

40–FIZYKA JĄDROWA

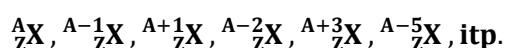


A – liczba nukleonów w jądrze (protonów i neutronów razem)

Z – liczba protonów

A-Z – liczba neutronów

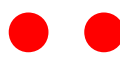
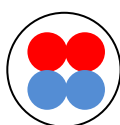
O nazwie pierwiastka decyduje liczba porządkowa Z, a więc ilość protonów w jądrze atomu. Liczba masowa tego samego pierwiastka może być inna, a więc liczba neutronów w jądrze może być inna mówimy wtedy o izotopach jak:



Ale jeśli zmieni się liczba Z, to zmieni się już nazwa pierwiastka.

Promieniotwórczość naturalna

Cząstka α



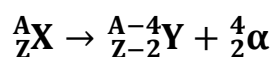
2 protony



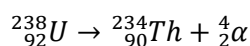
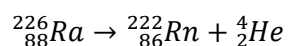
2 neutrony

Stanowią jądro atomu helu

rozpad α



PRZYKŁADY:

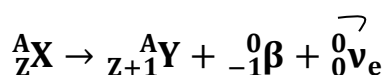


Cząstka β



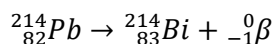
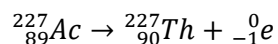
1 elektron

rozpad β



antyneutrino elektronowe

PRZYKŁADY:

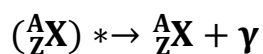


Cząstka γ



kwant promieniowania elektromagnetycznego

rozpad γ



Promieniotwórczość sztuczna β^+

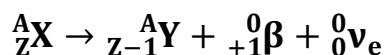
Cząstka β^+



1 pozyton, czyli dodatni elektron, cząstka antymaterii

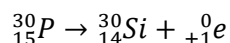


rozpad β



neutrino elektronowe

PRZYKŁAD:



Przemiana β^- i β^+ - skąd elektron w jądrze?

β^-	β^+ (tylko w promieniotwórczości sztucznej)
${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_-^0\beta + {}_0^0\bar{\nu}_e$ ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1H + {}_-^0e + {}_0^0\bar{\nu}_e$	${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_+^0e + {}_0^0\nu_e$ ${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_+^0e + {}_0^0\nu_e$
Neutron zamienia się w proton, elektron i antyneutrino elektronowe.	Proton zamienia się w neutron, pozyton i neutrino elektronowe

Wymiary jądra

$$R = R_0 \sqrt[3]{A}$$

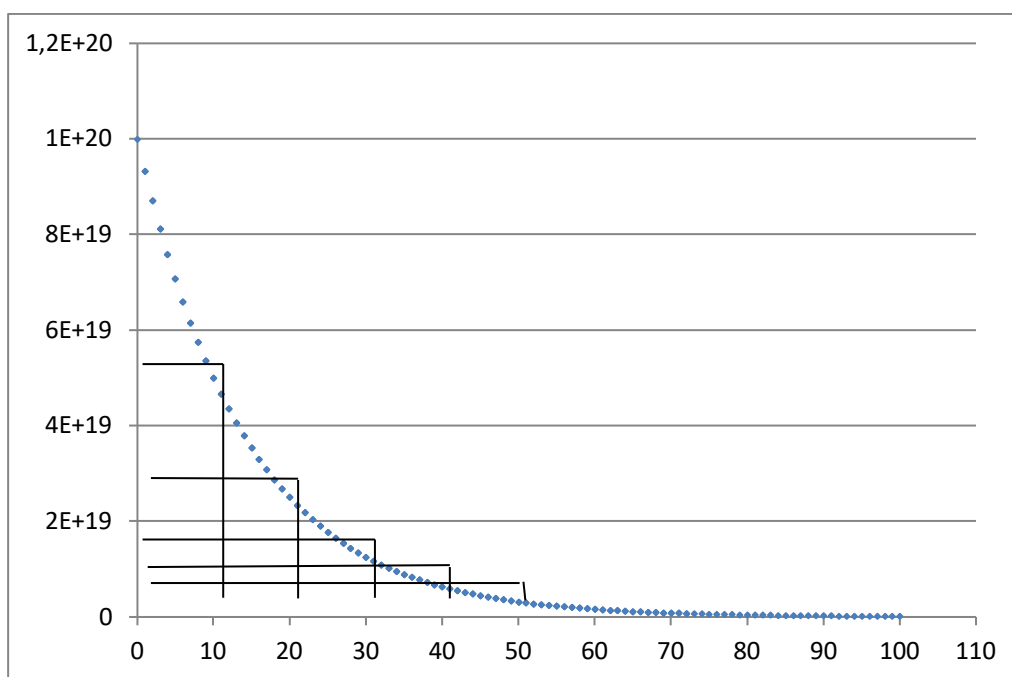
$$R_0 = 1,2 \text{ fm} = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Prawo zaniku promieniotwórczego

