



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

JÁDRO ATOMU

Stavba a vlastnosti:

- Rozměry jádra jsou řádově 10^{-15} m .
- Jádro je tvořeno nukleony (protony a neutrony).
- Symbol jádra: ${}_Z^AX$
 Z ...počet protonů
 N ...počet neutronů
 A ... počet nukleonů
 $A = Z + N$
- Nuklid je látka složená ze stejných atomů (stejná Z i A).
- Izotopy jsou atomy téhož prvku, které mají stejné Z , ale různé A .
- Elektrický náboj jádra: $Q_j = Z \cdot e$, kde Z je protonové číslo, e je elementární náboj.
- Hmotnostní schodek jádra: B
 $B = m_j' - m_j$

Bylo zjištěno, že experimentálně stanovená hmotnost m_j jádra je menší než součet m_j' hmotností všech nukleonů obsažených v jádře atomu.

Hmotnost jádra se často vyjadřuje pomocí atomové hmotnostní jednotky m_u .

- Vazebná energie jádra: E

$$E = B \cdot c^2$$

Je energie, která se uvolní při vzniku jádra z izolovaných nukleonů nebo které je zapotřebí k rozložení jádra na jednotlivé nukleony.

Charakterizuje stabilitu jader (čím je vazebná energie větší, tím je jádro stabilnější).

Jaderné síly:

- Silné přitažlivé síly, které drží pohromadě nukleony v jádře (značně převyšují odpuzivé elektrostatické síly mezi protony).
- Působí mezi protony i neutrony.
- Mají krátký dosah (10^{-15} m), nepůsobí vně jádra.
- Působí jen na malý počet okolních nukleonů.

Některé důležité konstanty:

- Elementární náboj $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- Klidová hmotnost protonu $m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,007825 \cdot m_u$
 Klidová hmotnost neutronu $m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,008665 \cdot m_u$
- Atomová hmotnostní jednotka $m_u = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Rychlost světla ve vakuu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Řešené úlohy:

Příklad 1.

Vypočítejte vazebnou energii izotopu ${}^{235}_{92}\text{U}$, je-li hmotnost jádra $m_j = 235,043925 \cdot m_u$.

Řešení: $Z=92$

$A=235$

$N=235-92=143$

$m_j = 235,043925 \cdot m_u$

$E=?$

Z je počet protonů.

A je počet nukleonů.

N je počet neutronů.

Napíšeme vzorec pro vazebnou energii.

B je hmotnostní schodek, c je rychlost světla ve vakuu.

$$E = B \cdot c^2$$

Nejdříve musíme vypočítat hmotnostní schodek B .

$$B = m_j' - m_j$$

$$m_j' = Z \cdot m_p + N \cdot m_n$$

m_j' je součet hmotností všech nukleonů v jádře

$$m_j' = 92 \cdot 1,007825 \cdot m_u + 143 \cdot 1,008665 \cdot m_u$$

$$m_j' = 92,7199 \cdot m_u + 144,239095 \cdot m_u$$

$$m_j' = 236,958995 \cdot m_u$$

Atomová hmotnostní jednotka $m_u = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$B = 236,958995 \cdot m_u - 235,043925 \cdot m_u = 1,91507 \cdot m_u$$

$$B = 1,91507 \cdot m_u = 1,91507 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$B = 3,18 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Dosadíme do vzorce $E = B \cdot c^2$

$$E = 3,18 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$

$$E = 3,18 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}$$

$$E = 28,62 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

Energii v joulech převedeme na elektronvolty.

$$E = 28,62 \cdot 10^{-11} \div 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ eV}$$

$$E = 17,87 \cdot 10^8 \text{ eV}$$

$$E = 1787 \cdot 10^6 \text{ eV} = 1787 \text{ MeV}$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad 2.

Hmotnost jádra $^{16}_8\text{O}$ je $15,99491 \cdot m_u$. Vypočítejte vazebnou energii, která připadá na jeden nukleon.

