

## Obecná charakteristika radioaktivního záření

Zdroj radioaktivního záření je třeba hledat v postupných změnách jádra radioaktivních prvků, kterými jeden prvek přechází v prvek nový. Radioaktivita je tedy jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy.

Pronikavé záření, vycházející z radioaktivních prvků, se projevuje hlavně trojím způsobem:

- 1) má ionizační schopnost (tj. schopnost vybijet elektricky nabitá tělesa tím, že činí vzduch i jiné plyny vodivými)
- 2) vyvolává za obvyčejné teploty luminiscenci, tj. světélkování některých látek
- 3) působí na fotografickou desku (na místech zasažených radioaktivním zářením je deska po vyvolání zčernalá)

Podrobným studiem záření, které radioaktivní látky vysílají, bylo zjištěno, že lze pozorovat tři různé druhy záření:

- a) málo pronikavé paprsky  $\alpha$
- b) mnohem pronikavější paprsky  $\beta$
- c) neobyčejně pronikavé paprsky  $\gamma$

Záření  $\alpha$  má jen malou pronikavost (zadrží je hliníková folie 0,1 mm tlustá nebo i list papíru), v magnetickém nebo elektrickém poli se jen málo vychyluje (směrem k záporně nabitě desce), má asi 20krát menší rychlost než světlo. V podstatě se jedná o atomy se dvěma kladnými náboji povahy jader heliových atomů (tj. atomů helia zbavených obou elektronů).

Podobně jako částice prachu tak i ionty plynu působí jako kondenzační centra při vylučování kapiček vody ze vzduchu přesyceného vodní párou. Metodou, vypracovanou C. T. R. Wilsonem (1911), lze zviditelnit ionty plynu a tím zároveň i dráhy částic  $\alpha$ , kterými byly ionty vytvořeny (Wilsonova mlžná komora).

Záření  $\beta$  je pronikavější (lze je zachytit až 5 mm tlustým hliníkovým plechem či 1 mm silným olovem) a v magnetickém či elektrickém poli se silně vychyluje (směrem ke kladně nabitě desce). Jedná se o proud elektronů se záporným nábojem. Na rozdíl od paprsků  $\alpha$  jsou paprsky  $\beta$  nehomogenní, neboť jsou tvořeny elektrony různých rychlostí. Jejich rychlost dosahuje 30 až 99 % rychlosti světla.

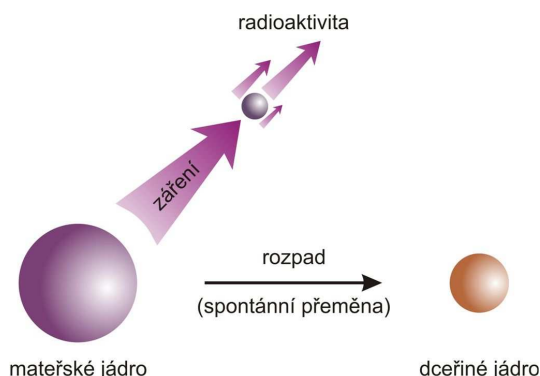
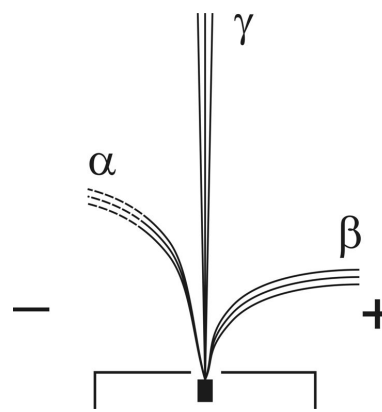
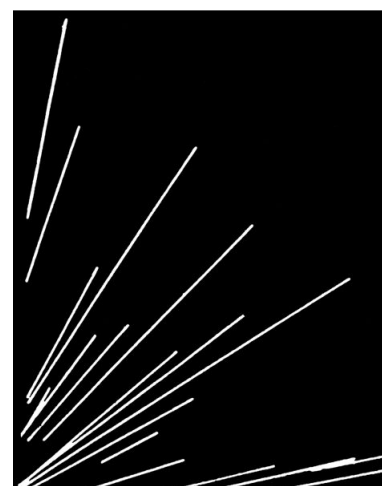


schéma radioaktivní přeměny (mateřské jádro se spontánně přemění na „o něco menší“ jádro dceřiné, přičemž vylétá částice zvaná záření; tato částice záření sebou odnáší rozdíl energií a složení mezi oběma jádry.)



vlastnosti záření v elektrickém poli



dráhy částic  $\alpha$  zviditelněné mlžnými stopami

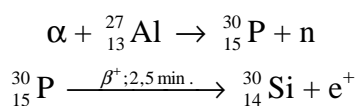
Záření  $\gamma$  je neobyčejně pronikavé a v magnetickém i elektrickém poli se neuchyluje. Nemá tedy náboj a je velmi podobné rentgenovým paprskům s tím rozdílem, že má mnohem kratší vlnovou délku. Svou povahou se jedná o elektromagnetické vlnění.