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$$

Ponieważ stała rozpadu $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$



Wykres zależności ilości jąder pozostałych pierwiastka promieniotwórczego o okresie połowicznego rozpadu $T = 10$ i pierwotnej ilości jąder $N_0 = 10^{20}$

Wiele zadań idzie rozwiązać inaczej, bez równania powyżej ale stosując wzór

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Po 1 okresie półrozpadu pozostało $N = N_0/2$

Po 2 okresach półrozpadu pozostało $N = N_0/4$, a uległo rozpadowi $\Delta N = 3N_0/4$

Po 1/2 okresu półrozpadu pozostało $N = \frac{N_0}{\sqrt{2}}$, a uległo rozpadowi $\Delta N = N_0(1 - \frac{1}{\sqrt{2}})$

Po 1/3 okresu półrozpadu pozostało $N = \frac{N_0}{\sqrt[3]{2}}$, a uległo rozpadowi $\Delta N = N_0(1 - \frac{1}{\sqrt[3]{2}})$

Defekt masy. Energia wiązania jądra atomowego.

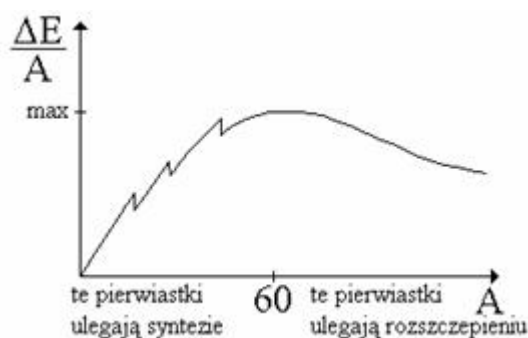
Energia wiązania właściwa

defekt masy = masa nukleonów – masa jądra

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - M_j$$

$$E_{\text{wiązania}} = \Delta m \cdot c^2$$

$$E_{\text{właściwa}} = \frac{\text{Energia wiązania}}{\text{liczba nukleonów}} = \frac{E_w}{A}$$



Największą wartość energii wiązania wśród wszystkich znanych trwałych nuklidów mają nukleony w jądrze niklu $^{62}_{28}\text{Ni}$ (około 8,794 60 MeV/nukleon).

Przykłady

1 u = 1,6605387313E-27 kg czyli 931,49397398 MeV
 prędkość światła 299792458 m/s
 e 1,6021765314E-19 C

masa protonu **1,007277 u**
 masa neutronu **1,008665 u**

JĄDRO DEUTERU

liczba protonów	1	
liczba neutronów	1	
masa protonów	1,007277 u	
masa neutronów	1,008665 u	
masa nukleonów	2,015942 u	
masa jądra	2,013553 u	
DEFEKT MASY [u]	0,002389 u	czyli
Energia wiązania	2,225339 Mev	czyli 1,112670 MeV na 1 nukleon

JĄDRO HELU

liczba protonów	2		
liczba neutronów	2		
masa protonów	2,014554	u	
masa neutronów	2,017330	u	
masa nukleonów	4,031884	u	
masa jądra	4,001509	u	
DEFEKT MASY [u]	0,030375	u	czyli
Energia wiązania	28,294129	MeV	czyli 7,073532 MeV na 1 nukleon

JĄDRO SODU

liczba protonów	11		
liczba neutronów	12		
masa protonów	11,080047	u	
masa neutronów	12,103980	u	
masa nukleonów	23,184027	u	
masa jądra	22,989770	u	
DEFEKT MASY [u]	0,194257	u	czyli
Energia wiązania	180,949225	MeV	czyli 7,867358 MeV na 1 nukleon

JĄDRO URANU 235

liczba protonów	143		
liczba neutronów	92		
masa protonów	144,040611	u	
masa neutronów	92,797180	u	
masa nukleonów	236,837791	u	
masa jądra	235,043933	u	
DEFEKT MASY [u]	1,793858	u	czyli 2,978771E-27 kg
Energia wiązania	1670,967917	MeV	czyli 7,110502 MeV na 1 nukleon

