



PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ NATURALNA

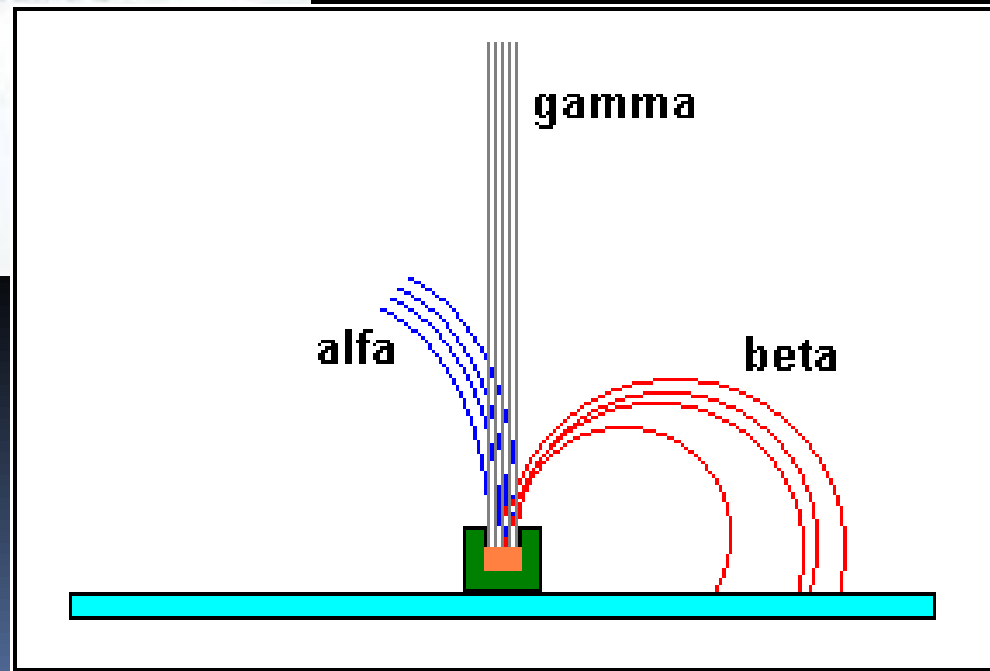
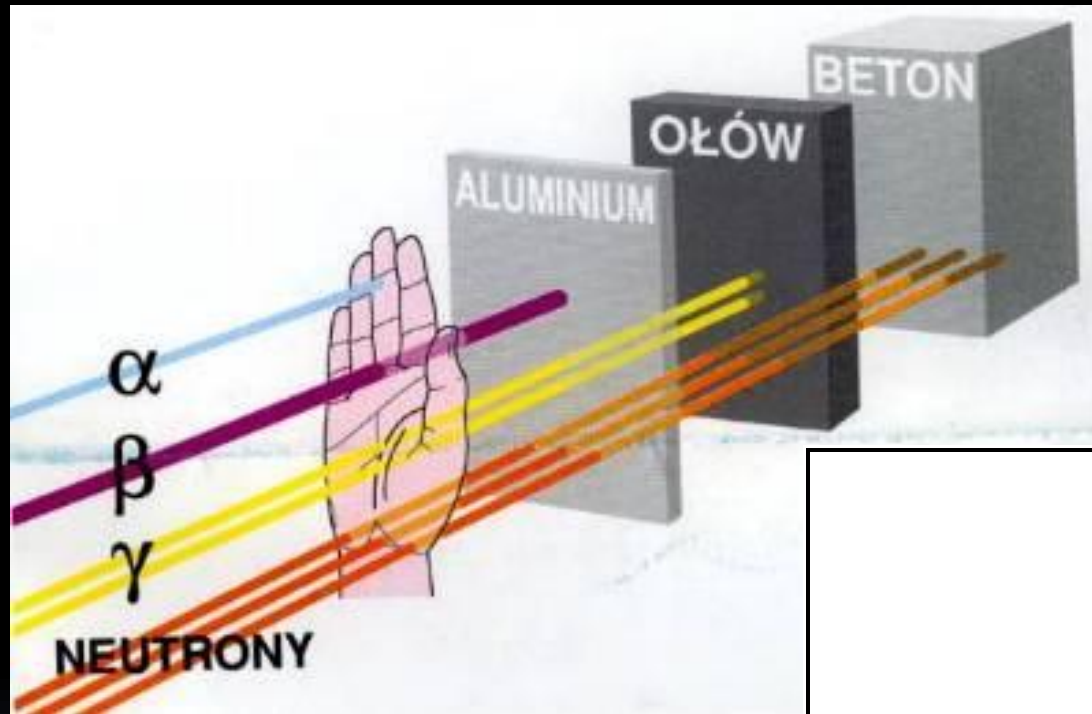
Stan wiedzy na rok 1911

- 1. Elektron – masa i ładunek
- 2. Masa elektronu – znikomy ułamek masy atomu
- 3. Niektóre atomy samorzutnie emitują promieniowanie, które zaczernia klisze, jonizuje powietrze itp.. Becquerel, Curie, Skłodowska-Curie – badali to promieniowanie.
- Promieniowanie alfa, beta, gamma

Rodzaje promieniowania

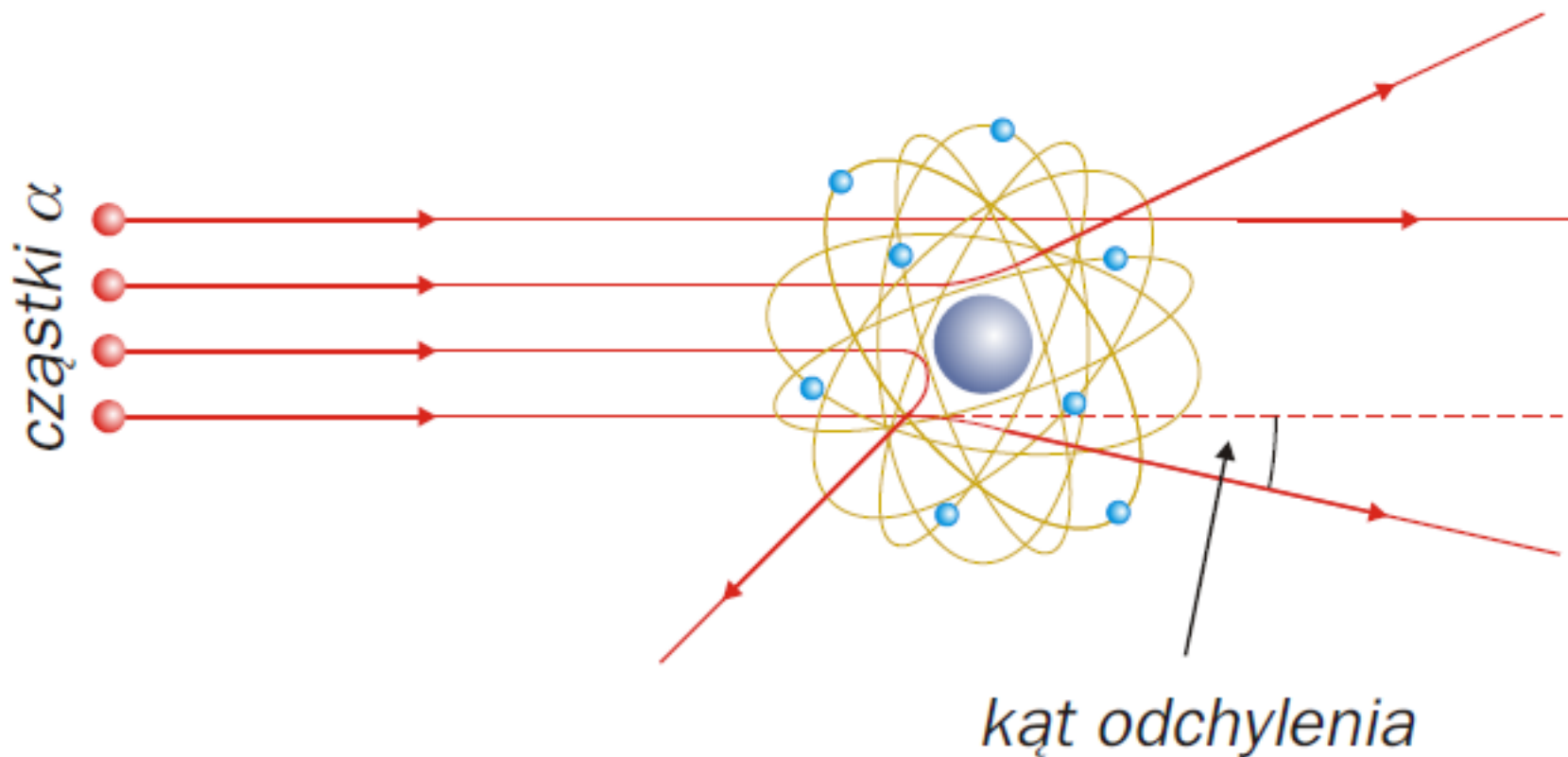
- Gamma γ – elektromagnetyczne, wysyłane przez wzbudzone jadra atomowe, anihilacja, bardzo przenikliwe, przechodzi przez grube warstwy
- Beta β – elektrony o dużej szybkości, energia kilka MeV, mniej przenikliwe, bardziej pochłaniane przez materię
- Alfa α – dodatnio naładowane cząstki ($2e^+$), masa 7000 razy większa od e

