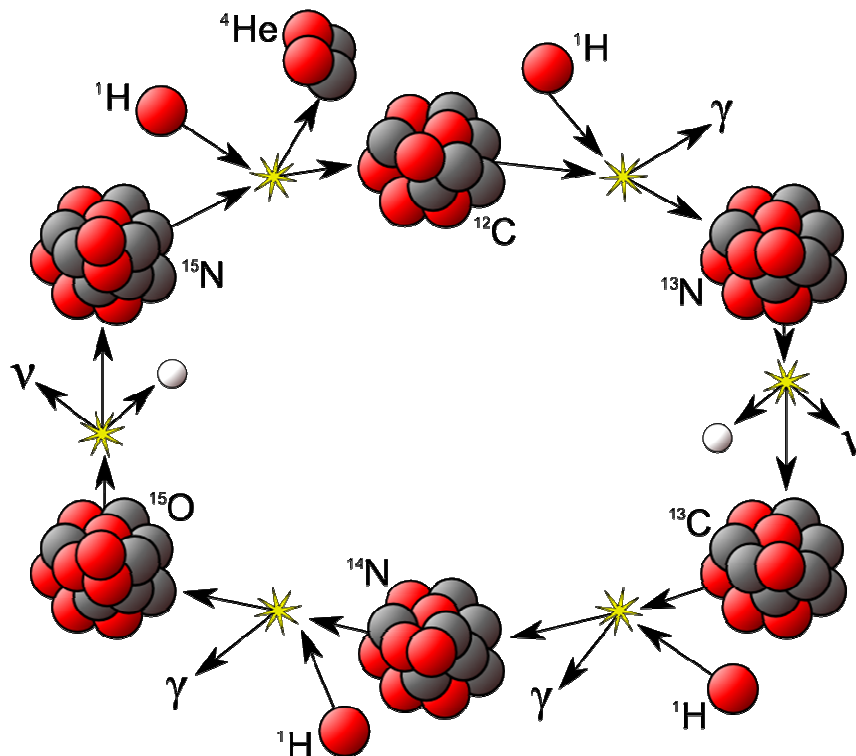
REAKCJE TERMOJĄDROWE W GWIAZDACH (I)

CYKL BETHEGO (CYKL CN), H. BETHE, 1939



$$Q = 25.7 \text{ MeV}$$

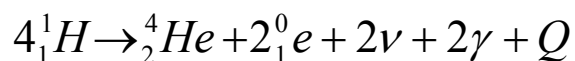
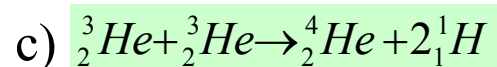
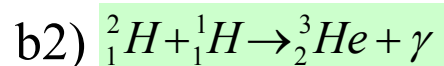
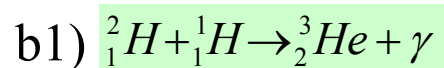
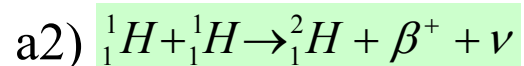
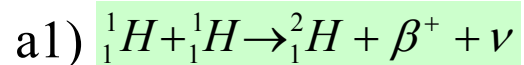
C – katalizator reakcji



Hans Bethe
(1906-2005)

REAKCJE TERMOJĄDROWE W GWIAZDACH (II)

CYKL PROTONOWY



$$Q = 26.2 \text{ MeV}$$

REAKCJE TERMOJĄDROWE - WYBUCH TERMOJĄDROWY

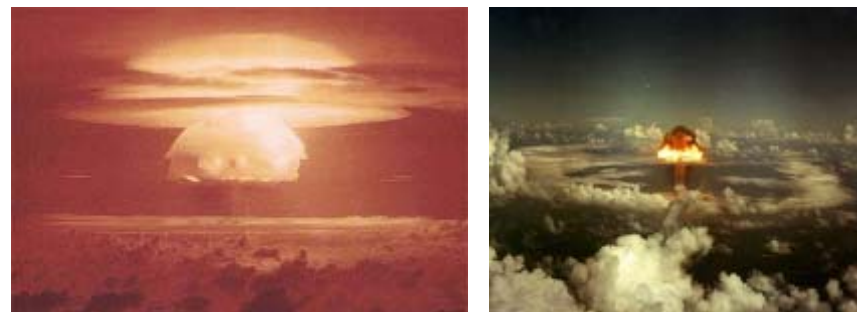
Parametry:

Energia: 10^{17} - 10^{18} J miesięczna produkcja energii na kuli ziemskiej

500-1000 MT TNT

Temperatura: 10^7 K

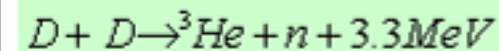
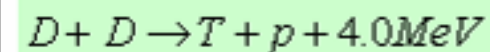
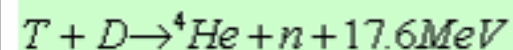
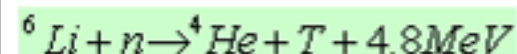
Czas: $1 \mu s = 10^{-6}$ s



Wnioski:

1. Tylko szybkie reakcje syntezy.
2. Duża gęstość ładunku termojądrowego.
3. Zapalnik – wybuch jądrowy.
4. Reakcje T + D.
5. Stan stały lub ciekły (${}^6\text{Li}$).
6. ${}^{235}\text{U}$ lub ${}^{239}\text{Pu}$ (+ powłoka ${}^{238}\text{U}/{}^{232}\text{Th}$).

