

Radioaktivita

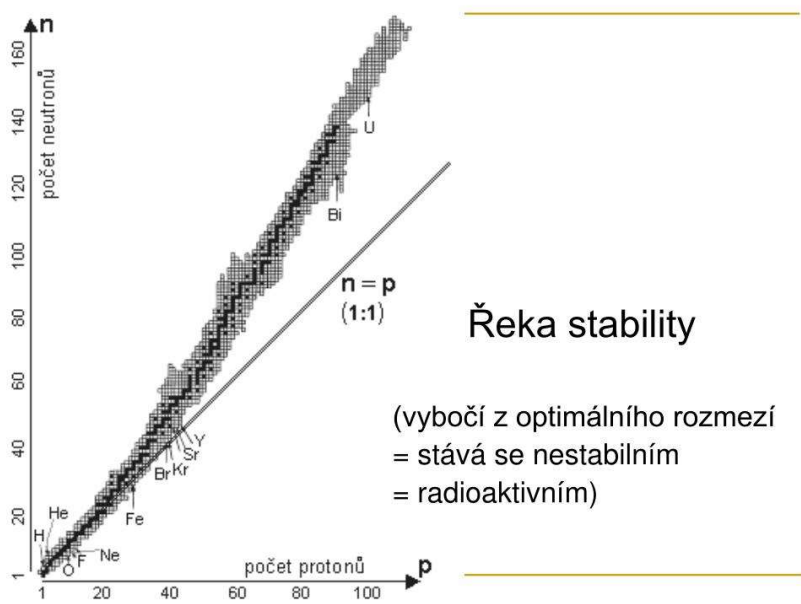
V přírodě se vyskytují atomy, jejichž jádra nejsou stabilní a samovolně se přeměňují- jejich přeměnou vznikají jádra jiných prvků a uvolňuje se záření/částice- tento proces se nazývá **radioaktivita**

Důležitým faktorem, který rozhoduje o nestabilitě atomu je poměr N (počtu neutronů) k Z (počtu protonů)

U prvků s protonovým číslem $Z \leq 20$ jsou nejstabilnější ta jádra, u nichž je podíl N/Z roven **1**

Se zvyšujícím se protonovým číslem poměr N/Z pro stabilní nuklidy postupně roste až do hodnoty **1,5**

Závislost počtu neutronů ve stabilních jádrech přírodních nuklidů na protonovém čísle vyjadřuje následující graf (nazýván **řeka stability**)



*Všechny transurany jsou umělými radionuklidy- uměle vyrobené prvky nacházející se v PSP až za uranem ($Z > 92$)

Radioaktivní záření

Rozpad nestabilních jader bývá provázen uvolňováním některých částic z prostoru jádra- existují tři základní druhy radioaktivního záření: alfa, beta, gamma

Částice alfa (α)- jsou kladně nabitá jádra hélia složená ze dvou protonů a dvou neutronů (${}^4_2\text{He}$)- vzhledem k velikosti má velkou energii, ale malý dosah

Částice beta (β)- dělí se na β^+ a β^- , „záření“ β^- tvoří proud záporně nabitých elektronů ${}^0_{-1}\text{e}$ a záření β^+ je tvořeno kladně nabitými pozitrony ${}^0_{+1}\text{e}$ – větší pronikavost

Záření gamma (γ)- elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou = vysokou energií- záření gamma se velmi podobá rentgenovému záření a používá se k podobným účelům- je nejpronikavější- například polotloušťka¹ olova pro gamma záření je 1,3cm a 6cm pro beton

- Přirozená radioaktivita- vlastnost nestabilních nuklidů vyskytujících se v přírodě
- Umělá radioaktivita- samovolný rozpad uměle připravených nuklidů (tyto nuklidy vznikají ostřelováním stabilních jader alfa částicemi, protony, neutrony atd.