Rodzaje promieniowania



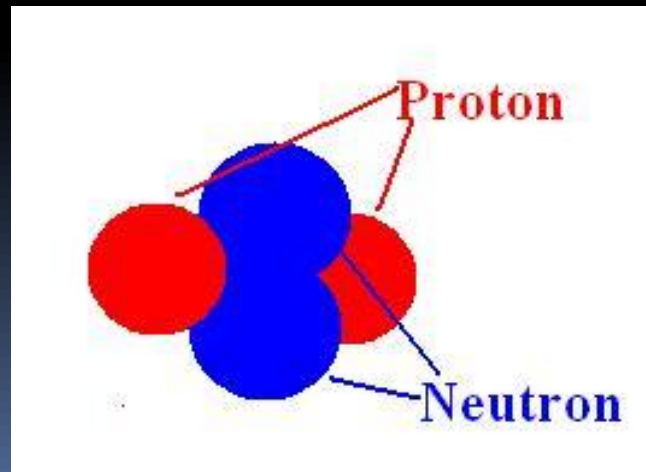
1911 – odkrycie jądra atomu

- Ernest Rutherford



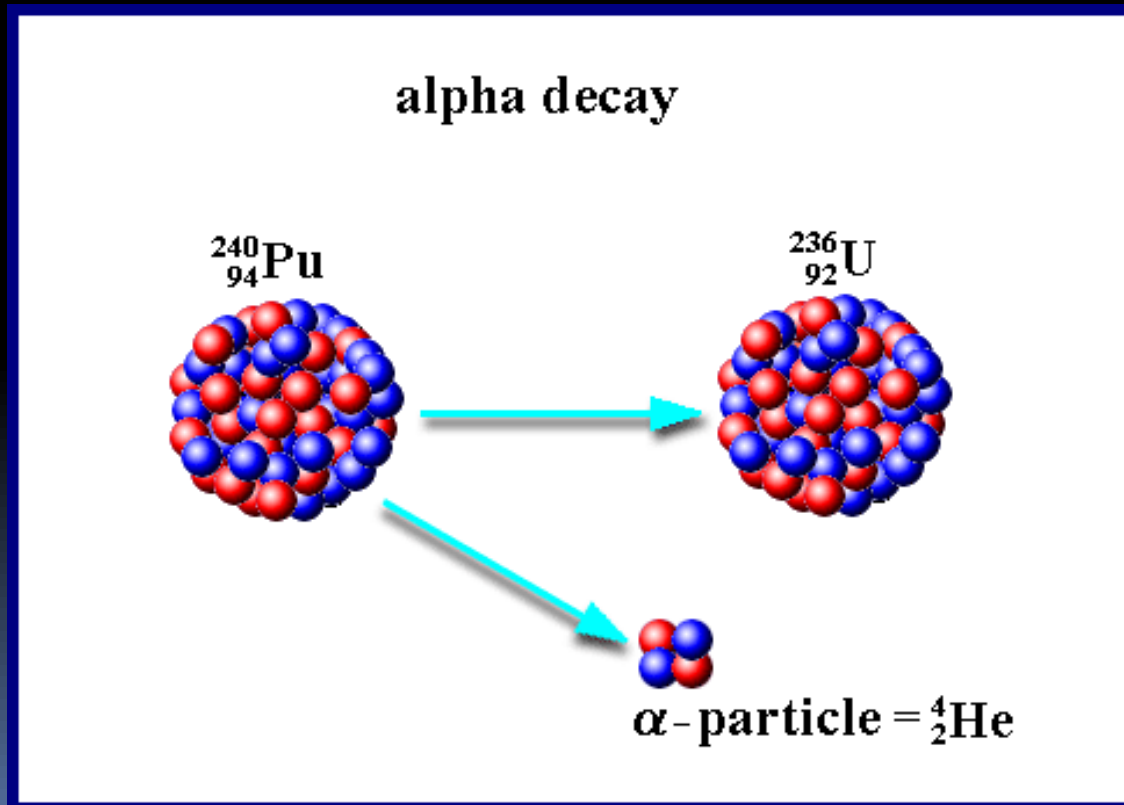
1932 – odkrycie neutronu

- James Chadwick
- Masa podobna do protonu i brak ładunku
- Cząstka α – 2 protony i 2 neutrony

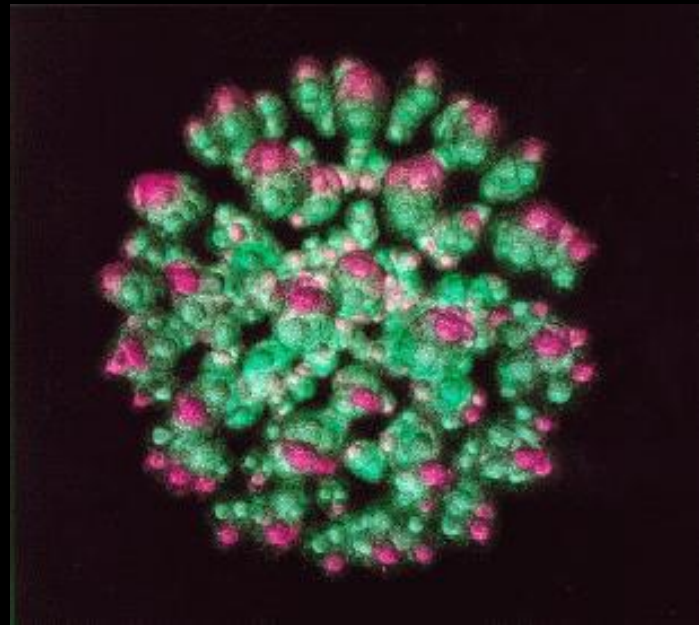


Zapis używany w fizyce jądrowej

- Liczba porządkowa lub atomowa Z
- Liczba masowa A

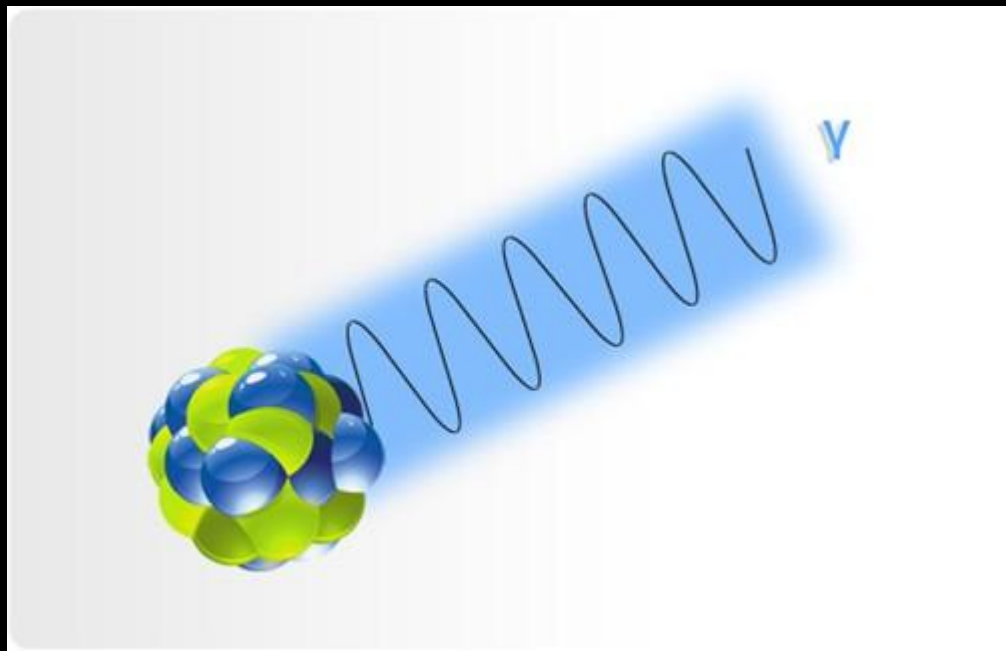


Siły jądrowe



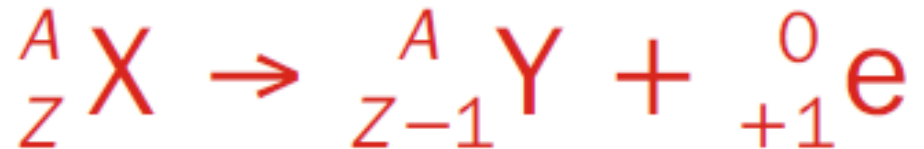
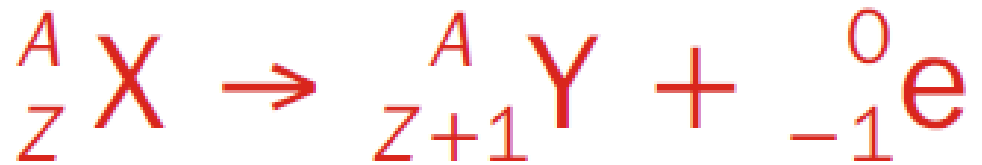
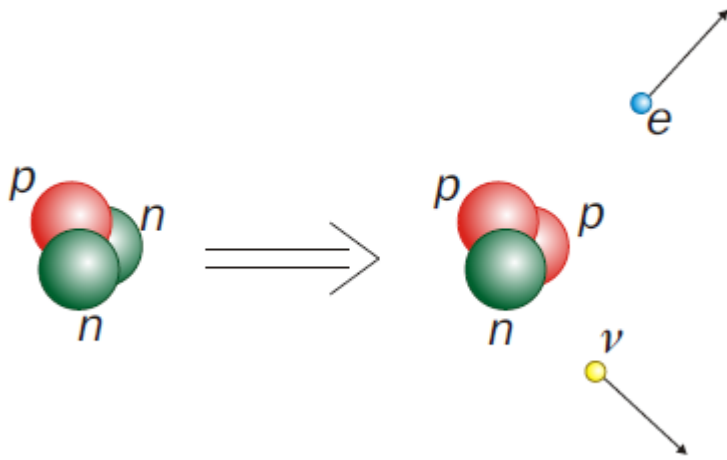
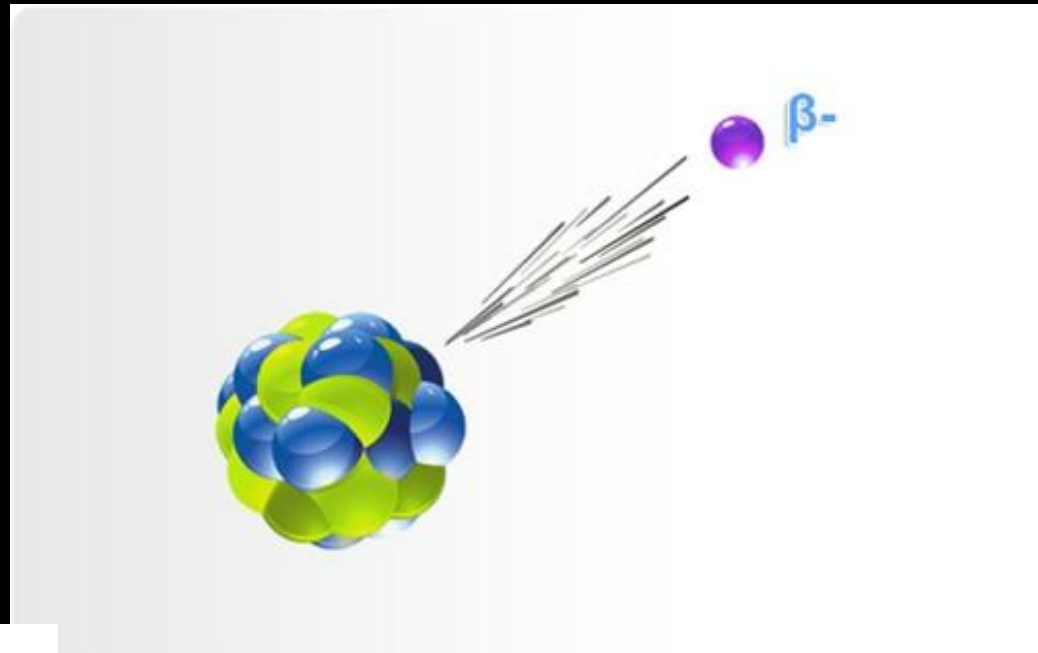
- Przyciągające
- Krótkozasięgowe
- Działają między nukleonami
- Bardzo silne