Schemat reakcji:



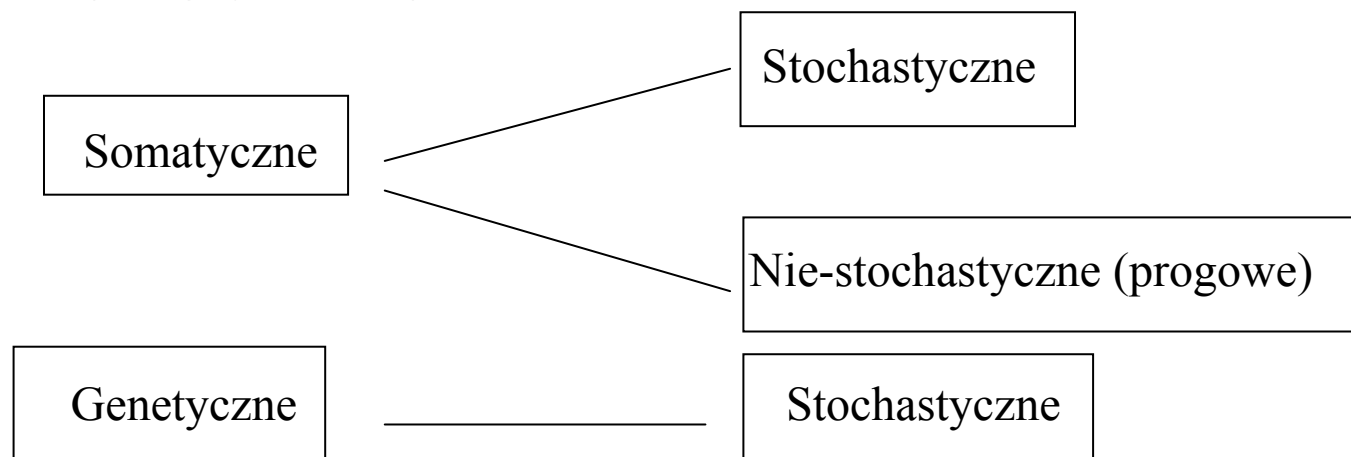
BIOLOGICZNE SKUTKI PROMIENIOWANIA JĄDROWEGO

Somatyczne – występujące w organizmie osoby napromieniowanej

Genetyczne – występujące w organizmie potomstwa

Stochastyczne – przypadkowe, o pewnym(znany) prawdopodobieństwie

Nie-stochastyczne – progowe, występują zawsze po przekroczeniu pewnej dawki progowej, nigdy poniżej



Zadania ochrony radiologicznej

1. uniknięcie efektów nie-stochastycznych
2. obniżenie częstości efektów stochastycznych

zasada ALARA: As Low As Reasonably Achievable

DOZYMETRIA I OCHRONA RADIOLOGICZNA

Podstawowe pojęcia:

1. dawka ekspozycyjna

$$X = \frac{Q}{m} \left[\frac{1C}{1kg} \right] \quad (\text{jonizacja powietrza})$$

Q – sumaryczny ładunek jonów; m – masa

2. dawka pochłonięta (energia pochłonięta)

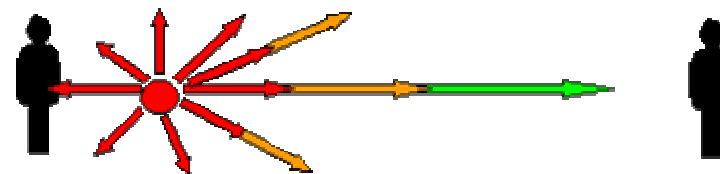
$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} \left[1Gy = \frac{1J}{1kg} \right] \quad [\text{Grey}]$$

ΔE – energia przekazana przez promieniowanie

3. moc dawki

a) ekspozycyjnej $P_x = \frac{X}{\Delta t} \left[\frac{1A}{1s} \right]$

b) pochłoniętej $P_D = \frac{D}{\Delta t} \left[\frac{Gy}{1s} \right]$



4. aktywność (liczba rozpadów jądrowych)

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} \left[1Bq = \frac{1}{1s} \right] \quad [\text{bekerele}]$$

aktywność właściwa

$$A_w = \frac{A}{m} \left[\frac{1Bq}{1kg} \right] \quad \text{koncentracja objętościowa (skażenie objętościowe)}$$

$$A_s = \frac{A}{S} \left[\frac{1Bq}{1m^2} \right] \quad \text{skażenie powierzchniowe}$$

5. dawka równoważna

$$H = QND \quad [1Sv = 1J/1kg] \quad [\text{Sivert}]$$

D – dawka pochłonięta[Gy]