Řešení: $Z = 8$

$$A = 16$$

$$N = A - Z = 8$$

$$m_j = 15,99491 \cdot m_u$$

$$\varepsilon_j = ?$$

$$\varepsilon_j = \frac{E}{A} = \frac{B \cdot c^2}{A}$$

$$B = m_j' - m_j = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j$$

$$B = 8 \cdot 1,007825 \cdot m_u + 8 \cdot 1,008665 \cdot m_u - 15,99491 \cdot m_u$$

$$B = 0,13701 \cdot m_u$$

$$B = 0,13701 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27}$$

$$B = 0,2275 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Napíšeme vzorec pro vazebnou energii připadající na jeden nukleon a dosadíme do něj vztah pro vazebnou energii E.

Nejdříve vypočítáme hmotnostní schodek B.

Dosadíme hmotnost protonu $m_p = 1,007825 \cdot m_u$ a hmotnost neutronu $m_n = 1,008665 \cdot m_u$ vyjádřenou pomocí atomové hmotnostní jednotky.

Dosadíme atomovou hmotnostní jednotku

$$m_u = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Vypočítané hodnoty dosadíme do vztahu pro ε_j .

$$\varepsilon_j = \frac{E}{A} = \frac{B \cdot c^2}{A} = \frac{0,2275 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{16}$$

$$\varepsilon_j = \frac{0,2275 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{16} = \frac{2,0475 \cdot 10^{-11}}{16}$$

$$\varepsilon_j = 0,12797 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

Převédeme na eV pomocí vztahu

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\varepsilon_j = \frac{0,12797 \cdot 10^{-11}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 0,079881 \cdot 10^8 \text{ eV}$$

$$\varepsilon_j = 7,9881 \cdot 10^6 \text{ eV} = 7,99 \text{ MeV}$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad 3.

Vypočítejte skutečnou hmotnost jádra ${}^4_2\text{He}$, je-li hmotnostní schodek $0,050295 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ a počítáme-li s hmotností protonu $1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ a s hmotností neutronu $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Řešení: $Z = 2$

$$A = 4$$

$$N = A - Z = 2$$

$$m_j = ?$$

$$m_j' = Z \cdot m_p + N \cdot m_n$$

$$m_j' = 2 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27} + 2 \cdot 1,675 \cdot 10^{-27} \quad \text{Vypočítáme } m_j'.$$

$$m_j' = 6,696 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$B = m_j' - m_j$$

Napíšeme vzorec pro hmotnostní schodek.

$$m_j = m_j' - B$$

Ze vzorce vyjádříme m_j a dosadíme.

$$m_j = 6,696 \cdot 10^{-27} - 0,050295 \cdot 10^{-27}$$

$$m_j = 6,645705 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Úlohy k procvičování:

1. Určete vazebnou energii jádra lithia ${}^6_3\text{Li}$, je-li jeho hmotnostní schodek $56,9697 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$. Vazebnou energii vyjádřete v elektronvoltech.
2. Berylium ${}^9_4\text{Be}$ má vazebnou energii 58 MeV. Jaký je odpovídající hmotnostní schodek?
3. Jádro s nukleonovým číslem 40 má vazebnou energii 320 MeV. Vypočítejte vazebnou energii připadající na jeden nukleon a hmotnostní schodek jádra.
4. Vypočtete vazebnou energii jádra atomu ${}^4_2\text{He}$, jestliže hmotnost atomu helia je $m_{\text{He}} = 6,6467 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, hmotnost protonu $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ a hmotnost neutronu $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.
5. Určete vazebnou energii na jeden nukleon deuteria ${}^2_1\text{H}$. Hmotnost jádra deuteria je $2,014102 \cdot m_u$.