Gamma γ



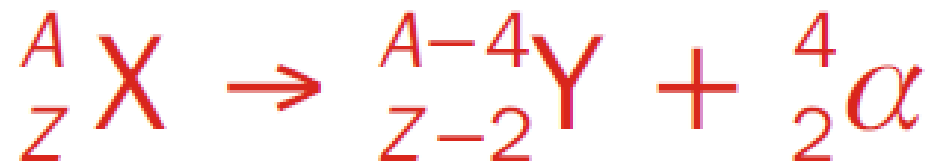
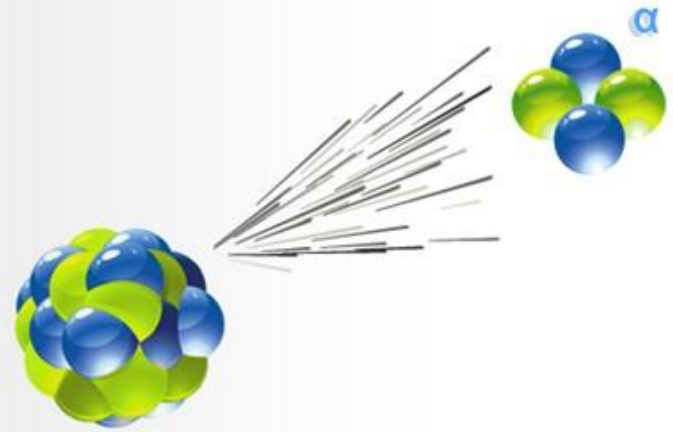
- Zmiana stanu energetycznego jądra
- Stan wzbudzony – stan podstawowy

Beta β rozpad neutronu



Oddziaływanie jądrowe
słabe

Alfa α



- Dla $A > 83$ siły jądrowe nie równoważą odpychania elektrostatycznego
- Jądra takie są niestabilne



PRAWO ROZPADU PROMIENIOTWÓRCZEGO

Rozpad izotopu



$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \sim N$$

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$$

λ - Stała rozpadu

Aktywność

$$A = \frac{|\Delta N|}{\Delta t}$$

$$1Bq = \frac{1rozpad}{s}$$

Aktywności substancji promieniotwórczych

Materiał, obiekt, wydarzenie	Aktywność [Bq]	Źródło promieniowania Uwagi
Woda pitna, 1 dm ³	0,4–40	²²² Rn i produkty jego przemiany
Powietrze w pomieszczeniach mieszkalnych, 1 m ³ , Polska, 1997	ok. 50	²²² Rn
Żywność, 1 kg suchej masy	100–1000	⁴⁰ K, ¹⁴ C
Nawozy fosforowe (superfosfat), 1 kg	ok. 5 000	²³⁸ U
Ciało człowieka, 70 kg	ok. 7 000	⁴⁰ K, ¹⁴ C
Laboratoryjne źródło promieniotwórcze	1 000–100 000	¹³⁷ Cs
Ruda uranowa, 1 kg, 0,3% zawartości ²³⁸ U	ok. 500 000	²³⁸ U
²³⁸ U, 1 kg	ok. 10 ⁷	²³⁸ U
Częściowe stopienie reaktora w Three Mile Island, USA, 1979	ok. 10 ¹²	produkty rozszczepienia
²³⁹ Pu, 1 kg	ok. 2·10 ¹²	²³⁹ Pu
⁶⁰ Co, 1 kg	ok. 4·10 ¹⁶	⁶⁰ Co
Zniszczenie reaktora w Czarnobylu, Ukraina, 1986	ok. 10 ¹⁹	przeliczona na dzień katastrofy
Typowy reaktor atomowy	ok. 10 ²⁰	przy mocy elektrycznej 1 GW
Wybuch bomby wodorowej	ok. 10 ²³	równoważny milionowi ton trotylu

