

Aktivita zářiče a rozpadový zákon

O výzkum [přirozené radioaktivity](#) a radioaktivních přeměn se zásadním způsobem zasloužili Marie Curie (1867 - 1934, Nobelova cena s manželem v roce 1903 a druhá v roce 1911) a Pierre Curie (1859 - 1906). V návaznosti na Becquerelův objev měřili stupeň [radioaktivity](#) různých látek podle ionizačních účinků vysílaného záření (podle [rychlosti vybíjení kondenzátoru](#)) a porovnávali tato měření s chemickým obsahem příslušného radioaktivního prvku. Zjistili přitom, že rychlost samovolného radioaktivního rozpadu nelze fyzikálně nijak ovlivnit.

Manželé Curieovi objevili vedle kromě radioaktivity [uranu](#) i radioaktivitu thoria. Při měření radioaktivity jáchymovského smolince zjistili, že je mnohem větší, než odpovídá obsahu obou radioaktivních prvků - uranu a thoria. To je v roce 1898 přivedlo k objevu nových radioaktivních prvků - polonia a radia.

V dalším výkladu budeme uvažovat určité množství [radioaktivního nuklidu](#), který vysílá záření α nebo záření β a mění se přitom na stabilní [nuklid](#). Dále bude vhodné zavést [fyzikální veličinu aktivita zářiče](#).

AKTIVITA A ZÁŘIČE VYJADŘUJE POČET RADIOAKTIVNÍCH PŘEMĚN ZA JEDNU SEKUNDU; $[A] = \text{Bq}$ (BECQUEREL).

Při vyjádření v [základních jednotkách](#) soustavy SI platí: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$.

Experimentálně bylo zjištěno, že aktivita vzorku [radionuklidu](#) klesá tak, že vždy po uplynutí charakteristické doby T klesne na polovinu. Tato doba T se nazývá **poločas přeměny** (poločas rozpadu) daného radionuklidu. Matematicky lze popsanou závislost vyjádřit vztahem: $A(t) = A(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$, kde $A(0)$ je aktivita zářiče v počátečním čase $t=0 \text{ s}$ a $A(t)$ aktivita zářiče v okamžiku t . Bude-li t postupně nabývat hodnot $T, 2T, 3T, \dots$ klesne aktivita zářiče v souladu s uvedeným vztahem postupně na $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots$ počáteční hodnoty.

Zapíšeme-li vztah pro pokles aktivity zářiče ve tvaru $A(t) = A(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = A(0) \left\{e^{-\ln 2}\right\}^{\frac{t}{T}} = A(0) e^{-\lambda t}$,

získáme vyjádření téhož [zákona](#) pomocí **přeměnové konstanty (rozpadové konstanty)** $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$.

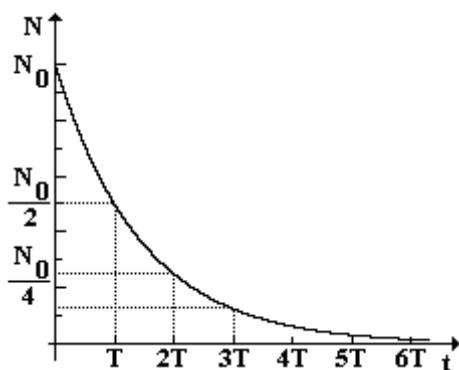
Konstanta λ udává míru rychlosti rozpadu (míru pravděpodobnosti rozpadu). Pro jednotlivé radionuklidy lze jejich charakteristiky T (resp. λ) vyhledat v tabulkách.

Fyzikální vlastnosti daného radionuklidu jsou určeny právě konstantou λ resp. T . Tyto konstanty není možné fyzikálně žádným způsobem měnit a ovlivňovat tak radioaktivní rozpad.

Právě popsaný experimentální zákon je možné vysvětlit na základě představy [kvantové fyziky](#) o tom, že radioaktivní přeměna jádra je dokonale náhodný proces. Nelze určit přesně okamžik, kdy dojde k přeměně jednoho určitého jádra, ale pouze pravděpodobnost této přeměny. Počet přeměn za jednu sekundu (aktivita zářiče) je tedy úměrný celkovému počtu dosud nepřeměněných jader s konstantou úměrnosti λ : $A(t) = \lambda N(t)$.

Čím více bude vzorek radionuklidu obsahovat nerozpadlých jader, tím bude jeho aktivita větší. U většího množství jader je totiž vyšší pravděpodobnost, že dojde k rozpadu některého jádra.

Počet jader radionuklidu musí v čase klesat podle stejného zákona jako aktivita: $N(t) = N(0) e^{-\lambda t}$. Tato rovnice vyjadřuje **zákon radioaktivní přeměny** a pokles počtu nerozpadlých jader radionuklidu v závislosti na čase je znázorněn v grafu na obr. 113. [Experimenty](#) vedoucí k objevu tohoto zákona prováděli na přelomu 19. a 20. století Rutherford a Soddy.



Obr. 113

Od Becquerelova objevu radioaktivity uranu bylo v přírodě zjištěno asi 50 přirozených radionuklidů, přičemž vlastnosti nejdůležitějších z nich jsou shrnuty v tab. 3.

Poločasy rozpadu radionuklidů mohou nabývat hodnot od zlomků sekundy až po miliardy let. Je zřejmé, že v přírodě lze pozorovat jen takové radionuklidy, které mají velmi dlouhý poločas rozpadu (srovnatelný s dobou stáří [hvězd](#) a [planet](#)) nebo které v přírodě stále vznikají.

Přirozené radionuklidy s krátkým poločasem rozpadu se totiž v přírodě už rozpadly na jiné nuklidy.

Dlouhodobě existujícími radionuklidy v přírodě jsou např. $^{235}_{92}\text{U}$, $^{237}_{92}\text{U}$, $^{232}_{90}\text{Th}$, $^{40}_{19}\text{K}$, ... pod vlivem kosmického záření vznikají v [atmosféře](#) krátkodobé radionuklidy ^3_1H , $^{14}_6\text{C}$, ...

Radionuklid	Přeměna	Poločas přeměny	Energie vyletujících částic (v MeV)
^3_1H	β^-	12,3 roku	0,018
$^{14}_6\text{C}$	β^-	5730 let	0,155
$^{40}_{19}\text{K}$	β^-	$1,3 \cdot 10^9$ let	1,3
$^{210}_{84}\text{Po}$	α	138 dní	5,3
$^{222}_{86}\text{Rn}$	α	3,8 dne	5,5
$^{226}_{88}\text{Ra}$	α	1620 let	4,8
$^{232}_{90}\text{Th}$	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ let	4,0
$^{235}_{92}\text{U}$	α	$7,1 \cdot 10^8$ let	4,4
$^{237}_{92}\text{U}$	α	$4,5 \cdot 10^9$ let	4,2

tab. 3