

Radioaktivita

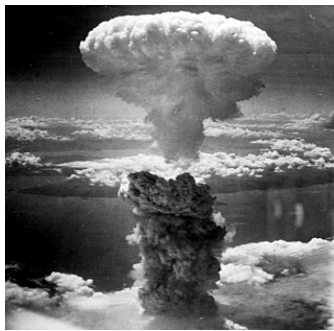
Milý studenti a milé studentky,

v tomto studijním materiálu se seznámíte s historií radioaktivity, od objevu po problém jaderného odpadu.

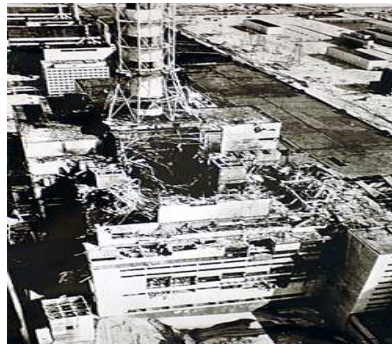
Jaderná energie je dobrý sluha, ale zlý pán. O ničivých účincích jaderného výbuchu se lidstvo přesvědčilo v dobách války, ale i v míru.

Mám na mysli devastující účinky atomových bomb svržených na Hirošimu a Nagasaki na konci 2.světové války.

Nagasaki 6.9.1945



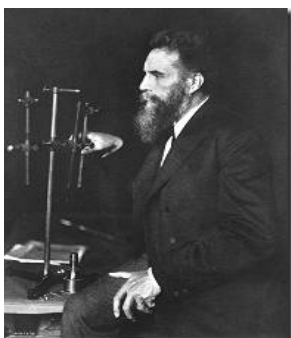
Čtvrtý blok černobylské elektrárny den po výbuchu 1986



A bohužel i tragické nejznámější katastrofy v jaderných elektrárnách Černobyl 1986 a Fukušima 2011.

Ale co to vlastně je – radioaktivita, kdo ji objevil a jaké má využití? O tom všem jsou následující stránky. V závěru si své nabyté znalosti můžete ověřit na otázkách a jednoduchých příkladech.

Wilhelm Conrad Röntgen



Objevitelem radioaktivity byl Wilhelm Conrad Röntgen, který v roce 1895 při pokusech s katodovými paprsky objevil nový druh záření - paprsky X.

Experimentoval s elektrickými výboji ve vakuových trubiciích a všiml si, že kus papíru natřený tetrakyanoplatnatanem barnatým v blízkosti trubice začíná zářit. Zdánlivě zcela bez příčiny.

Tušil, že objevil neviditelný paprsek, který má schopnost pronikat předměty.

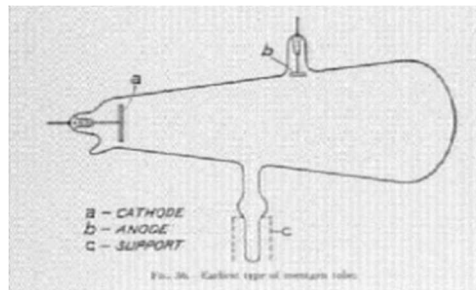
Tyto paprsky byly později nazvány rentgenovými.



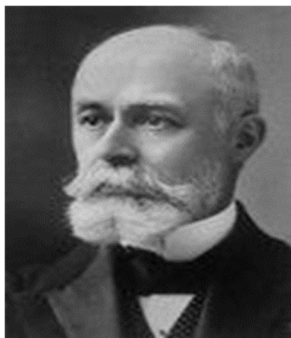
Zkoumal jejich vlastnosti a zhotovil první rentgenové snímky kovových předmětů a kostí ruky

V roce 1901 mu za objev rentgenových paprsků byla udělena Nobelova cena.

Röntgenova lampa - vakuovaná skleněná baňka s kladnou a zápornou elektrodou



Antoine Henri Becquerel



Několik měsíců po Röntgenově objevu prováděl fran. fyzik **Henri Becquerel** experiment, ve kterém kladl různé látky na zakryté fotografické desky, aby prověřil, zda tyto látky po osvětlení světlem nevyzařují paprsky X.

Ke svému velkému překvapení zjistil, že určité látky - sloučeniny uranu - vydávají energetické záření, aniž by se jim předem dodala jakákoli energie.

Význam Becquerelových experimentů spočívá v tom, že odhalily existenci přirozeného procesu, jehož působením určité prvky **samovolně vysílají pronikavé energetické záření**. Ukázalo se tedy, že některé prvky jsou nestabilní a spontánně uvolňují různé formy energie. Toto vyzařování energetických částic samovolným rozpadem jader dostalo název radioaktivita. **Objevil přirozenou radioaktivitu – 1896.**



K probádání základů radioaktivity zásadním způsobem přispěli francouzští fyzikové

Pierre Curie a Marie Curie - Slodowska.

Při zkoumání smolince zjistili, že tento minerál je více radioaktivní než samotný čistý uran, který je v něm obsažený.