Aktywności substancji promieniotwórczych

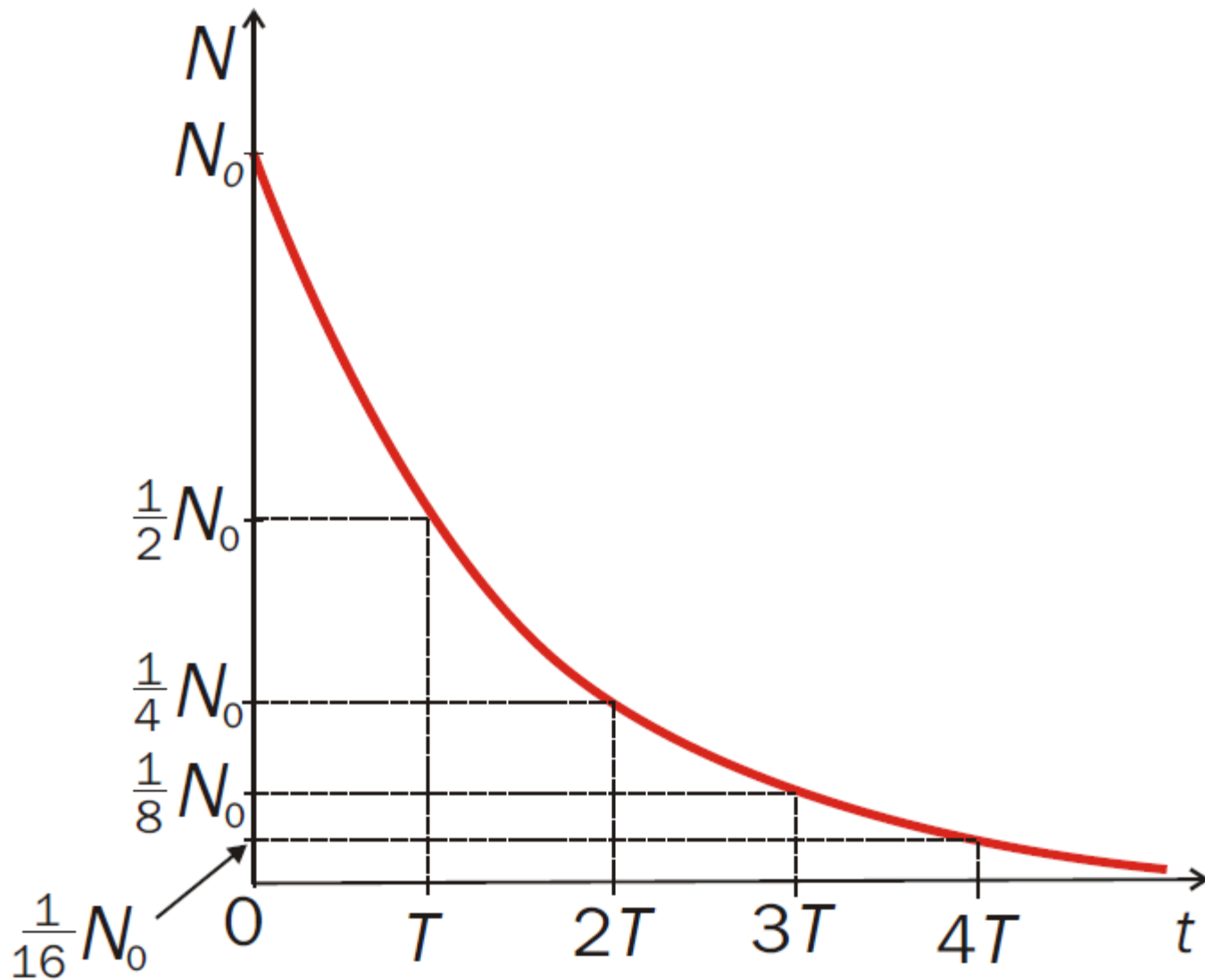


Prawo rozpadu

$$N(t) = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} N_0$$

T – czas połowicznego rozpadu

Prawo rozpadu

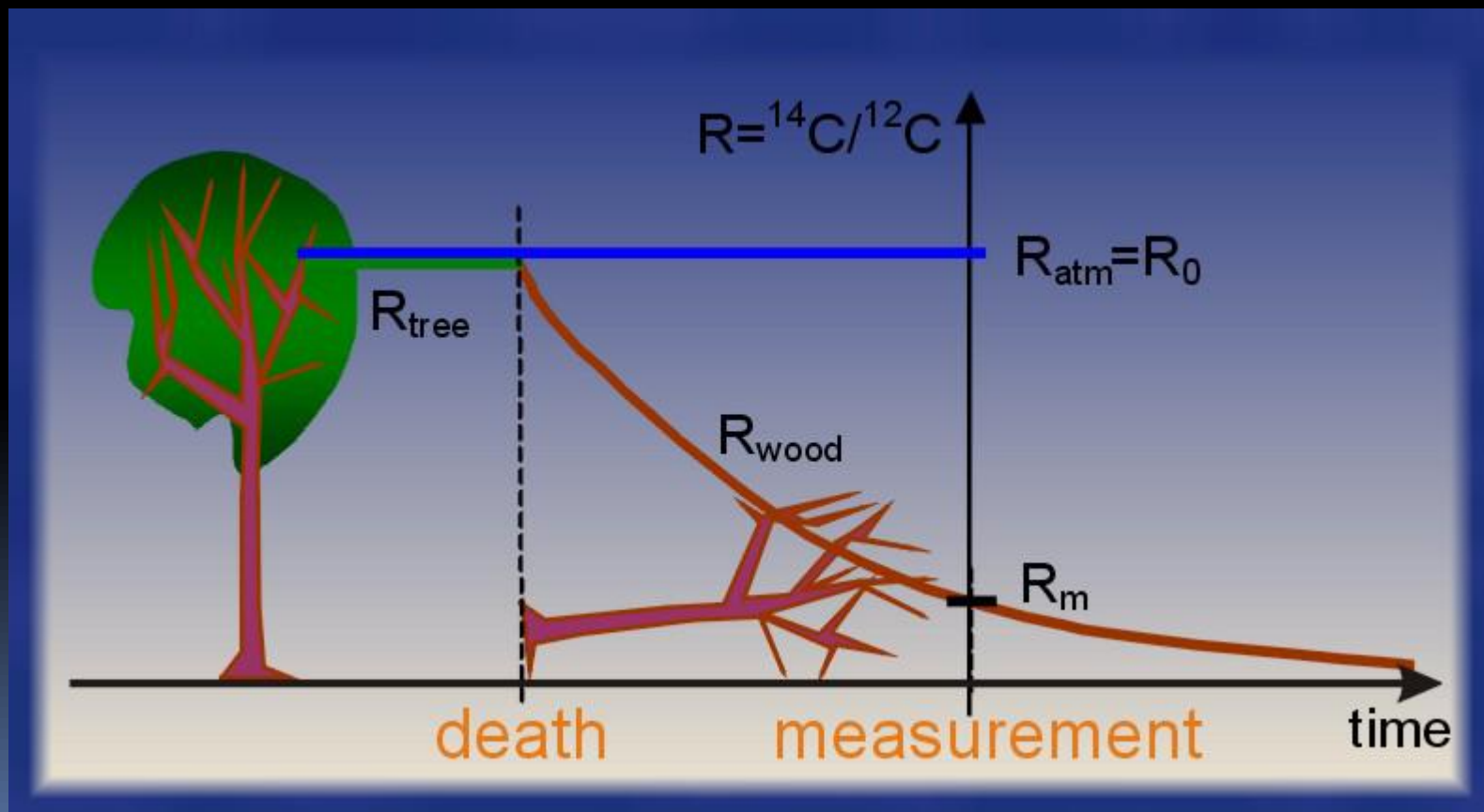


Czas połowicznego rozpadu

Izotop	Czas połowicznego rozpadu
${}^8_4\text{Be}$ (beryl-8)	$7 \cdot 10^{-17} \text{ s}$
${}^8_3\text{Li}$ (lit-8)	0,838 s
${}^{18}_9\text{F}$ (fluor-18)	1,8 h
${}^{131}_{53}\text{I}$ (jod-131)	8 dni
${}^{210}_{84}\text{Po}$ (polon-210)	138 dni
${}^{60}_{27}\text{Co}$ (kobalt-60)	5,3 roku
${}^{137}_{55}\text{Cs}$ (cez-137)	30 lat
${}^{14}_6\text{C}$ (węgiel-14)	5715 lat
${}^{239}_{94}\text{Pu}$ (pluton-239)	24113 lat
${}^{235}_{92}\text{U}$ (uran-235)	$7 \cdot 10^8$ lat
${}^{96}_{40}\text{Zr}$ (cyrkon-96)	$2 \cdot 10^{19}$ lat

Datowanie metodą radiowęglową

izotop ${}^{14}_6\text{C}$



Datowanie metodą radiowęglową

- ${}^1_0\text{n} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$
- rozchodzi się równomiernie w atmosferze, i pod postacią dwutlenku węgla wchodzi do organicznego obiegu pierwiastków
- ${}^{14}\text{C}$ – $T_{1/2}$ wynosi 5720 ± 30 lat

Stwierdzono, że w papirusie egipskim (badanym w 2000 roku) iloraz izotopu $^{14}_6\text{C}$ i $^{12}_6\text{C}$ jest w przybliżeniu równy połowie tego ilorazu w żywych organizmach. Czas połowicznego rozpadu izotopu $^{14}_6\text{C}$ jest równy 5730 lat.


Oszacuj wiek papirusu.

Czas połowicznego rozpadu kobaltu $^{60}_{27}\text{Co}$ jest równy 5 lat. Próbką zawierającą obecnie 0,01 g tego izotopu 10 lat temu zawierała go:


W szczelnie zamkniętym pojemniku znajdują się 2 g sodu promieniotwórczego $^{24}_{11}\text{Na}$, którego czas połowicznego rozpadu wynosi 15 godzin. Po 30 godzinach liczba jąder sodu, które pozostaną w pojemniku, będzie równa:



DEFICYT MASY W FIZYCE JĄDROWEJ



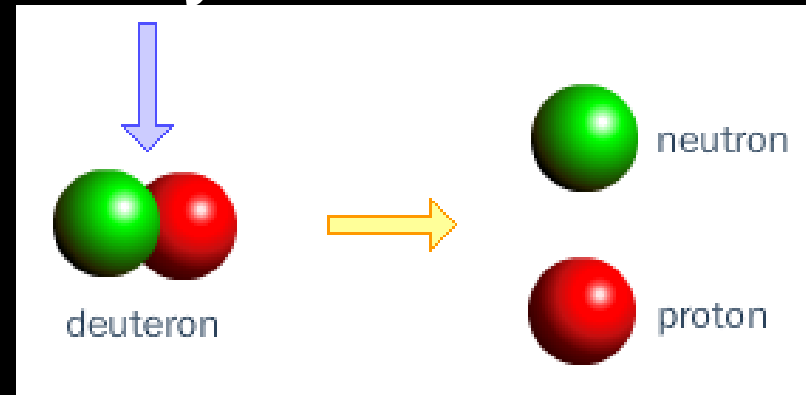
Układy związane - układy ciał powiązane siłami przyciągania



Energia wiązania układu –
najmniejsza energia, którą
trzeba dostarczyć do układu
aby go rozdzielić na
nieoddziaływujące składniki

Energia spoczynkowa

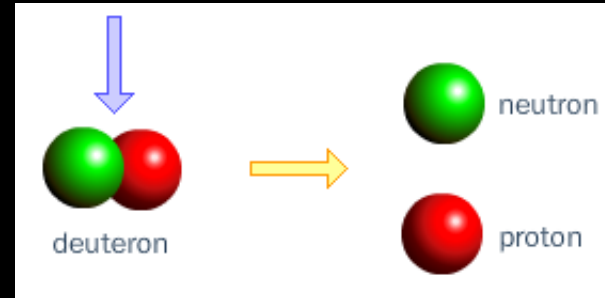
$$E_0 = mc^2$$



Dla dowolnych oddziaływań energia spoczynkowa układu związanego jest mniejsza od sumy energii spoczynkowych nieoddziaływujących składników. Różnica ta to **energia wiązania**.

Deficyt masy - Δm

$$E_0 = mc^2$$



Masa układu związanego jest mniejsza od sumy mas nieoddziaływujących składników.

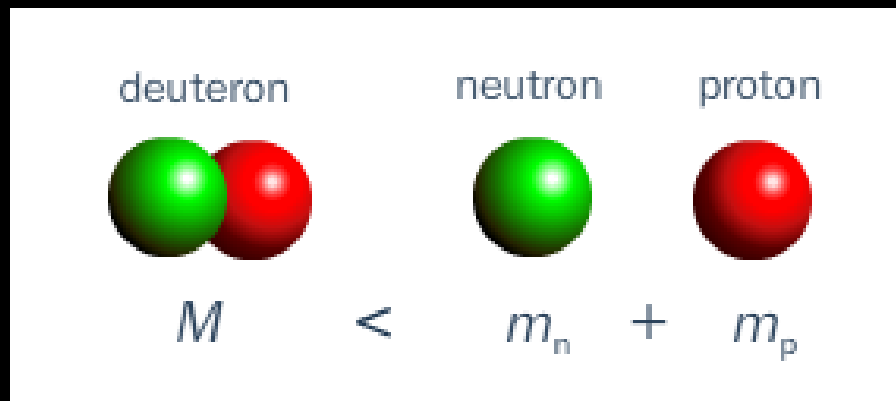
$$E_w = \Delta mc^2$$

$$\Delta m = \frac{E_w}{c^2}$$

$$\Delta m = m_1 + m_2 - M_u$$

Deficyt masy - Δm

Np. dla deuteronu



$$\Delta m = m_1 + m_2 - M_u$$

Energia wiązania, a energia spoczynkowa

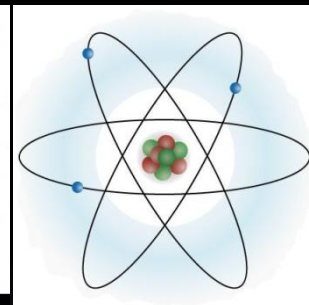
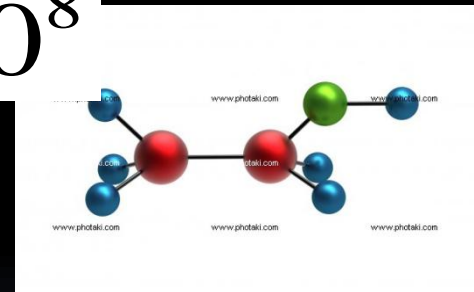
Ziemia – Słońce E_w
razy mniejsza od E_o

10^{18}

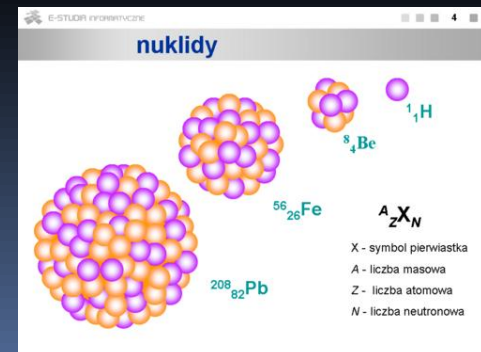


Cząsteczki i atomy E_w
razy mniejsza od E_o
(eV)