Výsledky:

1. 32 MeV, 2. $0,103 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, 3. $\varepsilon_j = 1,28 \cdot 10^{-12} \text{ J}$, $B = 5,7 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$, 4. $E = 28,4 \text{ MeV}$, 5. $\varepsilon_j = 1,1 \text{ MeV}$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pracovní list (jádro atomu):

1. Určete vztah mezi jednotkami energie 1eV, 1MeV, 1GeV a jednotkou 1 J:

2. Určete počet protonů, neutronů a nukleonů v jádrech těchto nuklidů:



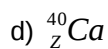
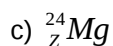
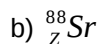
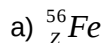
3. Co je nuklid?

4. Co jsou izotopy?

5. Uveďte, čím se odlišují jádra izotopů vodíku:



6. Pomocí periodické soustavy prvků doplňte chybějící protonové číslo u následujících nuklidů:



7. Zapište ve tvaru ^A_ZX nuklidy, které mají v jádře:

a) 7 protonů a 7 neutronů

b) 17 protonů a 18 neutronů

c) 19 protonů a 20 neutronů

d) 90 protonů a 142 neutronů

Pomocí periodické tabulky zjistěte, o jaké prvky jde.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

RADIOAKTIVITA:

Je schopnost některých atomových jader vysílat záření, přičemž se nestabilní jádra postupně mění ve stabilní jádra jiných prvků.

a) Přírozená radioaktivita – vlastnost nuklidů existujících v přírodě (tzv. radionuklidy).

b) Umělá radioaktivita – existuje u radionuklidů připravených uměle pomocí jaderných reakcí.

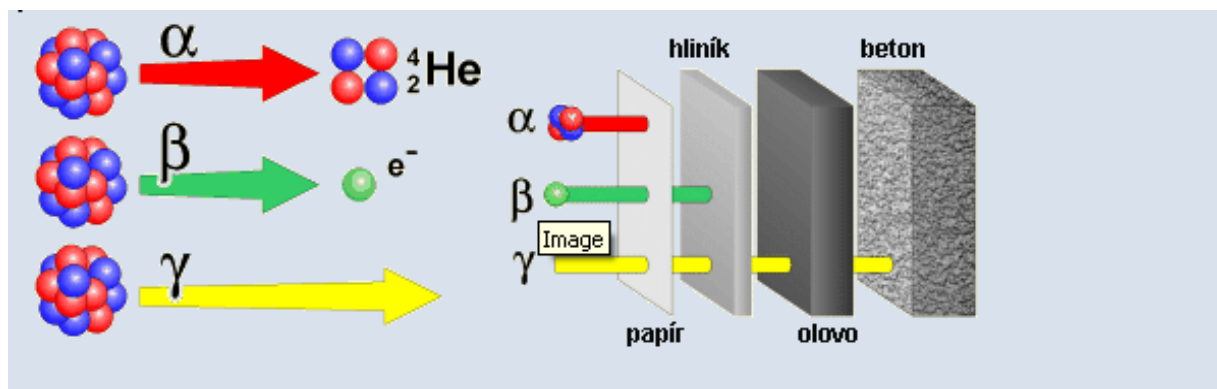
Přírozená radioaktivita:

- Pochází z půdy, hornin (největším zdrojem radiace je žula), vzduchu, vody, rostlin i z potravin. Část přichází ve formě kosmického záření z vesmíru.
- Objevil ji r. 1896 francouzský fyzik **Henri Becquerel** u solí uranu.
- Podrobněji radioaktivitu zkoumali manželé **Marie Curie Skłodowská** a **Piere Curie** a v roce 1898 objevili další radioaktivní prvky (polonium a radium).
- Později byly objeveny další přírodní radionuklidy. Jsou to hlavně izotopy těžkých prvků s protonovým číslem $82 < Z < 92$ (v periodické tabulce se nacházejí mezi olovem a uranem).
- Zkoumal ji také anglický fyzik **Ernest Rutherford** a zjistil, že existují 3 druhy radioaktivního záření.

