

**Antoine Henri Becquerel**  
(1852 - 1908),  
francouzský fyzik



**Marie Curie-Sklodovská**  
(1867 - 1934) se svým  
manželem **Pierre Curie**  
(1859 - 1906)



**Irène Joliot-Curie**  
(1897 - 1956),  
francouzská vědkyně

**Pozitron  $e^+$  je antičástice elektronu  $e^-$**  (má obdobný charakter, ale opačný náboj).

## 2.2.1 Radioaktivita

Ve 2. polovině 19. století pozoroval francouzský fyzik Henri Becquerel fluorescenci **uranových solí**. Na rozdíl od dříve zjištěných poznatků o rentgenovém záření, tyto soli vyzařovaly záření bez dodání elektrické energie či předchozího osvětlení. Toto záření bylo označeno za **přírozenou radioaktivitu**.

Na Becquerelovy poznatky dále navázali manželé **Marie Curie-Sklodovská** a **Pierre Curie**. Ti si povšimli, že popsané záření nevydávají pouze soli uranu, ale také třeba thoria. Postupně zjistili, že prvků vydávajících toto neviditelné radioaktivní záření je podstatně více. Během roku 1898 izolovali ze smolince (ruda uranu, která byla dovážena z českého Jáchymova) nový chemický prvek, který Marie Curie-Sklodovská pojmenovala **polonium** po své rodné zemi (Polsku). Později objevili i **radium**, jako další nový chemický prvek. Pojmenován byl podle své vlastnosti vyzařovat radioaktivní záření.

Ve stopách svých rodičů dále pokračovala **Irène Joliot-Curie**, která ostřelovala atomy hliníku, hořčíku a boru částicemi  $\alpha$  (kladně nabitá jádra helia). Zjistila, že tyto prvky začaly vyzařovat neviditelné radioaktivní záření až na základě jejich ostřelování. Tento jev byl označen jako **umělá radioaktivita**, neboť byl vznik radioaktivního záření uměle vyvolán.

**Radioaktivita** je jev, při kterém dochází k **rozpadu atomových jader** za současného uvolnění neviditelného (radioaktivního) záření. Jelikož dochází k rozpadu atomových jader, přičemž se mění počty obsažených protonů v daných atomech, dochází k přeměně chemického prvku na jiný.

Podle charakteru **radioaktivního záření** se rozlišují jeho typy  $\alpha$  (alfa),  $\beta^-$  (beta minus),  $\beta^+$  (beta plus) a  $\gamma$  (gama).

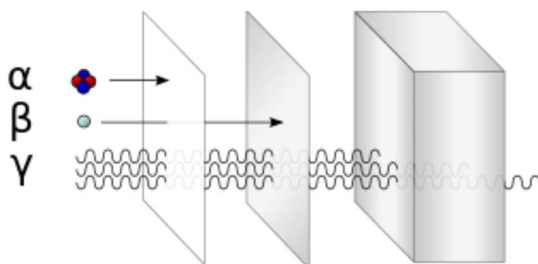
**Záření  $\alpha$**  je tvořeno kladně nabitými jádry helia, které se pohybují až 10 % rychlosti světla ve vakuu. Toto záření je nejméně pronikavé, lze ho odstínit listem papíru či tenkou hliníkovou folií. Navzdory své pronikavosti má silné ionizační účinky na krátké vzdálenosti - lidské tkáně dokáže závažně poškodit až ve chvíli, kdy člověk požije nějaký  $\alpha$  zářič. Při uvolnění záření  $\alpha$  se snižuje protonové číslo nového prvku o 2 jednotky a nukleonové o 4 jednotky.

**Záření  $\beta$**  je středně pronikavé (až 100x více, než záření  $\alpha$ ), lze ho odstínit například pomocí 1 cm silného plexiskla. Toto záření se dále dělí na  $\beta^-$  a  $\beta^+$ .