Radioaktivní paprsky vyvolávají u četných látek světélkování, více či méně výrazné. Sulfid zinečnatý (Sidotovo blejno, ZnS) světélkuje modravě, potřen kyanoplastanem barnatým zeleně, podobně jako minerál willemit ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ). Scheelit ( $\text{CaWO}_4$ ), diamant či fluorit ( $\text{CaF}_2$ ) fluoreskují modře. U mnohých látek přestává světélkování ihned s odstraněním radioaktivního zářiče, jiné světélkují dále – fosforeskují.

Sidotovo blejno fosforeskuje účinkem paprsků  $\beta$  difúzně a světélkování poměrně dlouho doznívá. Světélkování způsobené paprsky  $\alpha$  je ale v této látce prostorově i časově tak ostře vymezeno, že ho lze použít pro počítání jednotlivých vysílaných částic  $\alpha$ , a to pozorováním světelných záblesků jimi vyvolaných. Tyto záblesky se nazývají scintilace (od *scintilla* – jiskra) a lze je jednoduchým způsobem pozorovat v zařízení zkonstruovaném Crookesem, tzv. spinthariskopu. Toto zařízení se stalo velmi oblíbeným suvenýrem mezi návštěvníky Jáchymova.

Při přeměně jader jednoho prvku na jádra jiného prvku dochází buď k transmutaci (u radioaktivity  $\alpha$  a  $\beta$ ), nebo k energetické deexcitaci hladin téhož jádra (radioaktivita  $\gamma$  – izomerní přechod). Radioaktivní přeměna se též nazývá radioaktivní rozpad. Vedle názvu radionuklidu se často používá název radioizotopy (jedná se o určité konkrétní izotopy jader vykazujících radioaktivitu). Látky a předměty obsahující radionuklidy se označují jako radioaktivní zářiče.

Všechny základní poznatky o radioaktivitě byly učiněny zkoumáním radioaktivity přírodní, převážně pozorované u nejtěžších prvků. V r. 1934 manželé Joliot-Curie (Frédéric a Iréne) poprvé zaznamenali uměle vyvolanou radioaktivitu. Když ozařovali hliník paprsky alfa pozorovali, že ozařený hliník vysílá záření i tehdy, když bylo ozařování zastaveno (intenzita jeho záření postupně pohasínala). Jadernou reakcí s částicemi alfa se hliník měnil na radioaktivní fosfor  $^{30}\text{P}$ , který se za vyzáření pozitronu  $e^+$  rozpadl na křemík:



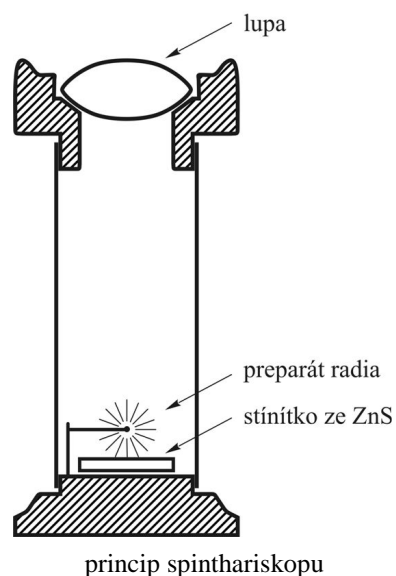
Při uměle vyvolané radioaktivitě tedy vzniká další druh paprsků – záření pozitronové, které je složené z rychlých částic, jejichž hmotnost je rovna hmotnosti elektronů a jejichž náboj je stejně velký, ale opačného znaménka. Emitování kladně nabitých pozitronů se označuje jako rozpad  $\beta^+$ . Setkají-li se elektron a pozitron navzájem se zruší tím, že jejich hmoty přejdou v záření  $\gamma$ . Postupně byla vytvořena celá řada umělých radioizotopů, které vykazovaly všechny druhy radioaktivity – beta plus, beta minus, alfa i gama.

Nyní bychom radioaktivitu  $\alpha$  nazvali heliovou,  $\beta^-$  elektronovou,  $\beta^+$  pozitronovou a  $\gamma$  fotonovou.