Druhy radioaktivního záření:

	čím je záření tvořeno	rychlost částic	pronikavost záření	odchylování v magnetickém poli	ionizační účinky
Záření α	proud jader atomů helia ${}^4_2\text{He}$	$v = 7\%c$	pohlčeno listem papíru, je nejméně pronikavé	odchyluje se na opačnou stranu než záření β	silné
Záření β	proud elektronů	$v = 80\%c$	pohlčeno hliníkovou folií	odchyluje se, výrazné zakřivení trajektorie	slabší než záření α
Záření γ	proud fotonů elektromagnetického záření	$v = c$	lze jej oslabit silnou vrstvou olova nebo železobetonu, je nejvíce pronikavé	neodchyluje se, nemá náboj	nejslabší

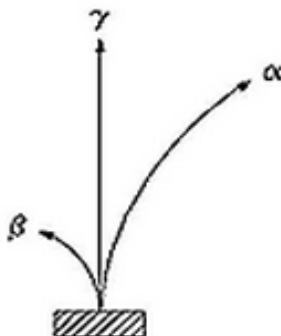
Pronikavost jaderného záření:



Zdroj obr.: <http://www.palba.cz/viewtopic.php?t=1217>

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pohyb částic záření alfa, beta a gama v rovině kolmé k magnetickému poli:



Zdroj obr.: <http://oberon.troja.mff.cuni.cz/>

Rozpady α a β : ***

Jsou jaderné přeměny, při nichž jádro vysílá záření α nebo β .
Platí pro ně posunovací pravidla.

- Rozpad α : ${}_Z^AX \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{Z-2}^{A-4}Y$

Radioaktivní jádro atomu vysílá částici ${}_2^4\text{He}$. Vznikne nové jádro, jehož protonové číslo se zmenší o 2 a nukleonové číslo se zmenší o 4 (nový prvek je v periodické tabulce posunut o dvě místa před původní prvek).

Příklad rozpadu α : ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{86}^{222}\text{Rn}$

- Rozpad β^- :

$${}_Z^AX \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{Z+1}^AY + \bar{\nu}$$

${}_{-1}^0e$ je elektron, $\bar{\nu}$ je antineutrino (částice bez elektrického náboje, se zanedbatelnou hmotností)

Radioaktivní jádro vysílá elektron. Vznikne nové jádro, jehož protonové číslo se zvětší o 1.

Příklad rozpadu β^- : $n \rightarrow p + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$

Volný neutron, pokud je mimo jádro, podléhá přeměně β^- (poločas přeměny přibližně 15 minut)
a přeměňuje se na proton, elektron a antineutrino.

Přeměnové řady:

- Izotopy Y vznikající radioaktivní přeměnou jsou obvykle také radioaktivní a přeměňují se na další izotopy. Tak vznikají posloupnosti jaderných přeměn, označované jako přeměnové řady.
- Jsou označeny podle výchozího radionuklidu.
- Řada urano-radiová ... ${}_{92}^{238}\text{U}$ (výchozí radionuklid)
- Řada thoriová ... ${}_{90}^{232}\text{Th}$
- Řada aktiniová ... ${}_{92}^{235}\text{U}$
- Konečným produktem jaderných přeměn v těchto řadách jsou stabilní izotopy olova.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poločas rozpadu:

- Radionuklid nezáhří pořád se stejnou intenzitou, ale intenzita se s časem mění.
- Doba, za kterou se rozpadne polovina původního počtu jader, se nazývá poločas rozpadu T .

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

λ je přeměnová konstanta – udává poměr počtu atomů přeměněných za 1 sekundu k celkovému počtu atomů radionuklidu. Jednotka: s^{-1} .

- Počet radioaktivních přeměn za 1 sekundu udává aktivitu zářiče. Jednotkou aktivity je Bq ... becquerel.
- V přírodě existuje asi 50 přirozených radionuklidů s různými poločasy rozpadu.
- Poločasy rozpadů mohou nabývat hodnot od zlomku sekundy až po miliardy let.

