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; $[A]=\mathrm{Bq}$ (BECQUEREL).

Při vyjádření v základních jednotkách soustavy SI platí: $1\,\mathrm{Bq}=1\,\mathrm{Hz}=1\,s^{-1}$.

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 $t=0\,s$ a $A(t)$ aktivita zářiče v okamžiku *t*. Bude-li *t* postupně nabývat hodnot *T*, 2*T*, 3*T*, ... klesne aktivita zářiče v souladu s uvedeným vztahem postupně na $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, ... počáteční hodnoty.

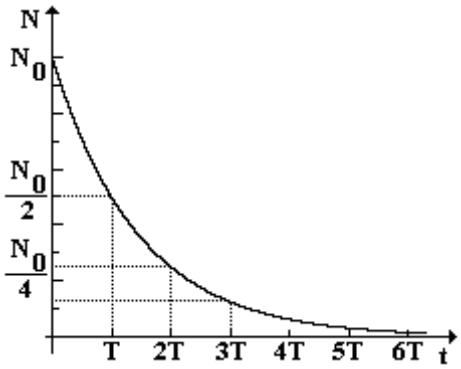
Zapíšeme-li vztah pro pokles aktivity zářiče ve tvaru $A(t)=A(0)\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}=A(0)\left(e^{-\ln 2}\right)^{\frac{t}{T}}=A(0)e^{-\lambda t}$, získáme vyjádření téhož zákona pomocí **přeměnové konstanty** (**rozpadové konstanty**) $\lambda=\frac{\ln 2}{T}$. Konstanta λ udává míru 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. 117. Experimenty vedoucí k objevu tohoto zákona prováděli na přelomu 19. a 20. století Rutherford a Soddy.



Obr. 117

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. $^{235}_{92}U$, $^{237}_{92}U$, $^{232}_{90}Th$, $^{40}_{19}K$, ... pod vlivem kosmického záření vznikají v atmosféře krátkodobé radionuklidy $^{3}_{1}H$, $^{14}_{6}C$, ...

Radionuklid	**Přeměna**	**Poločas přeměny**	**Energie vyletujících částic (v MeV)**
$^{3}_{1}H$	β^-	12,3 roku	0,018
$^{14}_{6}C$	β^-	5730 let	0,155
$^{40}_{19}K$	β^-	$1,3.10^9$ let	1,3
$^{210}_{84}Po$	α	138 dní	5,3
$^{222}_{86}Rn$	α	3,8 dne	5,5
$^{226}_{88}Ra$	α	1620 let	4,8
$^{232}_{90}Th$	α	$1,4.10^{10}$ let	4,0
$^{235}_{92}U$	α	$7,1.10^8$ let	4,4
$^{237}_{92}U$	α	$4,5.10^9$ let	4,2

tab. 3

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.