

## 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  $\alpha$  nebo záření  $\beta$  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)**  $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ .

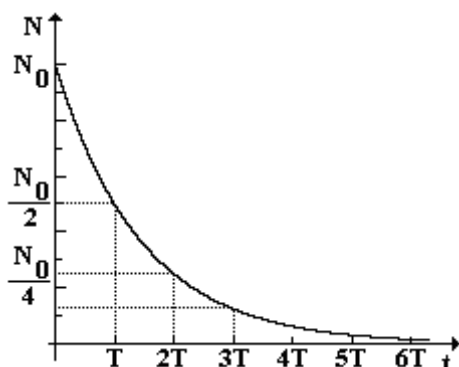
Konstanta  $\lambda$  udává míru rychlosti rozpadu (míru pravděpodobnosti rozpadu). Pro jednotlivé radionuklidy lze jejich charakteristiky  $T$  (resp.  $\lambda$ ) vyhledat v tabulkách.

Fyzikální vlastnosti daného radionuklidu jsou určeny právě konstantou  $\lambda$  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  $\lambda$ :  $A(t) = \lambda N(t)$ .

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  $^3_1\text{H}$ ,  $^{14}_6\text{C}$ , ...

Radionuklid	Přeměna	Poločas přeměny	<b>Energie vyletujících částic (v MeV)</b>
$^3_1\text{H}$	$\beta^-$	12,3 roku	0,018
$^{14}_6\text{C}$	$\beta^-$	5730 let	0,155
$^{40}_{19}\text{K}$	$\beta^-$	$1,3 \cdot 10^9$ let	1,3
$^{210}_{84}\text{Po}$	$\alpha$	138 dní	5,3
$^{222}_{86}\text{Rn}$	$\alpha$	3,8 dne	5,5
$^{226}_{88}\text{Ra}$	$\alpha$	1620 let	4,8
$^{232}_{90}\text{Th}$	$\alpha$	$1,4 \cdot 10^{10}$ let	4,0
$^{235}_{92}\text{U}$	$\alpha$	$7,1 \cdot 10^8$ let	4,4
$^{237}_{92}\text{U}$	$\alpha$	$4,5 \cdot 10^9$ let	4,2

tab. 3