Příklady poločasů rozpadů některých přirozených radionuklidů:

radionuklid	přeměna	poločas rozpadu
3_1H	β	12,3 roku
${}^{14}_6C$	β	5730 let
${}^{40}_{18}K$	β	$1,3 \cdot 10^9$ let
${}^{210}_{84}Po$	α	138 dní
${}^{222}_{86}Rn$	α	3,8 dne
${}^{226}_{88}Ra$	α	1620 let
${}^{232}_{90}Th$	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ let
${}^{235}_{92}U$	α	$7,1 \cdot 10^8$ let
${}^{238}_{92}U$	α	$4,5 \cdot 10^9$ let

Zákon radioaktivní přeměny (rozpadu):

- Udává počet nerozpadlých jader N radionuklidu v čase t .

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

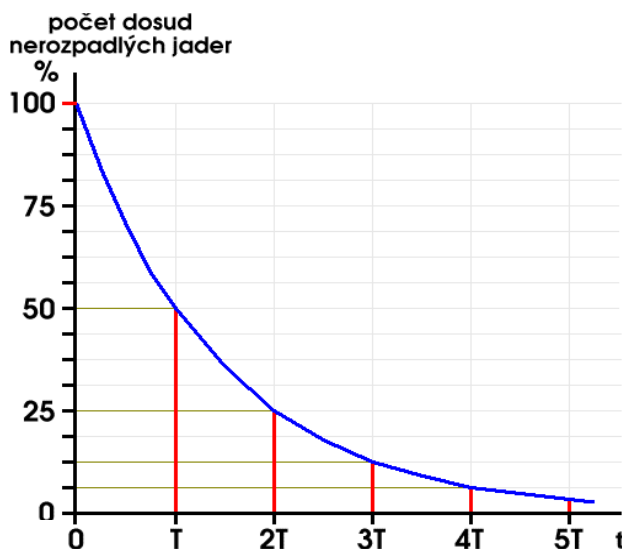
N_0 je počet jader v čase $t=0$, e je Eulerovo číslo, $e = 2,71818...$

- Pro aktivitu platí: $A = \frac{\Delta N}{\Delta t} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N$, A_0 je počáteční aktivita.

- Pokles počtu atomů (resp. hmotnosti) radionuklidu s časem má exponenciální charakter a je znázorněn na následujícím obrázku.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pokles počtu radioaktivních jader s časem:



Zdroj obr. <http://www.tretipol.cz/867-torricelli-a-polocas-premeny>

- Radioaktivní přeměna jader je náhodný proces. Nemůžeme určit přesně okamžik, kdy dojde k přeměně jednoho určitého jádra, ale jen pravděpodobnost této přeměny.
- V přírodě mohou existovat jen takové radioaktivní nuklidy, které mají velmi dlouhý poločas rozpadu nebo nuklidy, které v přírodě stále vznikají.
- Příklady radionuklidů existujících v přírodě dlouhodobě: ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K .
- V atmosféře vlivem kosmického záření neustále vznikají krátkodobé radionuklidy ^{14}C a tritium ^3_1H .

Řešené úlohy:

Příklad 1.

Ve vzorku radioaktivního fosforu $^{32}_{15}\text{P}$, který má poločas přeměny 14 dnů, je $4 \cdot 10^{18}$ atomů fosforu. Kolik atomů fosforu bude v tomto vzorku za 4 týdny?

Řešení: $T=14$ dnů

$$N_0 = 4 \cdot 10^{18} \text{ atomů}$$

$$t = 4 \text{ týdny}$$

$$N=?$$

$$T = 14 \text{ dnů} = 2 \text{ týdny} \Rightarrow \text{za 2 týdny bude ve vzorku poloviční počet nerozpadlých atomů} \Rightarrow (4 \cdot 10^{18}) \div 2 = 2 \cdot 10^{18} \text{ atomů.}$$



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Za další 2 týdny $\Rightarrow$ celkem za 4 týdny ... $(2 \cdot 10^{18}) \div 2 = 10^{18}$ atomů.