Radioaktivita je schopnost některých atomových jader samovolně se rozpadat a přitom emitovat záření/částice

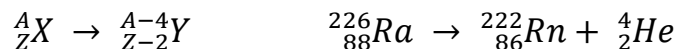
Radioaktivní rozpady

Rozpad α

Rozpad alfa je typický pro přeměny jader těžkých prvků

z jádra je vymrštěna částice ${}^4_2\text{He}$, a tak vzniká jádro prvku, který má nukleové číslo (A) o 4 menší a protonové číslo (Z) o 2 menší než původní jádro

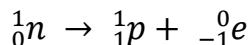
Tímto rozpadem vzniklý nuklid je vzhledem k původnímu jádru v PSP o dvě místa vlevo



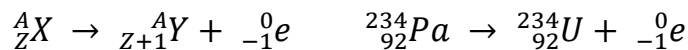
Rozpad β^-

Rozpad β^- je charakteristický pro jádra nuklidů, která vybočují z „řeky stability“ svým počtem neutronů (${}^3_1\text{H}$)

V tomto případě se některý z neutronů přemění na proton a elektron- proton zůstává v jádře a elektron jádra opouští



Jádro vzniklé rozpadem beta mínus má o jeden proton více- vzniká nuklid, který je v PSP vzhledem k původnímu prvku posunut o jedno místo vpravo



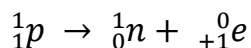
Záření beta a alfa bývá doprovázeno zářením gamma- nově vzniklé jádro se tak zbavuje přebytečné vazebné energie

Rozpad β^+

¹ Zachycení 50 % záření

Některé uměle připravené nuklidy vybočují z „řeky stability“, protože jejich jádra mají relativní nadbytek protonů nad neutrony

V takovýchto případech může dojít k přeměně některého z protonů na neutron a pozitron



Pozitron opouští jádro a velmi rychle zaniká anihilací s elektronem za vzniku fotonu

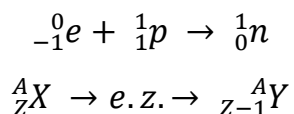
Při rozpadu beta plus vzniká nuklid, který je v periodické tabulce posunut o jedno místo vlevo



Elektronový záchyt (EC/EZ)

Přebytek protonů může být odstraněn i tak, že proton, který je součástí jádra, zachytí některý elektron z elektronového obalu

Podle toho, ze které vrstvy byl elektron zachycen, je možné hovořit o záchytu K, záchytu L atd. (K, L, M označuje kvantová čísla 1, 2, 3)



Elektronovým záchytem vzniká nuklid, který je v PSP, vzhledem k původnímu prvku posunut o jedno místo vlevo

*U velmi těžkých jader může docházet také ke spontánnímu štěpení, kdy se jádro rozštěpí na dva lehčí atomy a uvolní vazebnou energii (→ gamma záření)

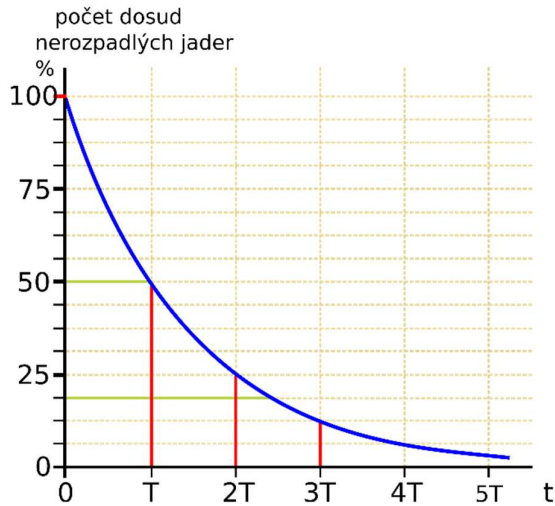
Poločas rozpadu

Přeměna jednoho jádra proběhne velmi rychle, ale tento děj nenastává u všech jader současně

Určit, které jádro a v kterém okamžiku se rozpadne, nedovedeme- jedná se o statistický děj