10^8

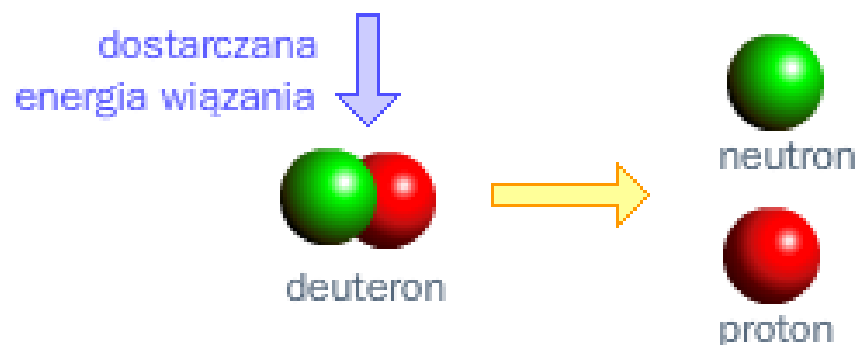


Jądra atomowe E_w
100 razy mniejsza od
 E_o (MeV)

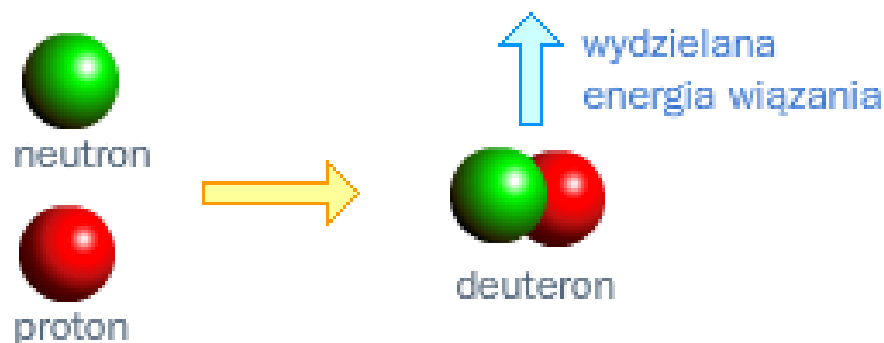


Podstawa energetyki jądrowej

rozdzielanie składników układu związanego

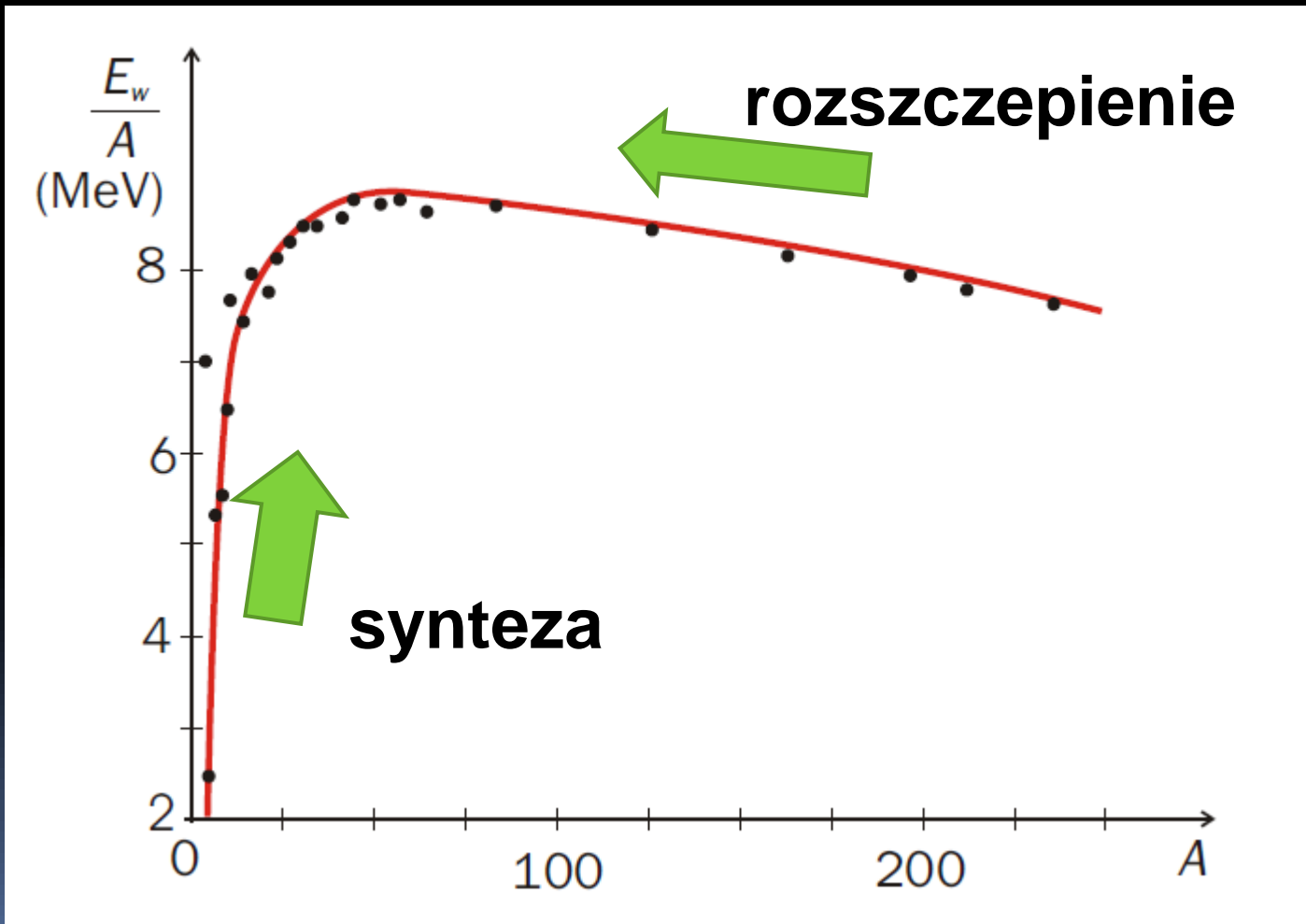


łączenie składników w układ związany



Najważniejszy wykres świata – energia wiązania na nukleon

$$\frac{E_w}{A}$$





REAKCJE JĄDROWE

Reakcje jądrowe

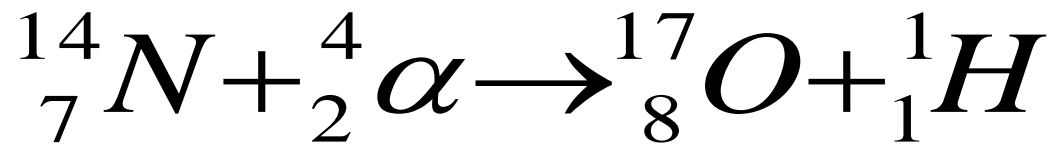
- Samorzutne rozpady promieniotwórcze
- Przemiany jader następujące w wyniku zderzeń

Zasady zachowania

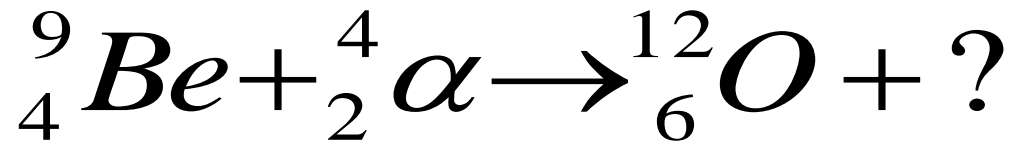
- liczby nukleonów
- ładunku elektrycznego
- pędu
- energii

Historyczne przykłady

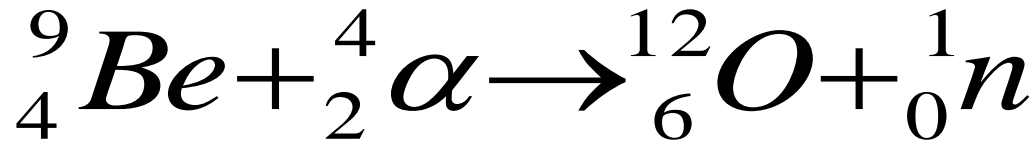
1919 Rutherford



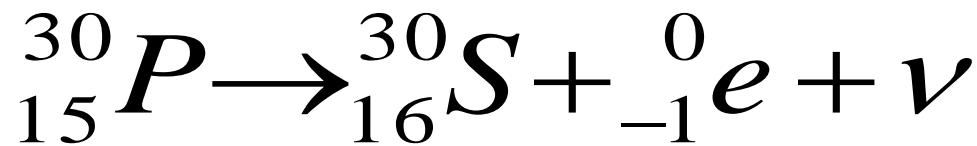
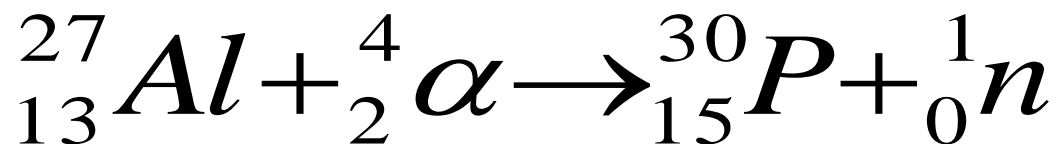
Irene i Frederic Juliot-Curie



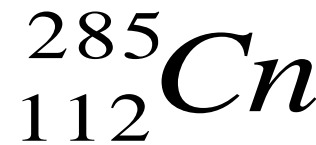
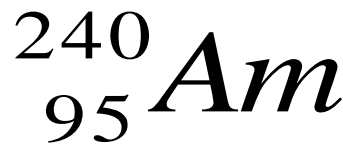
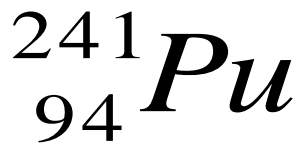
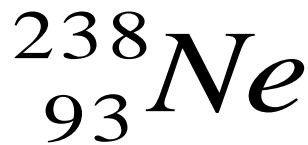
1932 Chadwick odkrył cząstkę



