

Slunce, slunce, slunce. A najednou se tuhle nebo tamhle zatahuje, člověku před nosem se z mokřiny souká proužek mlhy (tak tady a takto se dělají mraky!) a zčista jasna se kolem zatřepetají vločky sněhu. A ráno je všechno bílé, až oči bolí. Taková útočná a slavná bělost je to. Sbohem, bělosti nejbělejší; což nekvetou u nás už třešně?

Karel Čapek (1936)

Poločas rozpadu a rozpadové řady

Kromě stabilních chemických prvků se v přírodním prostředí vyskytují ve velmi nízkých koncentracích i prvky radioaktivní, u kterých je důležitou veličinou hodnota času, za který se rozpadne právě polovina původního množství jader. Nazývá se poločas rozpadu (přeměny) a značí se $T_{1/2}$. Po uplynutí času $T_{1/2}$ se rozpadne právě polovina jader. Po uplynutí dalšího poločasu zůstane polovina z poloviny jader, tj. čtvrtina. A tak dále až do nekonečna, kdy se už všechna jádra definitivně přemění.

Každý radionuklid má svůj zcela určitý, specifický a pro něj charakteristický poločas rozpadu (jsou ale známy i ojedinělé výjimky u radionuklidů, které mají u stejného jádra dva rozdílné poločasy rozpadu; některá jádra se totiž mohou rozpadat dvěma různými mechanismy, každým s jinou pravděpodobností a tedy i jiným poločasem – např. jednou probíhá rozpad β^- , podruhé β^+). Hodnoty poločasu rozpadu jsou ale velmi odlišné. Známe radionuklidy s neobyčejně dlouhými poločasy rozpadu řádově miliardy let (patří mezi ně např. přírodní radionuklidy jako jsou draslík ^{40}K s $T_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9$ let nebo uran ^{238}U s poločasem rozpadu $4,5 \cdot 10^9$ let), tisíce let (např. radiouhlík ^{14}C s $T_{1/2} = 5\,730$ let), desítky let (např. cesium ^{137}Cs s poločasem 30 let), ale i desítek či jednotek dní (např. kobalt ^{57}Co s poločasem 270 dnů, radiojód ^{131}I s poločasem 8 dnů), několika hodin či minut (např. fluór ^{18}F s poločasem rozpadu 110 minut, kyslík ^{15}O s poločasem 2,2 minuty), i s poločasy řádově sekundy či zlomky sekund (např. transurany $Z > 111$ s poločasy rozpadu někdy i řádu milisekund).

U naposledy uvedených velmi krátkodobých radionuklidů může být ovšem diskutabilní, zda se vůbec ještě jedná o jádro s alespoň dočasně vázanými nukleony a má tak smysl mluvit o jeho radioaktivním rozpadu, nebo jen o okamžitě se rozpadající konfiguraci. Na tento problém se naráží při pokusech o vytváření transuranů se $Z > 115$, které se rozpadají natolik rychle, že jejich prchavou existenci je velmi obtížné prokázat.

Naopak v oblasti extrémně dlouhých poločasů není problémem prokázat existenci jader. Problémem je prokázat, že nejsou zcela stabilní, ale s časem se rozpadají (byť nesmírně pomalu). Radioaktivitu měříme detekcí emitovaného záření, jehož intenzita je úměrná aktivitě. Proto u některých jader s extrémně dlouhým poločasem rozpadu (pohybujícím se většinou mezi 10^{14} až 10^{18} let) není jejich radioaktivita často ani bezpečně prokázána. Vezmeme-li si na pomoc dobu existence vesmíru, odhadovanou na 13-15 miliard let, pak hypotéza radioaktivity nejjednoduššího jádra vodíku, tj. nestability protonu (poločas rozpadu protonu cca 10^{33} let), připouští, že dosud se možná nestačil rozpadnout ani jeden proton. Kosmologické spekulace o globální evoluci vesmíru ve vzdálené budoucnosti však i takové extrémně dlouhé poločasy rozpadu nechávají v klidu, neboť je na to vlastně „dost času“.

