

Nuklid, obsahující 26 protonů a 33 neutronů se v medicíně používá při studiu krevního oběhu. Napište symbol tohoto nuklidu ve tvaru A_ZX .

Nuklid obsahuje 26 protonů, jeho atomové číslo Z je 26, jedná se o železo, Fe. Nuklid obsahuje celkem 59 nukleonů (26 protonů + 33 neutronů), jeho nukleonové číslo A je 59.

Lékaři mohou zkoumat funkčnost plic pacientů pomocí kryptonu-81. Jaké je atomové a hmotnostní číslo tohoto nuklidu? Kolik protonů a kolik neutronů obsahuje jádro tohoto nuklidu?

Atomové číslo kryptonu je 36, atom kryptonu tudíž obsahuje 36 protonů. Číslice následující za názvem prvku v krypton-81 označuje hmotnostní číslo nuklidu. Rozdíl mezi hmotnostním číslem (udává počet nukleonů) a atomovým číslem (udává počet protonů) je odpovídá počtu neutronů, krypton-81 má tudíž 45 neutronů (81 - 36).

Relativní atomová hmotnost zlata je $A_r(\text{Au}) = 196,9665$. Vypočítejte hmotnost jednoho atomu zlata v kg.

$$3,27 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

Klidová hmotnost jednoho atomu jistého prvku je $7,4652 \cdot 10^{-26}$ kg. Určete neznámý prvek.

$$A_r_{\text{Ar}} = 44,97, \text{ Sc}$$

Měď je směs izotopických nuklidů ^{63}Cu a ^{65}Cu . Atomové hmotnosti těchto nuklidů jsou $^{63}\text{Cu} = 62,929 \text{ u}$ a $^{65}\text{Cu} = 64,928 \text{ u}$. Je-li relativní atomová hmotnost mědi 63,546, jaký je procentuální podíl obou nuklidů ve směsi?

$$A_r(^{63}\text{Cu}) \cdot \frac{x}{100} + A_r(^{65}\text{Cu}) \cdot \frac{y}{100} = 63,546$$

$$x + y = 100$$

$$62,929 \cdot \frac{x}{100} + 64,928 \cdot \frac{y}{100} = 63,546$$

$$0,62929x + 0,64928(100 - x) = 63,546$$

$$^{63}\text{Cu}: x = \underline{69,13 \%}$$

$$^{65}\text{Cu}: y = 100 - x = 100 - 69,13 = \underline{30,87\%}$$

Přírodní chlor je směsí dvou izotopů ^{35}Cl a ^{37}Cl . Skládá se z 75,77 % ^{35}Cl a 24,23 % ^{37}Cl . Vypočtěte relativní atomovou hmotnost chloru, víte-li, že relativní atomové hmotnosti jednotlivých izotopů jsou následující: $A_r(^{35}\text{Cl}) = 34,9688$ a $A_r(^{37}\text{Cl}) = 36,9658$.

$$A_{r,\text{Cl}} = 35,45$$

Přírodní argon je směsí tří izotopů ^{36}Ar , ^{38}Ar a ^{40}Ar . Skládá se z 0,337 % ^{36}Ar , 0,063 % ^{38}Ar a 99,60 % ^{40}Ar . Vypočtěte relativní atomovou hmotnost argonu, víte-li, že relativní atomové hmotnosti jednotlivých izotopů jsou následující: $A_r(^{36}\text{Ar}) = 35,968$, $A_r(^{38}\text{Ar}) = 37,963$ a $A_r(^{40}\text{Ar}) = 39,962$.

$$A_{r,\text{Ar}} = 39,95$$

Přírodní lithium je směs nuklidů ${}^6\text{Li}$ a ${}^7\text{Li}$ s podílem 7,54 % a 92,46 %. Vypočítejte relativní atomovou hmotnost nuklidu ${}^7\text{Li}$, pokud víte, že relativní atomová hmotnost nuklidu ${}^6\text{Li}$ je 6,016 a průměrná relativní atomová hmotnost přírodního Li je 6,941.