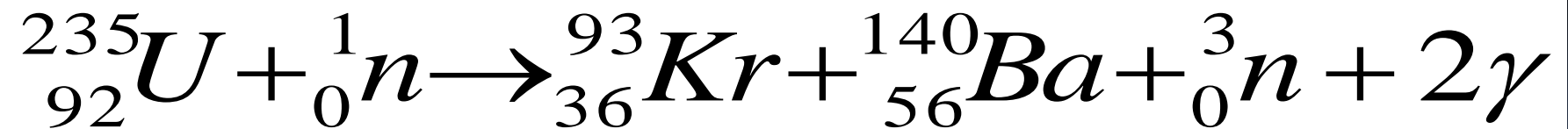
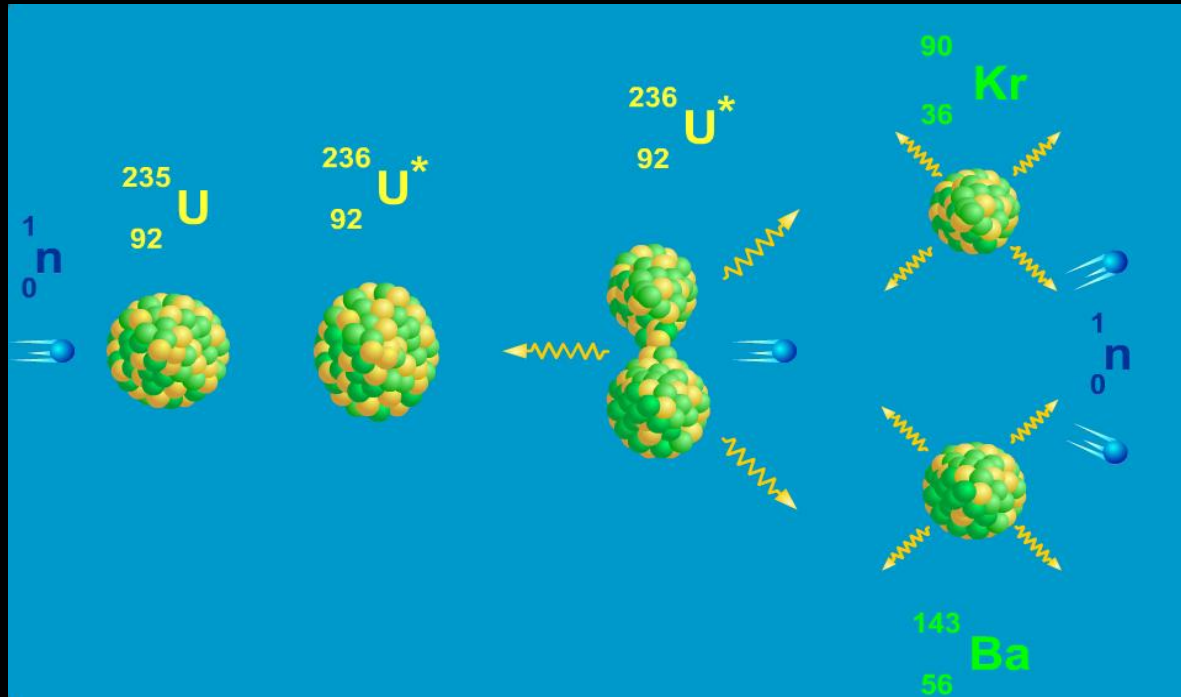
Promieniotwórczość sztuczna trwałe w nietrwałe



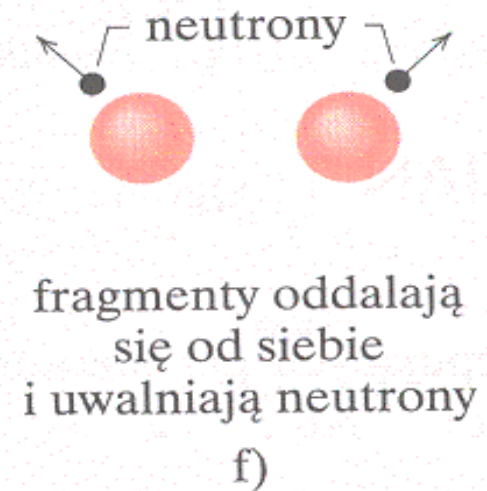
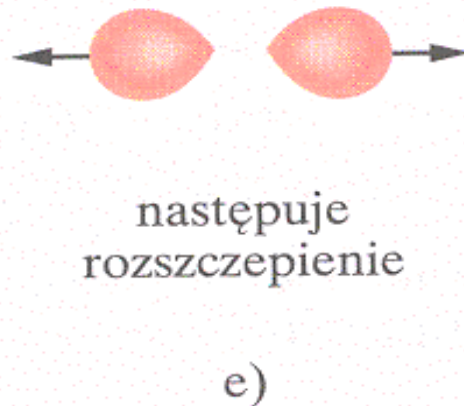
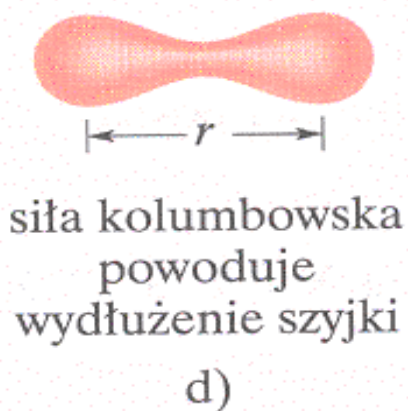
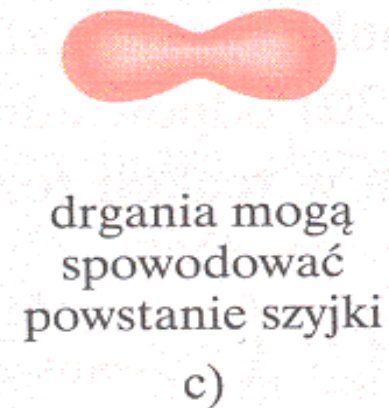
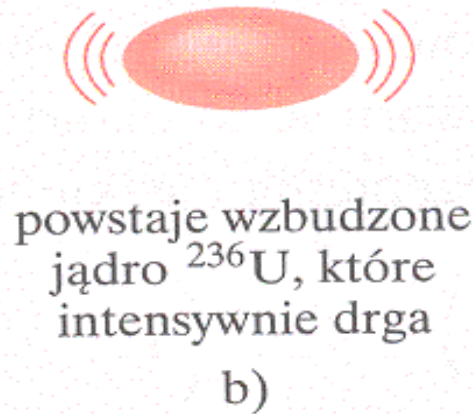
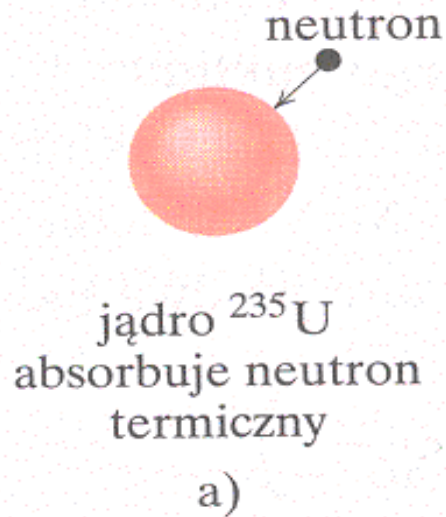
Inne przykłady sztucznych izotopów



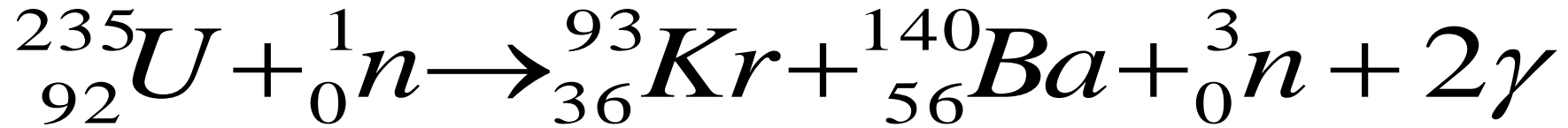
Reakcja rozszczepienia



Reakcja rozszczepienia



Reakcja rozszczepienia



całkowita energia przed reakcją

całkowita energia po reakcji

$$\underbrace{E_{\text{U}}^{\text{sp}} + E_{\text{n}}^{\text{sp}}}_{\text{energia spoczynkowa jądra uranu i neutronu}} + \underbrace{E_{\text{U}}^{\text{kin}} + E_{\text{n}}^{\text{kin}}}_{\text{energia kinetyczna jądra uranu i neutronu}} = \underbrace{E_{\text{Kr}}^{\text{sp}} + E_{\text{Ba}}^{\text{sp}} + 3E_{\text{n}}^{\text{sp}}}_{\text{energia spoczynkowa jąder kryptonu i baru oraz trzech neutronów}} + \underbrace{E_{\text{Kr}}^{\text{kin}} + E_{\text{Ba}}^{\text{kin}} + 3E_{\text{n}}^{\text{kin}} + 2E_{\gamma}}_{\text{energia kinetyczna jąder kryptonu i baru, trzech neutronów i dwóch kwantów gamma}}$$

energia
spoczynkowa
jądra uranu
i neutronu

energia
kinetyczna
jądra uranu
i neutronu

energia spoczynkowa
jąder kryptonu i baru
oraz trzech neutronów

energia kinetyczna jąder kryptonu
i baru, trzech neutronów i dwóch
kwantów gamma

Jest to reakcja egzoenergetyczna

Reakcje jądrowe

egzoenergetyczne

suma energii
spoczynkowych
cząstek przed reakcją $>$ suma energii
spoczynkowych
cząstek po reakcji

Część energii spoczynkowej cząstek biorących udział w reakcji jest zamieniana na energię kinetyczną produktów.

suma energii
kinetycznych
cząstek przed reakcją $<$ suma energii
kinetycznych
cząstek po reakcji

Reakcje jądrowe

endoenergetyczne

suma energii
spoczynkowych
cząstek przed reakcją $<$ suma energii
spoczynkowych
cząstek po reakcji

Część energii kinetycznej cząstek biorących udział w reakcji jest zamieniana na energię spoczynkową produktów.