Příkladem radioaktivity alfa může být  $\alpha$ -rozpad radia na radon a helium

$${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}.$$

(Předpokládá se, že prakticky veškeré helium vyskytující se na Zemi vzniklo při radioaktivním  $\alpha$ -rozpadu přírodních radionuklidů thoria a uranu.)



princip spinthariskopu

Příkladem radioaktivity beta je  $\beta^-$  přeměna tritia na helium  ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + e^- + \nu'$ , nebo přeměna uhlíku na dusík  ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + e^- + \nu'$  ( $\nu'$  = antineutrino).

Příkladem radioaktivity  $\beta^+$  je pozitronová přeměna uhlíku na bór  ${}^{11}_6\text{C} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + e^+ + \nu$ , nebo fluoru na kyslík  ${}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + e^+ + \nu$  ( $\nu$  = neutrino).

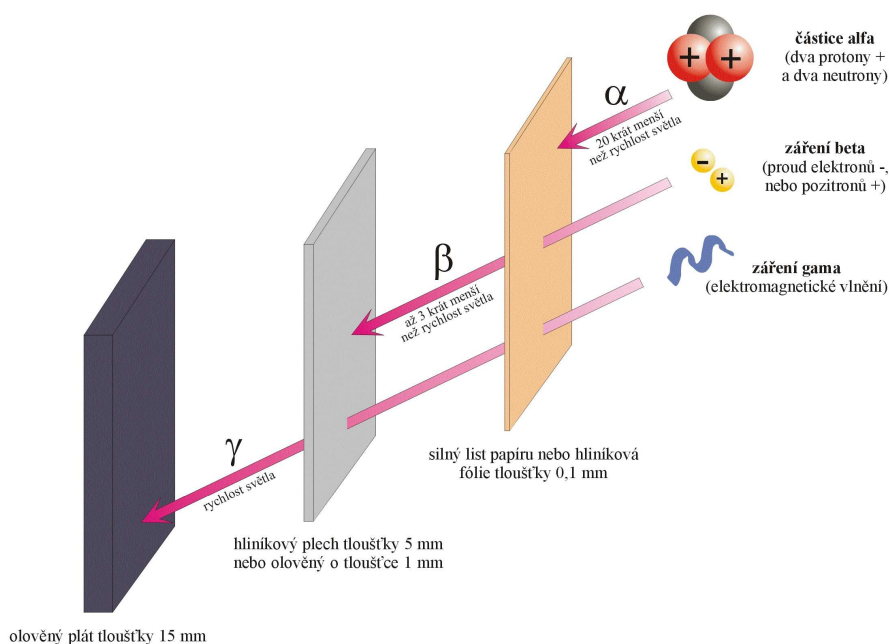
Záření gama je vysokoenergetické elektromagnetické záření vznikající deexcitací vzbuzených hladin atomového jádra. Vzniká ale i při anihilacích částic a antičástic, jakož i při interakcích vysokoenergetických částic. Časově následuje po emisi korpuskulárního záření při vlastní jaderné přeměně. Většina radionuklidů jsou zářiče smíšené – buď  $\alpha + \gamma$  nebo  $\beta + \gamma$ . Čistě zářiče  $\gamma$  v přírodě neexistují!

Vysokoenergetická oblast elektromagnetického záření je tvořena zářením X (rentgenovým) a zářením gama. Z hlediska spektrální klasifikace leží  $\gamma$ -záření energeticky za oblastí záření X, směrem k vyšším energiím a krátkým vlnovým délkám. Obě tato záření mají stejnou fyzikální povahu (fotonové záření) a do značné míry podobné vlastnosti, mohou se lišit způsobem svého vzniku.

Zářením  $\gamma$  se nazývá fotonové záření vznikající v atomových jádrech (při deexcitaci vzbuzených jaderných hladin) – a to i v případě, když má nízkou energii několika keV.

Zářením X se nazývá záření vznikající přeskoky elektronů mezi vnitřními hladinami v atomovém obalu a brzdné záření elektronů – i tehdy, když má poměrně vyšší energii (desítky a stovky keV).

Všechny druhy radioaktivity doprovází teplo. Je to logické, neboť při radioaktivní přeměně vyletí z jádra velkou rychlostí částice záření. Podle zákona akce a reakce tím bude vlastně celý atom „odmrštěn“ opačným směrem – bude mu udělena kinetická energie pohybu. Při každé další a další radioaktivní přeměně se takto budou rozkmitávat atomy látky na větší a větší kinetickou energii, takže radioaktivní látka se bude zahřívat. Teplo uvolňované radioaktivním rozpadem přírodních radionuklidů (uranu  ${}^{235,238}\text{U}$ , thoria  ${}^{232}\text{Th}$  a draslíku  ${}^{40}\text{K}$ ) je patrně důležitým zdrojem geotermální energie, zahřívající nitro Země.



základní druhy záření