Tak objevili další radioaktivní prvky přítomné ve smolinci - **polonium a radium**.

Po několika letech bádání zjistili, že existuje několik typů částic uvolňujících se při radioaktivních procesech.

Tři odlišné typy radiace byly pojmenovány prvními třemi písmeny řecké abecedy

α (alfa)

β (beta)

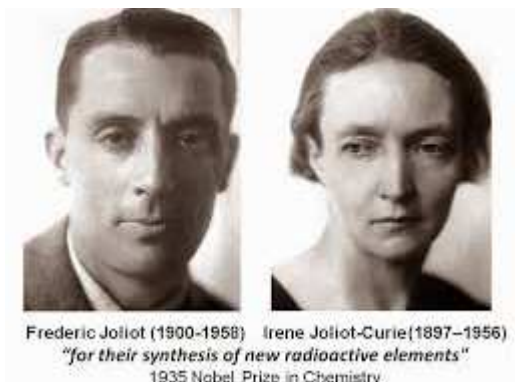
γ (gama)

Umělá radioaktivita

Definice: samovolný rozpad uměle připravených nuklidů doprovázený vyzářením radioaktivního záření.

Umělé radionuklidy lze získat působením radioaktivního záření na stálé nuklidy.

Poprvé byl v laboratoři uměle připraven radionuklid roku 1934.

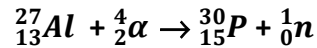


Na výzkumu přírodní a umělé radioaktivity pracovala dcera Marie a Piera Curiových, Iréne, se svým manželem Frédéricem Joliotem-Curie, kteří v roce 1935 obdrželi Nobelovu cenu za chemii za syntézu nových radionuklidů.

Průběh experimentu:

Ozařovali hliník zářením a po ukončení ozařování zjistili, že Al samovolně vyzařuje záření

Jádro ozařovaného prvku se stává radionuklidem.



Radioaktivní záření

Záření α :

Je tvořeno jádrem helia ${}^4_2\text{He}$ (2p, 2n).

Proud letících jader atomů helia dosahuje 10% rychlosti světla.

Alfa částice se pohybují poměrně pomalu a mají malou pronikavost (mohou být odstíněny i listem papíru), ale zato mají silné ionizační účinky na okolí.

Záření β :

Je to proud letících elektronů β^- a pozitronů β^+ .

Vzniká v jádře při rozpadu neutronu!

Jejich rychlost může dosáhnout až 99% rychlosti světla.

Je 100 x pronikavější než α -záření - k jeho zastavení stačí vrstva vzduchu silná 1 m nebo kovu o šířce 1 mm.

Má menší ionizační účinky než záření α .

Záření γ :

Je to vysoce energetické elektromagnetické záření vznikající při radioaktivních a jiných jaderných a subjaderných dějích.

Záření gama je tvořeno proudem fotonů, jedná se tedy o elektromagnetické vlnění.

Záření gama jsou fotony nejvyšších energií.

Ze všech typů záření je nejpronikavější, má ale nejmenší ionizující účinky.

Provází záření β , někdy α .

Srovnání pronikavosti:

- Částice alfa neproletí ani listem papíru.
- Částice beta zastaví hliníková folie.
- Záření gama odstíní až silná vrstva olova.

Záření gama proniká hluboko do každé látky, může měnit a narušovat chemické vazby a představuje tedy při práci s radioaktivními materiály největší nebezpečí (vědcům bohužel trvalo mnoho let, než plně pochopili, jakou hrozbu radioaktivita představuje, a mnozí za to zaplatili vysokou cenu...).

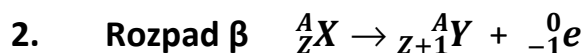
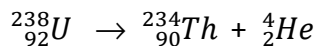
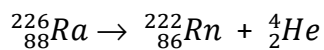
Radioaktivní rozpad (přeměna):



Vyzáří-li radioaktivní atom ze svého jádra částici alfa, zmenší se hmota jádra a prvek se mění v jiný.

Vzniklý prvek se v periodické tabulce nachází o dvě místa vlevo.

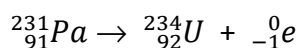
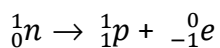
Rozpad jader těžkých prvků



Při vyzáření jedné částice beta z jádra se změní jeden neutron na proton.

Proton zůstává v jádře a elektron atom opouští.

Vzniklý prvek je v periodické tabulce posunut o jedno místo vpravo.



Poločas rozpadu: $\tau_{1/2}$

Pro každý radioaktivní prvek je stálá rychlost jeho rozpadu, která se řídí kinetikou 1.řádu.

Tuto rychlost nelze zjistit, ani ovlivnit

Poločas rozpadu je doba, za kterou se rozpadne právě polovina z původního množství jader.

Množství radioaktivního prvku ve vzorku závisí jen na čase.