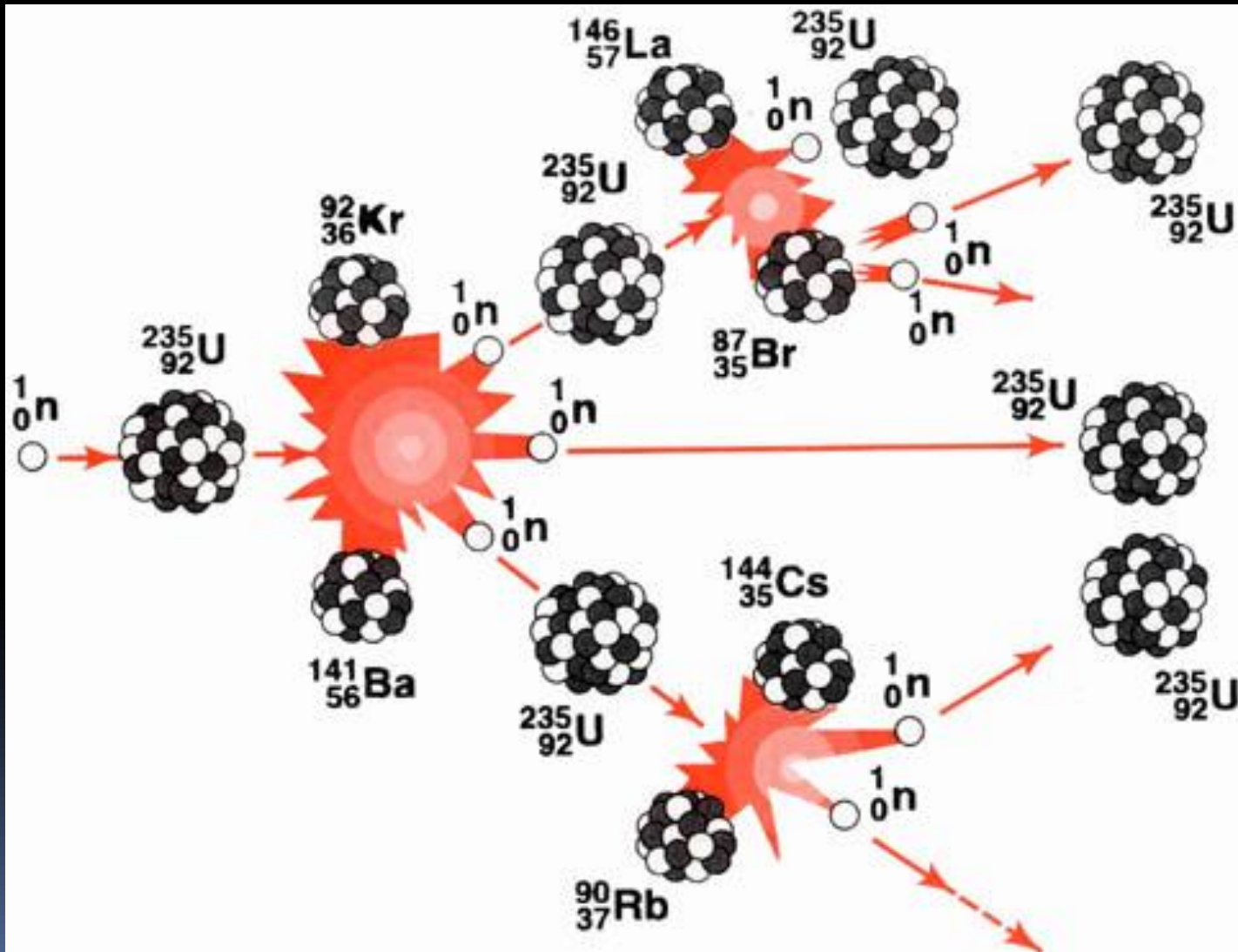
suma energii
kinetycznych
cząstek przed reakcją $>$ suma energii
kinetycznych
cząstek po reakcji

Reakcja łańcuchowa

W zależności na co rozpadnie się jądro uranu powstaje od 0 do 8 neutronów
Średnio 2,5

Jeśli $n > 1$ zainicjuje nową reakcję to ilość reakcji będzie rosła

Reakcja łańcuchowa



Reakcja łańcuchowa

Warunki reakcji łańcuchowej:

- liczba jąder rozpadających się musi być dostatecznie duża
- masa próbki musi być większa od tzw. masy krytycznej