Za 4 týdny bude ve vzorku 10^{18} atomů.

Příklad 2.

Za jakou dobu se přemění polovina jader radionuklidu, jestliže je jeho rozpadová konstanta $1,42 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$? Rok má přibližně $3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$.

Řešení: $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$

$T = ?$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$T = \frac{\ln 2}{1,42 \cdot 10^{-11}} = \frac{\ln 2 \cdot 10^{11}}{1,42}$$

$$T = 0,488 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$T = (0,488 \cdot 10^{11}) \div (3,1536 \cdot 10^7)$$

$$T = 0,1547 \cdot 10^4 = 1547 \text{ let.}$$

Musíme si uvědomit, že máme vlastně vypočítat poločas přeměny.

Napišeme vzorec pro výpočet poločasu rozpadu.

Dosadíme do něj $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$.

Příklad 3. ***

V kousku starého dřeva klesl obsah radionuklidu $^{14}_6\text{C}$ na 72% původní hodnoty. Určete stáří dřeva, je-li poločas přeměny nuklidu 5570 let.

Řešení: $T = 5570 \text{ let}$

$N = 72\% N_0$

$t = ?$

$$N = 72\% N_0 \Rightarrow N = 0,72 N_0$$

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

$$0,72 N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$0,72 = e^{-\lambda \cdot t}$$

$$(*) \ln 0,72 = -\lambda \cdot t$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

Napišeme zákon radioaktivní přeměny a dosadíme $N = 0,72 N_0$.

Rovnici vydělíme N_0 .

Rovnici zlogaritmuje přirozeným logaritmem (logaritmus se základem e).

Napišeme vzorec pro poločas rozpadu.

Ze vzorce vyjádříme λ .

λ dosadíme do rovnice (*).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$\ln 0,72 = -\frac{\ln 2}{T} \cdot t$$

Odstraníme zlomek a vyjádříme t .

$$T \cdot \ln 0,72 = -\ln 2 \cdot t$$

$$t = \frac{T \cdot \ln 0,72}{-\ln 2}$$

Dosadíme $T=5570$ let (výsledek vyjde v letech).

$$t = \frac{5570 \cdot (-0,3285)}{(-0,6931)}$$

$$t = 2640 \text{ let}$$

Úlohy k procvičování:

1. Poločas rozpadu izotopu ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ je 1620 let. Vypočtete přeměnovou konstantu daného izotopu.
Rok má přibližně $3,1536 \cdot 10^7 \text{ s}$.
2. Určete poločas rozpadu uranu, je-li přeměnová konstanta uranu $4,33 \cdot 10^{-4} \text{ let}$.
3. Nuklid má poločas přeměny 2400 s. Kolik procent jader se rozpadne za 300 s?
4. Za jakou dobu klesne počet nepřeměněných jader nuklidu s poločasem přeměny T na jednu milióntinu původního počtu jader?
5. Při určování stáří pohřebního člunu zjistili, že koncentrace uhlíku ve dřevě, z něhož byl člun vyrobený, je přibližně $N=0,645N_0$. N_0 je koncentrace uhlíku v současných živých organismech. Určete stáří člunu, je-li poločas rozpadu uhlíku 5730 let.