Poločas přeměny je doba, za kterou se rozpadne polovina radioaktivní látky (přesněji polovina radioaktivních jader, která byla přítomna na začátku). Ze zbývajících poloviny se pak za další poločas přeměny opět polovina (tj. zbývá $\frac{1}{4}$ původního množství). Poločas přeměny je charakteristická konstanta pro daný radionuklid (soubor radioaktivních atomů o stejném protonovém i nukleonovém čísle) a jeho hodnoty jsou pro vybrané radionuklidy demonstrovány v následující tabulce. U známých radionuklidů se poločasy radioaktivních

přeměn pohybují od zlomků sekundy po miliardy let. Existuje dokonce teorie, že všechny prvky na světě jsou radioaktivní. Pouze jejich poločas přeměny je tak dlouhý, že jej zatím neumíme změřit.

Radionuklidy a jejich poločasy přeměny

Radionuklid	²³⁵ U	¹⁴ C	²²⁶ Ra	⁶⁰ Co	²²² Rn
Poločas přeměny	700 000 000 let	5 730 let	1 602 let	5,7 let	3,8 dne

Radioaktivní rozpadové řady:

Existují tři přírodní rozpadové řady:

- **uranová**
- **aktiniová**
- **thoriová**

Všechny tři řady jsou zakončeny stabilními nuklidy olova.

4.rozpadová řada – **neptuniová** - je umělá, začíná uměle připraveným neptuniem a končí stabilním izotopem bismutu.

Radiouhlíková metoda:

Přirozené radioaktivity se využívá k určování stáří archeologických nálezů.

Přírodní uhlík je tvořen izotopy: ¹²C, ¹³C, ¹⁴C , poměr izotopů uhlíku je konstantní.

¹⁴C je radioaktivní ($t_{1/2}=5700$ let)

Pokud organismus odumře, přísun uhlíku se zastaví a ¹⁴C se rozpadá.

Příklad:

Ve svitcích nalezených u Mrtvého moře byl stanoven poměr ¹⁴C /¹²C roven 0,795 násobek poměru, který se vyskytuje u dnes žijících rostlin. Stanovte stáří svitků, víte-li, že poločas rozpadu uhlíku ¹⁴C je 5720 let..

Řešení: poločas rozpadu ¹⁴C je 5720 let, radioaktivní rozpad se řídí kinetikou 1.řádu.

Tedy: $\ln(N/N_0) = -k \cdot t$ N_0 je počet nerozpadnutých atomů na počátku, N počet nerozpadnutých atomů v čase t , k je rychlostní konstanta

rozpadu a t je čas

pro poločas rozpadu platí: $k = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5720} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ rok}^{-1}$ $\tau_{1/2}$ je poločas rozpadu

$$\ln(N/N_0) = -1,21 \cdot 10^{-4} \cdot t$$

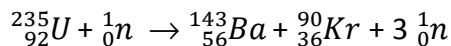
$$N = 0,795 \cdot N_0 \rightarrow N/N_0 = 0,795 \rightarrow \text{tedy } \ln(N/N_0) = \ln 0,795 = -0,23 = -1,21 \cdot 10^{-4} \cdot t$$

t = 1896 let

Jaderné reakce:

1. Štěpné

Při štěpných reakcích atomových jader dochází ke vzniku dvou středně těžkých jader a uvolnění neutronů a velkého množství energie.



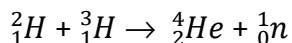
Všimněte si, že rozštěpením jednoho jádra uranu se uvolní 3 neutrony, každý může rozštěpit další jádro uranu atd. Takový neřízený průběh je podstatou jaderného výbuchu.

Jaderná elektrárna koriguje množství uvolněných neutronů tak, aby jaderná reakce byla pod kontrolou. To umožňuje využití uvolněné energie pro výrobu elektrické energie.

2. Termonukleární (fúzní)

Při termonukleárních reakcích vznikají z lehkých jader jádra těžší a uvolňuje se velké množství energie.

Zdroj hvězdné energie.



Jaderné odpady

Jedním z hlavních problémů současné jaderné energetiky je **vyhořelé jaderné** palivo.

S těmito nebezpečnými radioaktivními odpady je možno nakládat v zásadě dvojím způsobem:

1. Ukládání těchto odpadů na **bezpečné úložiště**, které by mělo zajistit, aby se dlouhodobé radioisotopy obsažené ve vyhořelém palivu nedostaly po dobu několika tisíc let do biosféry.

2. Přepřacování vyhořelého jaderného paliva, při němž je jednak možno některé složky vyhořelého jaderného paliva znovu využít, jednak převážnou část dlouhožijících radionuklidů **přeměnit** na jiné isotopy, které by byly buď stabilní, nebo měly podstatně kratší poločasy rozpadu.

On-line test najdete na adrese: (odkaz funguje při současném stisknutí tlačítka Ctrl)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeKYIFRr4xVVfBZBXGkt_ViscreeNaKv7SH0OHZ9JKEGk28gw/viewform