ENERGETYKA JĄDROWA



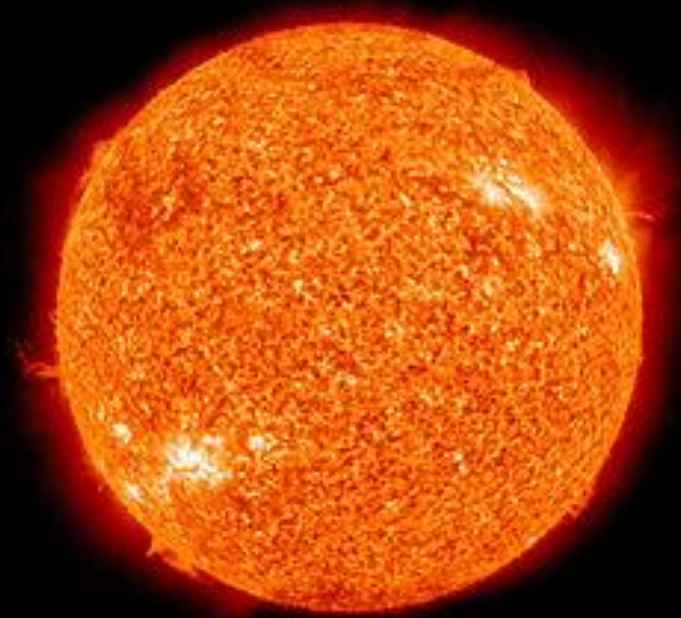
Energetyka



jądrowa

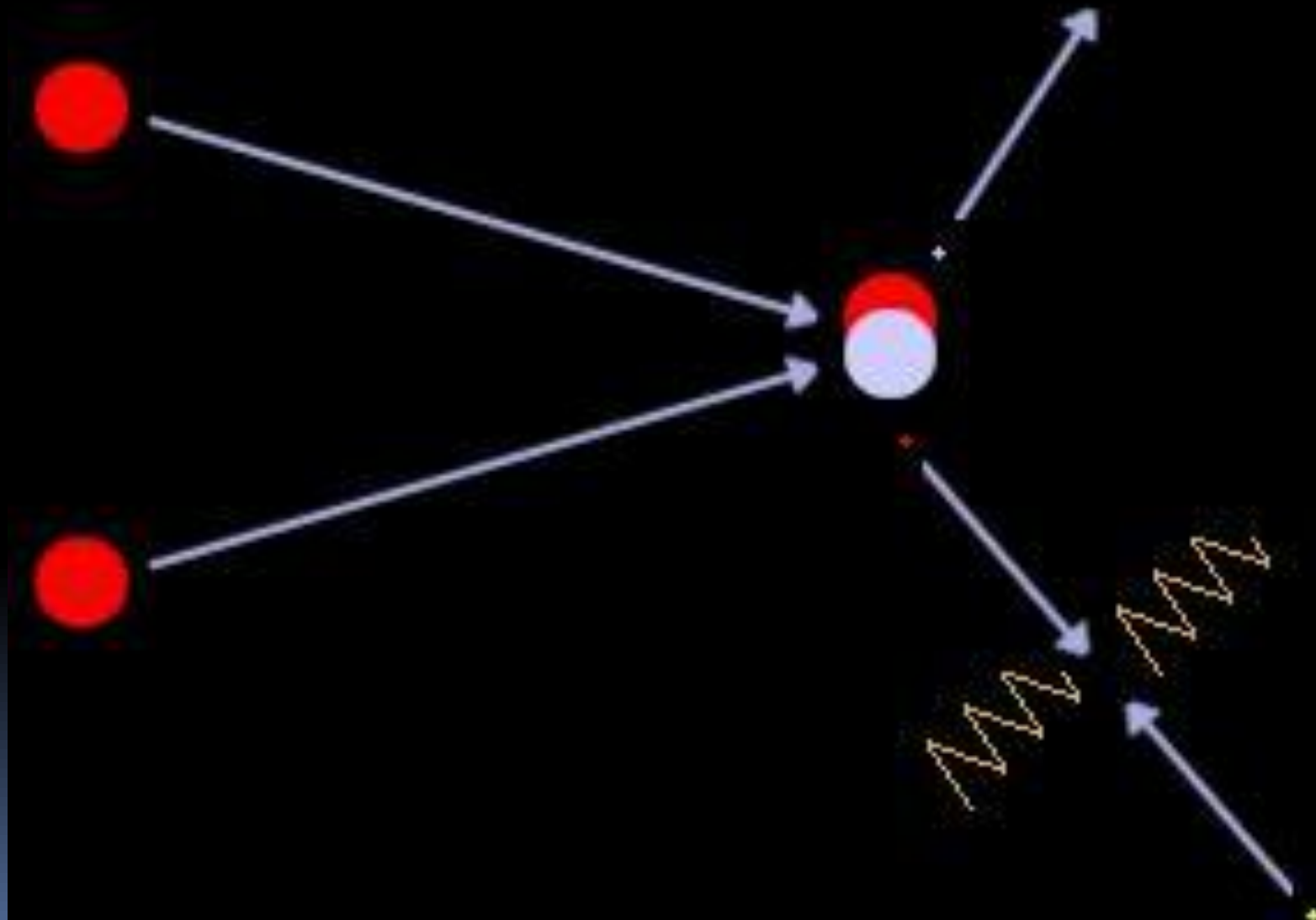


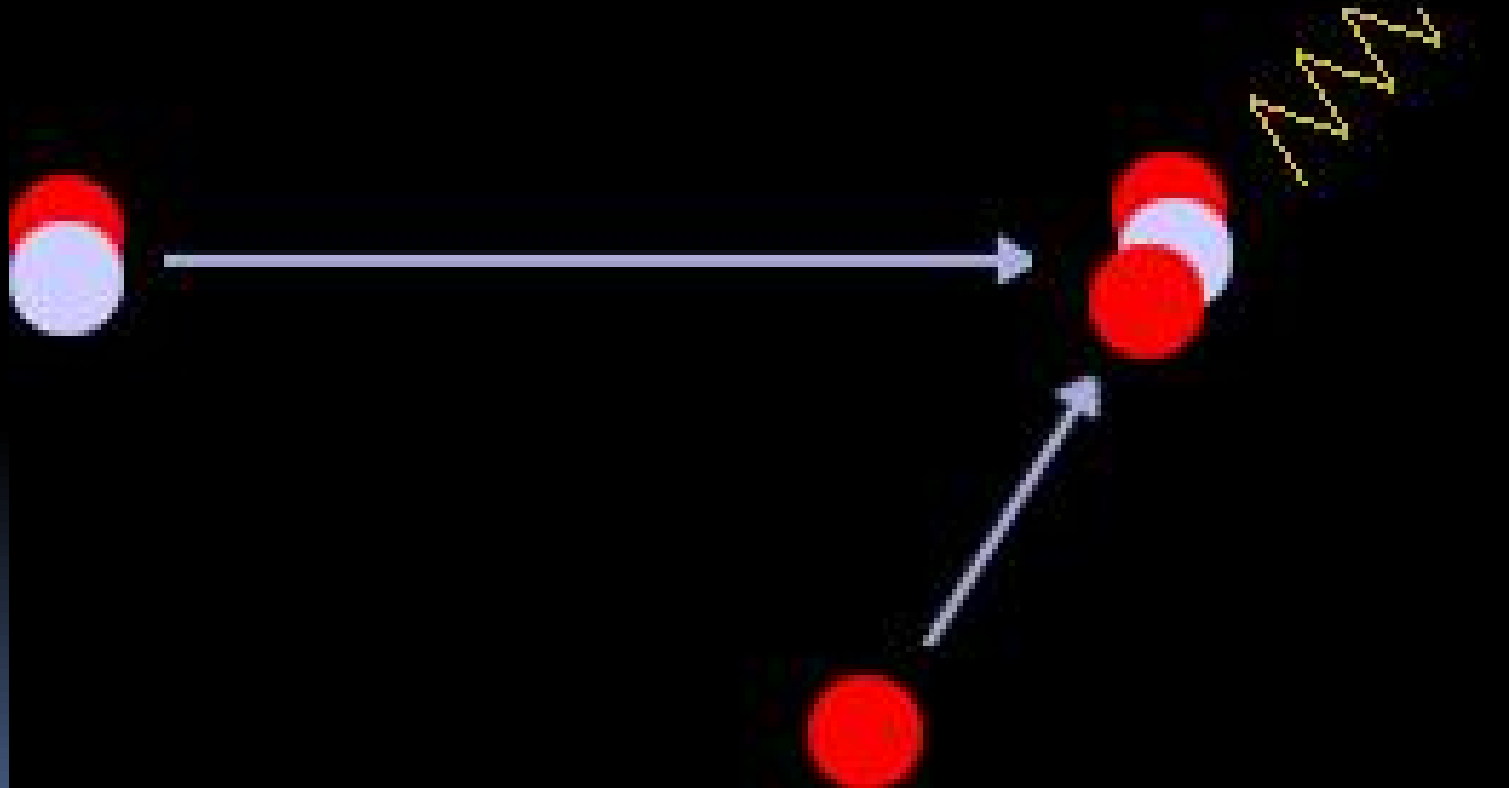
SYNTEZA JĄDROWA

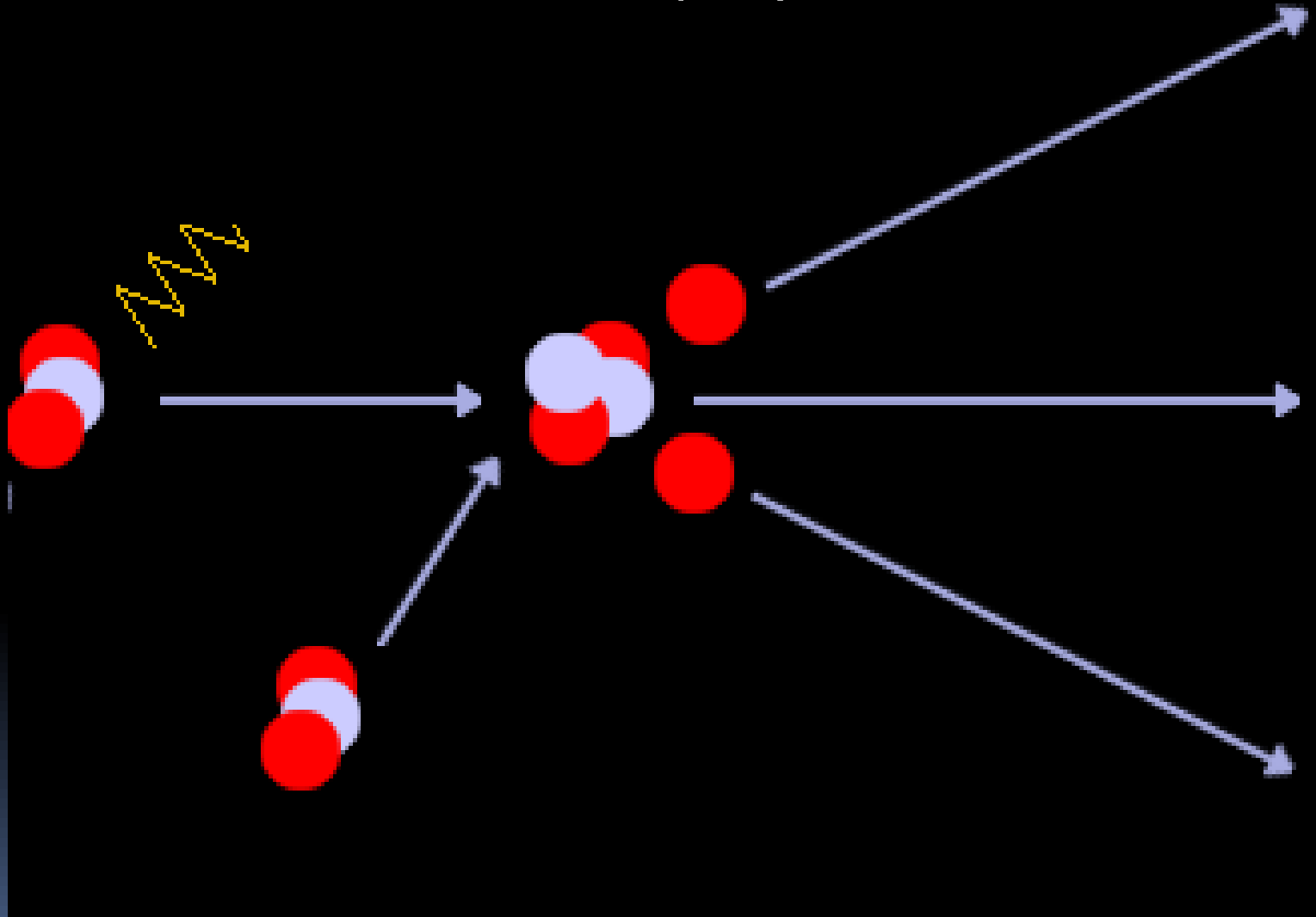


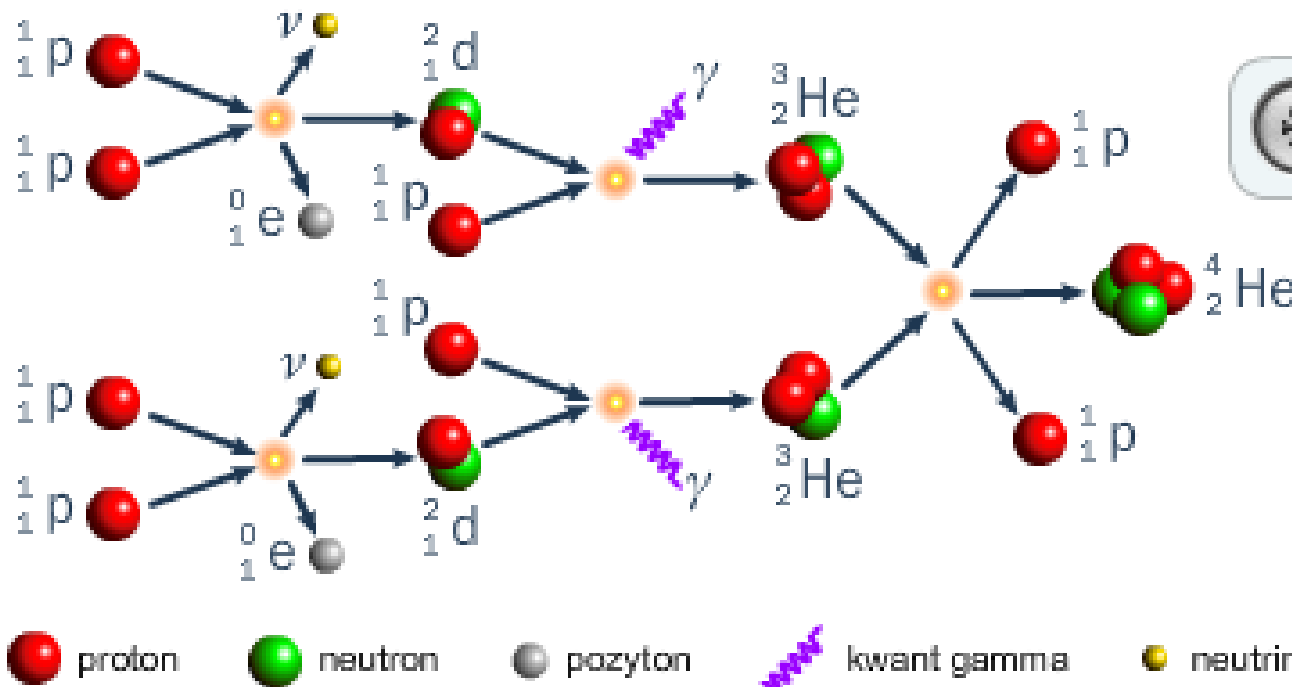
Temperatura powierzchni – 5800 K

Temperatura we wnętrzu – 15,7 mln K









+