Poločas rozpadu ($T_{1/2}$) je doba (časový interval), za kterou se rozpadne polovina přítomných jader radioaktivního nuklidu

Poločas rozpadu je nezávislý na původním množství radioaktivní látky a není možné jej ovlivnit změnou vnějších faktorů (zvýšení teploty)- závisí výhradně na daném nuklidu a je pro něj stálou, konstantní veličinou



Po uplynutí deseti poločasů rozpadu je radioaktivní látka prakticky kompletně přeměněná- po této době je v soustavě méně než tisícina původních atomů

- Polonium $^{212}_{84}\text{Po}$ má poločas rozpadu pouze $3 \cdot 10^{-7}\text{s}$
- Nejdelší poločas rozpadu mají thorium $^{232}_{90}\text{Th}$ (13,9 miliard let), uran $^{238}_{92}\text{U}$ (4,5 miliardy let) a uran $^{235}_{92}\text{U}$ (710 milionů let)- tyto tři nuklidy jsou základem tří přírodních rozpadových řad- rozpad každého z nich zahajuje řetěz přeměn, v jehož průběhu postupně vznikne řada radioaktivních nuklidů s různě dlouhými poločasy rozpadu- výchozí nuklidy všech tří rozpadových řad mají podstatně delší poločasy rozpadu než vznikající sekundární radionuklidy, a proto se mezi jednotlivými členy každé rozpadové řady ustavila trvalá radioaktivní rovnováha
 - o Všechny tři přírodní rozpadové řady končí nuklidy olova

*Existuje ještě čtvrtá, umělá, rozpadová řada, která začíná uměle připraveným neptuniem $^{237}_{93}\text{Np}$ a končí stabilním izotopem bismutu $^{209}_{83}\text{Bi}$

Radiouhlíková metoda

Využívá poznatků o nestabilních jádrech a poločasu rozpadu v archeologii

Uhlík z oxidu uhličitého je v průběhu biologických reakcí zabudováván do těl živočichů a rostlin (organické sloučeniny)

Přírodní uhlík je tvořen 3 izotopy: ^{12}C , ^{13}C a ^{14}C

^{14}C vzniká bombardováním dusíku ^{14}N kosmickým zářením

Izotop ^{14}C je radioaktivní ($T_{1/2} = 5730$ let) a v porovnání s izotopem ^{12}C podstatně méně zastoupený

Organismy mají ve svém těle všechny tři izotopy uhlíku zhruba ve stálém poměru

Pokud organismus odumře, přísun uhlíku, a tím i izotopu ^{14}C se zastaví

Radioaktivní izotop se rozpadá a poměr mezi izotopy se zákonitě zvětšuje

1g uhlíku izolovaného z živého organismu proběhne zhruba 16 radioaktivních rozpadů za minutu- jestliže organismus odumře počet rozpadů ve stejném vzorku klesá

Za 5730 let proběhne v 1g uhlíku 8 rozpadů za minutu

Např. jestliže v 1g uhlíku zbytku kostry proběhnou 4 rozpady za minutu- kostra je stará 11 400 let

Nevýhody:

- Poměr izotopů v atmosféře nebyl vždy stálý a v průběhu času se měnil
- Dá se využít pouze do stáří 51 570 let (9 poločasů rozpadu), koncentrace jsou pak již příliš nízké
- Stáří lze určovat pouze u organických materiál (určíme, kdy zemřela ovce, z níž byl pergamen vyroben, stáří písma však již ne)
- Nelze určovat vzorky staré 100-200 let, nejprve došlo ke spalování ropy (příbytek neradioaktivních izotopů) a poté k rapidnímu zvýšení radioaktivních izotopů v důsledku jaderných experimentů- vzorky z 18.-19. století se mohou jevit mnohem starší a vzorky z 20. století se mohou jevit novější
- Statistický rozptyl je od desítek až po stovky let (^{14}C je beta zářič s velmi nízkou energií- komplikované měření)
- Metoda je destruktivní (vzorek je třeba spálit na čistý uhlík)