7,0142 u

Vypočítejte hmotnostní úbytek jádra ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ s relativní hmotností 55,9349, jeho vazebnou energii a vazebnou energii na jeden nukleon.

$$A = 56$$

$$Z = 26$$

$$A_r = 55,9349$$

$$\begin{aligned}\Delta m &= ((Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n) - A_r \cdot m_u) = (26 \cdot 1,6726 + (56-26) \cdot 1,6749) - 55,9349 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \\ &= \underline{0,855 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}\end{aligned}$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,855 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ J} = 7,7 \cdot 10^{-11} \text{ J} = \underline{480 \text{ MeV}}$$

$$e_n = \Delta E / A = 480 / 56 \text{ MeV} = \underline{9 \text{ MeV}}$$

Určete vazebnou energii na jeden nukleon pro jádro atomu helia. Hmotnost atomu helia je 4,002603.

6,8 MeV

${}^9_4\text{Be}$ má vazebnou energii 58 MeV. Jaký je odpovídající hmotnostní úbytek?

$0,103 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

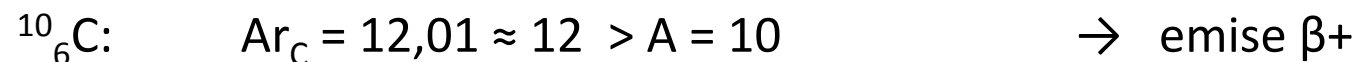
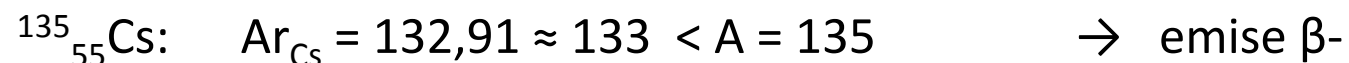
Predikce typu rozpadu nestabilních nuklidů

1. Pokud je A nuklidu větší než zaokrouhlená hodnota relativní atomové hmotnosti prvku (zaokrouhlená hodnota A_r je rovna hodnotě nukleonového čísla A stabilního nuklidu daného prvku), nuklid se rozkládá s emisí β záření.
2. Pokud je A nuklidu menší než zaokrouhlená hodnota relativní atomové hmotnosti (zaokrouhlená hodnota A_r je rovna hodnotě nukleonového čísla A stabilního nuklidu daného prvku), nuklid má tendenci k zachycení elektronu, nebo emisi pozitronu.
3. Nuklidy se $Z > 83$ mají tendenci k rozkladu s emisí α záření.

Výjimky: ^{233}Th může podléhat alfa rozpadu, ale zpravidla podléhá beta rozkladu.

Campbell, M. L. : *Journal of Chemical Education* 72, 1995, 892-893

Příklad:



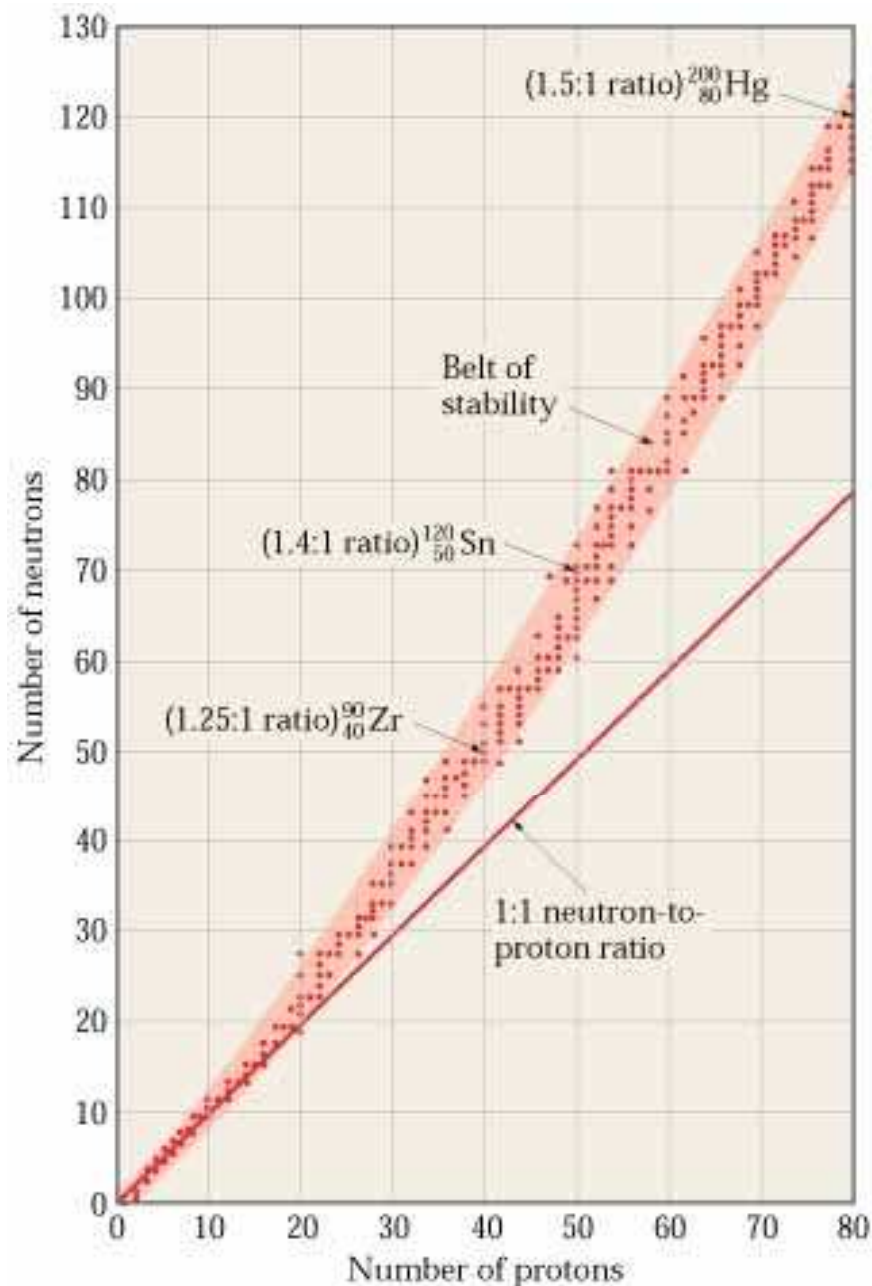
Poměr hodnot neutronového a protonového čísla

Stabilita atomových jader závisí na poměru hodnot neutronového ($N = A - Z$) a protonového čísla (Z).

Prvky se $Z < 20$ jsou lehké, poměr počtu neutronů (N) ku počtu protonů (Z) je **1:1** a preferují stejný počet protonů a neutronů.

Prvky se $Z = 20 - 83$ jsou těžké, poměr počtu neutronů (N) ku počtu protonů (Z) je cca **1.5:1**, v důsledku repulzivních sil mezi protony: čím silnější jsou repulzivní síly, tím více neutronů je potřeba ke stabilizaci jader.

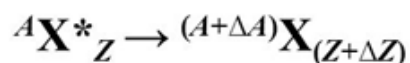
Výjimky: Několik radioaktivních nuklidů leží uvnitř pásu stability: např. ^{146}Nd a ^{148}Nd jsou stabilní, ale ^{147}Nd ležící mezi nimi je radioaktivní.



Pravidla posunu

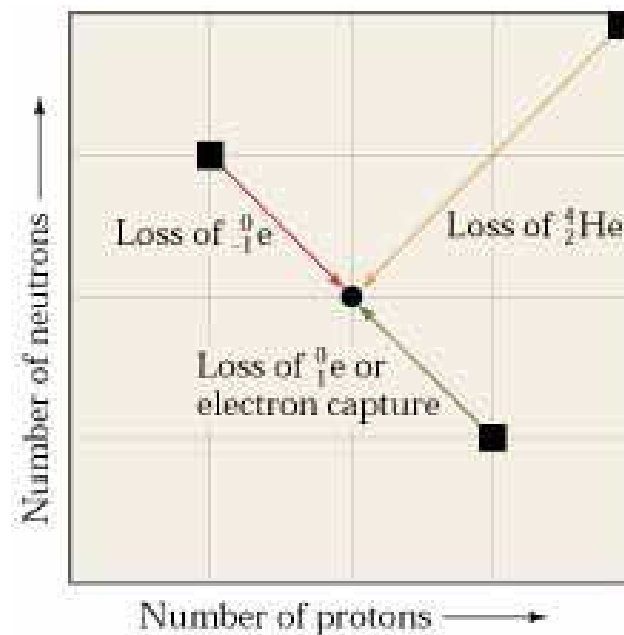
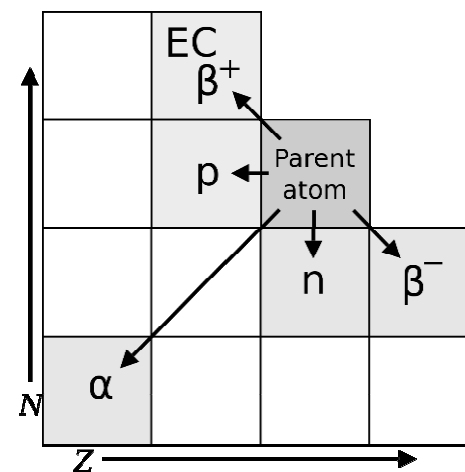
Součet protonových čísel všech částic na levé straně rovnice popisující libovolný jaderný děj se musí rovnat součtu protonových čísel všech částic na pravé straně této rovnice. Totéž platí pro čísla nukleonová.