Q – współczynnik jakości(Q = WSB; współczynnik skuteczności biologicznej)

N – współczynnik modyfikujący

6. skuteczna dawka równoważna

$$H_E = \sum w_T H_T$$

H_T – średnia dawka przypadająca na określony narząd lub tkankę

w_T – współczynnik ważenia

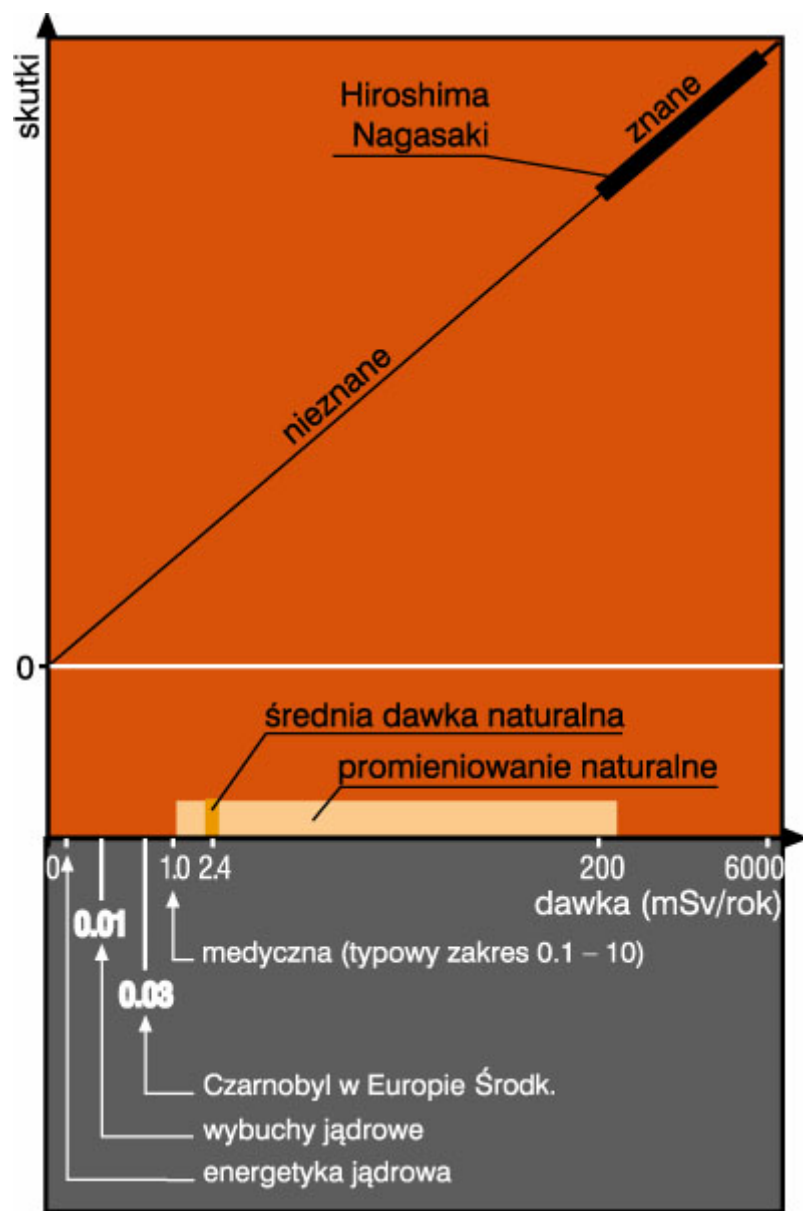
7. kolektywna skuteczna dawka równoważna

$$S = n \cdot \overline{H_E} \quad [\text{ManSv}]$$

n – liczba osób wysawionych na działanie promieniowania

$\overline{H_e}$ - średnia skuteczna dawka równoważna





Na podstawie danych z Hiroszimy i Nagasaki przyjmuje się, że zależność dawka - efekt dla promieniowania jonizującego jest dla dużych dawek linią prostą. Dla małych dawek zależność dawka - efekt może mieć różny charakter.

1. Zależność przewiduje istnienie pewnego **progu dawki** poniżej którego nie występują żadne skutki.
2. Dla małych dawek skutek zdrowotny jest nieproporcjonalnie większy.
3. Ekstrapolacja liniowa zależności dla dużych dawek.
4. Zjawisko hormezy.

TABELE WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW Q i w_T

Rodzaje promieniowania	Q
X, γ , elektrony (β)	1
protony, neutrony	10
α	20
Ciężkie jony	20

Narząd D	w_T	w_R
Gruczoły płciowe	0,25	4,0
Klatka piersiowa	0,15	2,5
Szypik kostny	0,12	2,0
Płuca	0,12	2,0
Tarczycza	0,03	0,5
Kości	0,03	0,5
Pozostałe narządy	0,30	5,0
Razem	1,00	16,5

w_R – współczynnik ryzyka [$1/kSv$] = kSv^{-1}

w_R – prawdopodobieństwo wystąpienia

efektów(uszkodzeń) biologicznych w ‰ (promile) przy wystawieniu na dawkę 1Sv.