Výsledky: 1. $\lambda = 1,354 \cdot 10^{-11} \text{ s}$

2. $T=1600 \text{ let}$

3. 8,3% jader

4. Asi za 19,932 T

5. asi 3626 let

Poznámka: Učivo označené symbolem *** je určeno studentům studijního oboru Technické lyceum.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pracovní listy (radioaktivita):

1. Co je radioaktivita?
2. Uveďte druhy radioaktivního záření.
3. Čím je tvořeno záření alfa?
4. Které záření je nejvíce a které nejméně pronikavé?
5. Které záření se v magnetickém poli neodchyluje a proč?
6. Kdo objevil přirozenou radioaktivitu?
7. Co je rozpad beta?
8. Uveďte, co vyjadřuje poločas rozpadu a jak se vypočítá.
9. Dva nuklidy se liší poločasem přeměny. Který z nich je stabilnější?
10. Určete, jaká část jader nuklidu s poločasem rozpadu T se:
 - a) přemění za dobu T
 - b) nepřemění za dobu T



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

c) přemění za dobu 2T

d) nepřemění za dobu 3T

11. Poločas přeměny radioaktivního izotopu fosforu je 14 dní.

a) Kolik procent jader izotopu se přemění za 28 dní?

b) Za kolik dní se přemění 87,5% jader izotopu?

12. Radioaktivní preparát obsahuje 10^6 atomů izotopu s poločasem přeměny 2 hodiny.

a) Kolik atomů se přemění za 6 hodin?

b) Za jakou dobu se přemění právě $3/4$ daného počtu atomů?



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Umělá radioaktivita:

- Existuje u radionuklidů připravených uměle v laboratoři pomocí jaderných reakcí.
- *Jaderné reakce* jsou děje, které probíhají při srážkách atomových jader s mikročásticemi (ostřelováním jader atomů nabitými částicemi z urychlovačů nebo neutrony z jaderných reaktorů).
- Lze získat radionuklidy, které existují v přírodě, ale i takové, které v přírodě nejsou. Jde o prvky se $Z > 92$, což jsou prvky, které mají protonové číslo větší než uran ... tzv. TRANSURANY.
- Umělé radionuklidy se v současnosti připravují ostřelováním jader atomů nabitými částicemi z urychlovačů nebo neutrony z jaderných reaktorů.
- Umělých radionuklidů bylo získáno několik tisíc a mají velký význam v praxi. Jsou vyráběny cíleně (medicína, experimenty...), ale vznikají i jako nežádoucí (vyhořelé jaderné palivo).
- Pro uměle vytvořená jádra platí stejné zákonitosti rozpadu jako pro jádra přirozeně radioaktivní.

Schéma jaderné reakce: $X + a \rightarrow Y + b$

X ... terčové jádro

a ... ostřelující částice

Y ... výsledné jádro

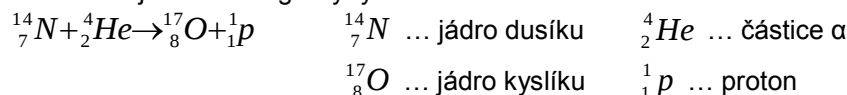
b ... částice vzniklá při reakci

Při jaderných reakcích platí zákony zachování:

- Zákon zachování hmotnosti a energie.
- Zákon zachování elektrického náboje.
- Zákon zachování hybnosti.
- Zákon zachování nukleonů.

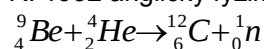
1. jaderná přeměna (přeměna jednoho prvku v jiný):

Uskutečnil ji r. 1919 anglický fyzik Rutherford.



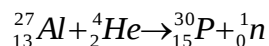
Objev neutronu:

R. 1932 anglický fyzik Chadwick.



Objev umělé radioaktivity:

R. 1934 manželé Frédéric a Irene Joliot Curie (dcera Marie Curie) - Nobelova cena za chemii v roce 1935.



Zjistili, že ostřelováním jádra hliníku částicemi alfa vznikne nuklid ${}^{30}_{15}\text{P}$, který v přírodě neexistuje.