A: mass number = number of nucleons (neutrons and protons) in the nucleus;
Z: atomic number = number of protons in the nucleus.



Radioactive disintegration (radiation)	ΔA	ΔZ
α (${}^4\text{He}_2$)	-4	-2
β^- (electron, ${}^0_{-1}\text{e}$)	0	+1
β^+ (positron, ${}^0_{+1}\text{e}$)	0	-1
γ (gamma quantum)	0	0

Type of change	Symbol	Change in protons (atomic number, Z)	Change in neutrons	Change in mass number, A
Alpha emission	α or ${}^4_2\text{He}$	-2	-2	4
Beta emission	β , β^- , or ${}^0_{-1}\text{e}$	+1	-1	0
Positron emission	β^+ , ${}^0_{+1}\text{e}$, or ${}^0_{1}\text{e}$	-1	+1	0
Electron capture	E. C.	-1	+1	0
Gamma emission	γ or ${}^0_0\gamma$	0	0	0



Příklad: Určete způsob rozkladu nuklidů ^{14}C a ^{118}Xe .

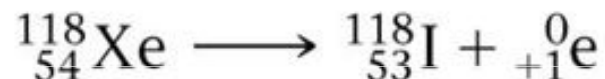
Řešení

Uhlík (Ar = 12,01) má atomové číslo $Z = 6$. Nuklid ^{14}C má 6 protonů a $N = 14 - 6 = 8$ neutronů, poměr $N/Z = 1.3$. U prvků s nízkými hodnotami Z mají stabilní jádra zhruba stejný počet neutronů a protonů ($N/Z = 1$), což odpovídá oblasti pásu stability. Protože ^{14}C má hodnotu poměru $N/Z = 1.3$, nacházející se nad pásem stability, lze tudíž očekávat emisi β^- záření (elektronu).



$\text{Ar}_{\text{C}} = 12 < A = 14 \rightarrow$ emise elektronu (β^-)

Xenon (Ar = 131,29) má atomové číslo $Z = 54$. Nuklid ^{118}Xe má 54 protonů a $N = 118 - 54 = 64$ neutronů, poměr $N/Z = 1.2$. Stabilní jádra v této oblasti pásu stability mají vyšší hodnotu poměru N/Z (cca 1.5) než ^{118}Xe . Lze tudíž očekávat emisi pozitronu nebo záchyt elektronu.



$\text{Ar}_{\text{Xe}} = 131 > A = 118 \rightarrow$ emise pozitronu nebo záchyt elektronu (β^+)

Nuklid $^{210}_{84}\text{Po}$ se používá v radiační terapii. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise α -záření za vzniku $^{206}_{82}\text{Pb}$.

Nuklid $^{131}_{53}\text{I}$ se používá ke studiu metabolismu štítné žlázy. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise β -záření za vzniku $^{131}_{54}\text{Xe}$.

Nuklid $^{14}_6\text{C}$ se používá k datování archeologických nálezů. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise β -záření za vzniku $^{14}_7\text{N}$.

Nuklid $^{40}_{19}\text{K}$ se používá k geologickému datování. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise e^- za vzniku $^{40}_{20}\text{Ca}$; v mnohem menší míře též emise e^+ za vzniku $^{40}_{18}\text{Ar}$ (datování).