Reakcje jądrowe

Prawa zachowania:

- ładunku (czyli liczby porządkowej Z)
- liczby nukleonów (czyli liczby masowej A)
- energii-masy

PRZYKŁADY

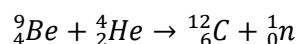
Reakcja Rutherforda

Zapis pełny z jądrem pośrednim	${}^{14}_7N + {}^4_2He \rightarrow ({}^{18}_9F) \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H$
Zapis ogólny	${}^{14}_7N + {}^4_2He \rightarrow {}^{17}_8O + {}^1_1H$
Zapis skrócony Tarcza(pocisk, jądro lekkie odrzucone)powstałe jądro	${}^{14}_7N(\alpha, p){}^{17}_8O$

Pociski:

Na przykład: protony – $p, {}^1_1p, {}^1_1H$, neutrony – $n, {}^1_0n$, deuterony – $d, {}^2_1D, {}^2_1H$

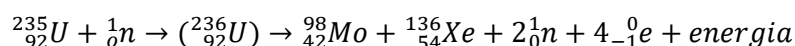
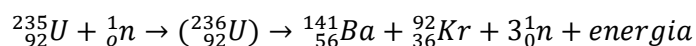
Reakcja Chadwicka



Energia w reakcji jądrowej może się wydzielić lub zostać pochłonięta.

Reakcja rozszczepienia

Jedne z możliwych



Bilans reakcji nr 2:

LEWA STRONA: masa atomu uranu ${}^{235}_{92}U = 235,043933 \text{ u}$ masa neutronu ${}^1_0n = 1,008665 \text{ u}$ SUMA MAS = $236,052598 \text{ u}$	PRAWA STRONA: masa atomu molibdenu ${}^{98}_{42}Mo = 97,905510 \text{ u}$ masa atomu ksenonu ${}^{136}_{54}Xe = 135,907221 \text{ u}$ masa 2 neutronów $2{}^1_0n = 2,017330 \text{ u}$ SUMA MAS = $235,830061 \text{ u}$
$\Delta m = 0,222537 \text{ u}$ energia = $\Delta m \cdot 931,5 \text{ MeV} = 207 \text{ MeV}$	
Z tego: Energia kinetyczna fragmentów rozszczepienia – 170 MeV Energia kinetyczna wtórnych neutronów – 5 MeV Energia promieniowania γ – 16 MeV Energia cząstek β i neutrin emitowanych przez produkty rozszczepienia – 16 MeV	

Masy elektronów można pominąć.

ZADANIA

Zadanie 1

2009	próbna	podstawowy	otwarte	9/19	2 zad - reakcje jądr. Słońca	
------	--------	------------	---------	------	------------------------------	---

Zadanie 2

2008	próbna	podstawowy	otwarte	4/11	rozpad, czas połow.	
------	--------	------------	---------	------	---------------------	---

Zadanie 3

2008	próbna	rozszerzony	otwarte	12/9	2 zad. - jądro i en. wiązania	
------	--------	-------------	---------	------	-------------------------------	---

zadanie - energia wiązania irydu

190 A	1,672614E-27	masa 1 pr w unitach
77 Z	1,674920E-27	masa 1 neutr w unitach
113 N		
	3,180572E-25	masa nukleonów w unitach
	3,17102E-25	masa jądra w unitach
	9,547758E-28	defekt
	8,592982E-11	mc ² w J
1,66E-27 kg	537,06	mc ² w MeV

Zadanie 4

rok	forma	profil	typ zadania	strona/zadanie	temat zadania	link do arkusza
2009	próbna	podstawowy	zamknięte	3/10	uzupełnienie reakcji jądrowej	

Zadanie 5

Napisać równanie rozpadu α uranu i obliczyć wyzwoloną energię

2008	majowa	podstawowy	otwarte	11/21	rozpad promieniotwórczy	
------	--------	------------	---------	-------	-------------------------	---

Zadanie 6

Reakcja jądrowa i jak się nazywa cząstka wyemitowana

2007	próbna	podstawowy	otwarte	6/12	przemiana jądra	
------	--------	------------	---------	------	-----------------	---

Zadanie 7

Z jakich cząstek składa się izotop wodoru? Po jakim czasie zmniejszy się masa próbki 2^{10} razy

2007	próbna	podstawowy	otwarte	8/15	izotop toru	
------	--------	------------	---------	------	-------------	--

Zadanie 8

Bombardowanie jąder glinu $^{27}_{13}\text{Al}$

$^{13}_0\text{n}$ neutronami wywołuje różne skutki w zależności od ich

prędkości. Powolne neutrony zostają pochłonięte przez jądra glinu. Neutrony o większych prędkościach powodują powstanie jąder magnezu (Mg) i emisję protonów. Jeszcze szybsze neutrony wyzwalają emisję cząstek α i powstanie jąder sodu (Na). Zapisz opisane powyżej reakcje.