Nestabilní izotop fosforu se samovolně mění na křemík a z jádra je vyzářen pozitron (antičástice

elektronu): ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_{+1}\text{e}$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Využití radionuklidů:

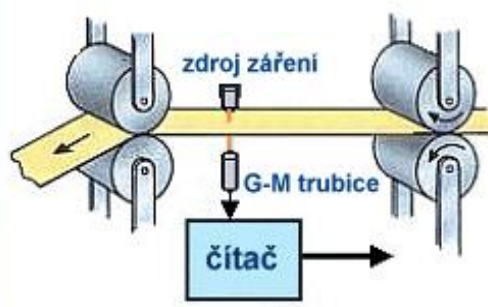
- Radionuklidy, ať už přirozené nebo umělé, se využívají v různých oblastech lidské činnosti.
- Užití umělých radionuklidů v lékařství:
 - sledování průtoku krve: technecium 99, sodík 24
 - zjišťování činnosti štítné žlázy: jód 132
 - léčení zhoubných nádorů: kobalt 60, cesium 137
 - při léčbě revmatických chorob
 - sterilizace lékařských nástrojů
 - Leksellův gama nůž se používá k operacím mozku
- Užití radionuklidů v průmyslu:
 - zjišťování skrytých vad materiálů (defektoskopie)
 - opotřebení strojních součástí
 - určení tloušťky tělesa (intenzita záření β se při průchodu látkou zeslabuje)
 - odstraňování elektrostatického náboje z povrchu materiálů
 - hlásiče kouře a požáru (čidlo obsahuje radioaktivní zářič alfa)
 - barvení skla
- Užití radionuklidů v zemědělství:
 - ochrana skladovaných potravin: ozářením potravin radiokobaltem se zničí mikroorganismy způsobující hnilobu
 - ozářením se také zničí nežádoucí klíčivost například brambor
- Uhlíková metoda určování stáří organických materiálů:
 - živé organismy obsahují uhlík $^{14}_6\text{C}$, který se nachází v atmosférickém CO_2
 - uhlík 14 je radioaktivní, takže v živých organismech, stejně jako kdekoli jinde, dochází k jeho rozpadu
 - po smrti organismu dochází k přerušení jeho příjmu z okolí, přeměňuje se na dusík s poločasem rozpadu 5730 let
 - změřením jeho poměru ke stabilnímu uhlíku 12 je možné vypočítat dobu, kdy organismus zemřel
- Negativní účinky radionuklidů – poškození kostní dřeně, buněk (nemoc z ozáření).



Radioaktivní zářič



Hlásič kouře



Měření tloušťky



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



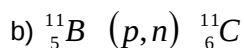
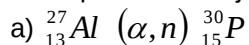
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



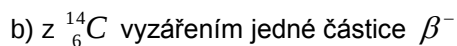
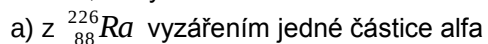
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pracovní list (jaderné reakce):

1. Rozepište následující jaderné reakce:



2. Určete, který nuklid vznikne:



3. Při jaderné reakci, při níž pohltí jádro atomu ${}_{4}^{9}\text{Be}$ částici alfa, vznikne jádro atomu ${}_{6}^{12}\text{C}$. Která částice se při tom uvolní?

4. Při jaderné reakci se mění izotop ${}_{27}^{60}\text{Co}$ na izotop ${}_{28}^{60}\text{Ni}$. Která částice se při tom uvolní?

5. Při jaderné reakci pohltí jádro atomu ${}_{5}^{10}\text{Be}$ neutron a vznikne jádro atomu ${}_{3}^{7}\text{Li}$. Která částice se při tom uvolní?

6. Pohltí-li jádro izotopu ${}_{7}^{14}\text{N}$ neutron, vznikne proton a izotop dalšího prvku. Který je to izotop?

7. Který izotop prvku ${}_{Z}^AX$ se podílí na jaderné reakci ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{Z}^AX \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He}$?

8. Který nuklid vznikne z ${}_{92}^{238}\text{U}$ vyzářením pěti částic α a dvou částic β^{-} ?