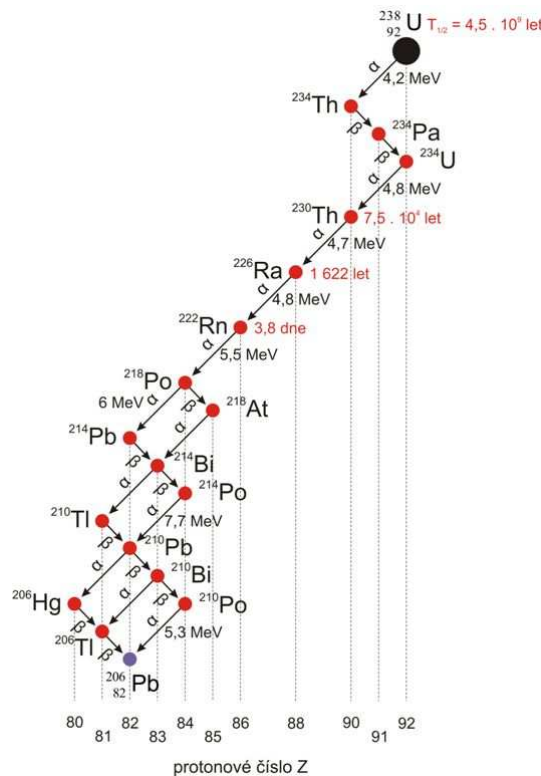
Radionuklidy se nemusí rozpadat rovnou na stabilní jádro. Často se stává, že se daný radionuklid rozpadá na jiné jádro, které není také stabilní, tzn., že je také radioaktivní. Toto jádro se tedy opět rozpadá a vzniklé jádro opět může být radioaktivní, atd. Jeden radionuklid se tedy může přeměňovat na stabilní nuklid postupně. V této souvislosti se mluví o rozpadových řadách. Pomocí rozpadových řad lze např. nahlížet i do vzdálené minulosti Země. Osvětlují nám historii geologických procesů na ní probíhajících, přibližují složení zemské kůry, pomáhají určit vlastnosti nuklidů, které se zde v minulosti vyskytovaly, přestože se do současnosti třeba již zcela rozpadly.

Existují celkem čtyři rozpadové řady – thoriiová, neptuniová a dvě uranové (řada ^{238}U a řada ^{235}U – podle jeho staršího názvu, tzv. aktinouranu, dříve nazývaná aktiniová). Tři řady

jsou přírodní, neptuniová je umělá. Uvedené řady končí stabilními izotopy, které se již dále nerozpadají. U neptuniové řady stojí na konci vizmut ^{209}Bi , u přírodních olovo (^{208}Pb , ^{206}Pb nebo ^{207}Pb). Poločas rozpadu jednotlivých izotopů v jednotlivých rozpadových řadách se pohybuje od několika minut až po několik miliónů let.

Nejrozšířenějším přírodním radionuklidem je draslík ^{40}K , jehož průměrný obsah v zemské kůře je asi $3 \times 10^{-3} \%$. Následuje thorium ^{232}Th , jehož koncentrace v zemské kůře je přibližně $8-12 \times 10^{-6} \%$ ($T_{1/2} = 1,39 \times 10^{10}$ roků), ale dosud nejvýznamnějšími přírodními radionuklidy jsou uran ^{238}U (průměrná koncentrace v zemské kůře je cca $2-4 \times 10^{-6} \%$) a uran ^{235}U (jeho koncentrace je cca $2-3 \times 10^{-8} \%$, $T_{1/2} = 7,1 \times 10^8$ roků).

Dnes je známo více než 1 400 radionuklidů, z nichž většina je vyráběna uměle. Praktické uplatnění nachází necelá desetina z nich. Nejlehčím radionuklidem je tritium ^3H , což je čistý beta-zářič s poločasem rozpadu 12,3 roku. Pro aplikace v biologii a medicíně se vyrábí uměle. Důležitý je i uhlík ^{14}C , rovněž čistý beta-zářič s poločasem rozpadu 5 730 let. Mimo jiné je na něm založena radiokarbonová metoda určování stáří archeologických předmětů. Krátkodobý pozitronový radionuklid fluor ^{18}F ($T_{1/2} = 110$ min.) se využívá v emisní tomografii, kobalt ^{60}Co ($T_{1/2} = 5,27$ roku) slouží jako zdroj tvrdého záření gama pro radioterapii či defektoskopii, pro nukleární medicínu je nepostradatelné metastabilní technecium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($T_{1/2} = 6$ hodin), které je čistým gama zářičem, v nukleární medicíně má klíčový význam pro diagnostiku a terapii onemocnění štítné žlázy radiojód ^{131}I ($T_{1/2} = 8$ dní) a jedním z nejnámějších a nejpoužívanějších radionuklidů vůbec je cesium ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30,17$ roku). Radium ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1 602$ let), kralující v radioterapii v meziválečném období, bylo po druhé světové válce pozvolna vytěšňováno umělými radioizotopy, které vedle toho nalézaly uplatnění i v mnoha dalších oblastech národního hospodářství. Používání radia, popř. některých dalších přírodních zářičů, přetrvávalo i řadu let v oblasti svítivých radioaktivních barev.



uranová rozpadová řada

(Rozpadová řada se větví proto, že jaderná přeměna je náhodný proces, který se uskutečňuje pouze s jistou pravděpodobností. To znamená, že příslušný izotop se může přeměnit na dva jiné v závislosti na vnějších podmínkách a na stavu daného izotopu. Hmotnostní číslo A se mění pouze při α rozpadu.)