Nuklid $^{13}_7\text{N}$ se používá k zobrazování vnitřních orgánů (mozek, srdce, játra). Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise e^+ za vzniku $^{13}_6\text{C}$.

$^{238}_{92}\text{U}$ se používá při geochemickém datování. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise α -záření za vzniku $^{234}_{90}\text{Th}$.

$^{220}_{86}\text{Rn}$ se používá při geochemickém datování. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise α -záření za vzniku $^{216}_{84}\text{Po}$.

$^{67}_{31}\text{Ga}$ se používá při hledání tumorů (diagnóza lymfomu a Hodgkinovy choroby).
Jaký je způsob jeho stabilizace?

Záchyt e^- za vzniku $^{67}_{30}\text{Zn}$.

H-3 se používá k měření obsahu vody v těle a k datování lihovin. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise β -záření za vzniku ^3_2He .

Ra-226 se používá v radiační terapii. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise α -záření za vzniku $^{222}_{86}\text{Rn}$.

C-11 se používá při PET skenování mozku. Jaký je způsob jeho stabilizace?

Emise pozitronu za vzniku $^{11}_3\text{B}$.

Odhadněte stabilitu nuklidu, případně odhadněte způsob stabilizace.

$^{59}_{26}\text{Fe}$	Nestabilní, emise β -záření za vzniku $^{59}_{27}\text{Co}$.
$^{189}_{83}\text{Bi}$	Nestabilní, emise α -záření za vzniku $^{187}_{81}\text{Tl}$.
$^{32}_{15}\text{P}$	Nestabilní, emise β -záření za vzniku $^{32}_{16}\text{S}$.
$^{75}_{34}\text{Se}$	Nestabilní, záchyt e^- za vzniku $^{75}_{33}\text{As}$.
$^{12}_6\text{C}$	Stabilní.
$^{56}_{26}\text{Fe}$	Stabilní.
$^{24}_{11}\text{Na}$	Nestabilní, emise β -záření za vzniku $^{24}_{12}\text{Mg}$, detekce krevních sraženin.
$^{15}_8\text{O}$	Nestabilní, emise pozitronu za vzniku $^{15}_7\text{N}$, testování funkce plic.
$^{51}_{24}\text{Cr}$	Nestabilní, emise pozitronu za vzniku $^{51}_{23}\text{V}$, diagnostika krevního oběhu a gastrointestinálních poruch.
$^{282}_{82}\text{Pb}$	Stabilní.

Odhadněte stabilitu nuklidu, případně odhadněte způsob stabilizace.

Ar-41 Nestabilní, emise β -záření za vzniku $^{41}_{19}\text{K}$, měření toku plynů v kouřovodech.

Co-60 Nestabilní, emise β -záření za vzniku $^{60}_{28}\text{Ni}$, radioterapie rakoviny.

P-32 Nestabilní, emise β -záření za vzniku $^{32}_{16}\text{S}$, terapie a detekce rakoviny.

^4_2He Stabilní.

^7_4Be Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.

$^{227}_{89}\text{Ac}$ Nestabilní, emise α -záření .

$^{22}_{11}\text{Na}$ Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.

$^{24}_{12}\text{Mg}$ Stabilní.

$^{62}_{28}\text{Ni}$ Stabilní (vysoká hodnota vazebné energie per nukleon).

$^{42}_{19}\text{K}$ Nestabilní, emise β -záření

$^{232}_{90}\text{Th}$ Nestabilní, emise α -záření

$^{17}_{9}\text{F}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{137}_{55}\text{Cs}$	Nestabilní, emise β -záření
$^{141}_{58}\text{Ce}$	Nestabilní, emise β -záření
$^{19}_{10}\text{Ne}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{23}_{12}\text{Mg}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{109}_{46}\text{Pd}$	Nestabilní, emise β -záření
$^{62}_{29}\text{Cu}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{90}_{38}\text{Sr}$	Nestabilní, emise β -záření
$^{129}_{53}\text{I}$	Nestabilní, emise β -záření
$^{14}_{8}\text{O}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{35}_{16}\text{S}$	Nestabilní, emise β -záření
$^{54}_{25}\text{Mn}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{109}_{48}\text{Cd}$	Nestabilní, emise pozitronu/záchyt elektronu.
$^{238}_{92}\text{U}$	Nestabilní, emise α -záření