2007	majowa	podstawowy	otwarte	10/21	reakcje jądrowe	
------	--------	------------	---------	-------	-----------------	---

Zadanie 9

Seria zadań z reakcji rozszczepienia

2007	majowa	rozszerzony	otwarte	9/4	reakcje rozszczepienia	
------	--------	-------------	---------	-----	------------------------	---

Zadanie 10

Syriusz – seria zadań

2005	majowa	rozszerzony	otwarte	9/31	Syriusz - część zadania	
------	--------	-------------	---------	------	-------------------------	---

Zadanie 11

2002	majowa	rozszerzony	otwarte	10/27	energia Słońca (przekrojowe)	
------	--------	-------------	---------	-------	------------------------------	---

Zadanie 12

Okres połowicznego rozpadu pewnego pierwiastka wynosi T lat. Po jakim czasie masa próbki zmniejszy się o 1%?

Odpowiedź: $0,014 T$

Zadanie 13

Jaka energia wydzielą się w reakcji rozszczepienia jąder z 1 g uranu, jeżeli z jednej reakcji otrzymuje się energię ok. 200 MeV?

Ile ton węgla trzeba by spalić w celu uzyskania tej energii, jeśli ciepło spalania wynosi 32,82 MJ/kg?

Ile wody litrów wody (gęstość – 1000 kg/m³, ciepło właściwe – 4190 J/kg·K można tą energią zagotować od temperatury 20°C?

Odpowiedź: $8,2 \cdot 10^4$ MJ ; 2,5 ton ; 244,6 kl

Zadanie 14

Ile procent pierwiastka promieniotwórczego o okresie połowicznego zaniku $T = 10$ lat ulegnie rozpadowi po czasie 50 lat?

Odpowiedź: 96,875%

2009	próbna	podstawowy	otwarte	9/19	2 zad - reakcje jądr. Słońca	
2008	próbna	podstawowy	zamknięte	3/3	rozpad, czas połow.	
2008	próbna	podstawowy	zamknięte	3/4	izotopy wodoru	
2008	próbna	podstawowy	otwarte	4/11	rozpad, czas połow.	
2008	próbna	rozszerzony	otwarte	12/9	2 zad. - jądro i en. wiązania	
2008	majowa	podstawowy	zamknięte	3/9	jakie to promieniowanie	
2008	majowa	podstawowy	otwarte	11/21	rozpad promieniotwórczy	
2007	próbna	podstawowy	otwarte	6/12	przemiana jądra	
2007	próbna	podstawowy	otwarte	8/15	izotop toru	
2007	majowa	podstawowy	zamknięte	3/10	rozpad promieniotwórczy	
2007	majowa	podstawowy	otwarte	10/21	reakcje jądrowe	
2007	majowa	rozszerzony	otwarte	9/4	reakcje rozszczepienia	
2007	majowa	rozszerzony	otwarte	10/5	jądro at. a gwiazda neutr.	
2006	próbna	podstawowy	zamknięte	3/9	rozpad promieniotwórczy	
2006	próbna	podstawowy	zamknięte	3/9	reakcje jądrowe	
2006	próbna	podstawowy	otwarte	10/23	radioterapia	
2006	majowa	podstawowy	zamknięte	2/4	liczna protonów i neutronów	
2005-XII	próbna	podstawowy	zamknięte	3/10	reakcja jądrowa	
2005-XII	próbna	podstawowy	otwarte	11/21	rozpad	
2005	majowa	podstawowy	zamknięte	4/7	rozpad alfa	
2005	majowa	rozszerzony	otwarte	9/31	Syriusz - część zadania	
2005-I	próbna	podstawowy	zamknięte	3/8	rozpad promieniotwórczy	
2004	próbna	podstawowy	otwarte	10/21	izotop	
2003	próbna	podstawowy	zamknięte	4/9	izotopy	
2003	próbna	podstawowy	zamknięte	4/10	ilość przemian alfa i beta	
2002	majowa	podstawowy	otwarte	12/16	izotop bizmutu	
2002	majowa	rozszerzony	otwarte	10/27	energia Słońca (przekrojowe)	