**Záření  $\beta^-$**  je doprovázeno přeměnou neutronu  $n^0$  na proton  $p^+$ , elektron  $e^-$  a antineutrino.

**Záření  $\beta^+$**  je doprovázeno přeměnou protonu  $p^+$  na pozitron  $e^+$  a neutrino.

**Záření  $\gamma$**  je elektromagnetické záření. Toto záření je nejvíce pronikavé, zastavit ho lze až pomocí dostatečně silné desky olova či betonu.



Obr. 2.8 Pronikavost záření  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  skrz papír, hliníkovou folii a betonovou desku.

Tab. 2.2 Přehled radioaktivních přeměn

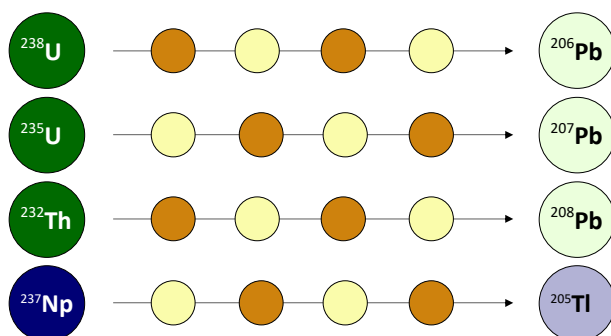
Typ záření	Obecná rovnice	Příklad
Alfa	${}_Z^AX \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{Z-2}^{A-4}Y$	${}_{78}^{192}\text{Pt} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{76}^{188}\text{Os}$
Beta -	${}_Z^AX \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{Z+1}^AY$	${}_{26}^{58}\text{Fe} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{27}^{58}\text{Co}$
Beta +	${}_Z^AX \rightarrow {}_1^0e + {}_{Z-1}^AY$	${}_{9}^{18}\text{F} \rightarrow {}_1^0e + {}_{8}^{18}\text{O}$

Radioaktivní záření je přítomné v bezprostřední blízkosti člověka nepřetržitě. Přibližně 78 % tohoto záření pochází z **vesmíru**, 21 % má svůj původ ve **zdravotnictví** a 1 % tvoří přírodní **radionuklidy** ( ${}^3\text{H}$ ,  ${}^{14}\text{C}$ ,  ${}^{40}\text{K}$ ).

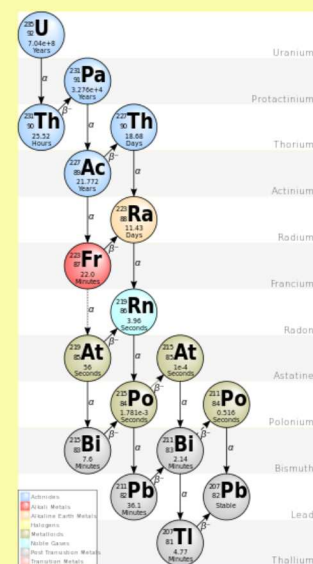
Při vyšších dávkách může být radioaktivní záření **mutagenní** (způsobovat mutaci), **karcinogenní** (způsobovat rakovinu) či **teratogenní** (poškozovat plod).

K radioaktivním rozpadům chemických prvků nedochází zcela nahodile, ale probíhají dle předem daných zákonitostí. Posloupnosti rozpadů jednotlivých prvků se nazývají **rozpadové řady**. Existují **3 přirozené** rozpadové řady (uran-radiová, uran-aktiniová, thoriová) a **1 umělá** rozpadová řada (neptuniová).

- **Uran-radiová** rozpadová řada začíná uranem  ${}^{238}\text{U}$  a končí olovem  ${}^{206}\text{Pb}$ .
- **Uran-aktiniová** rozpadová řada začíná uranem  ${}^{235}\text{U}$  a končí olovem  ${}^{207}\text{Pb}$ .
- **Thoriová** rozpadová řada začíná thoriem  ${}^{232}\text{Th}$  a končí olovem  ${}^{208}\text{Pb}$ .
- **Neptuniová** rozpadová řada začíná neptuniem  ${}^{237}\text{Np}$  a končí thalliem  ${}^{205}\text{Tl}$ .

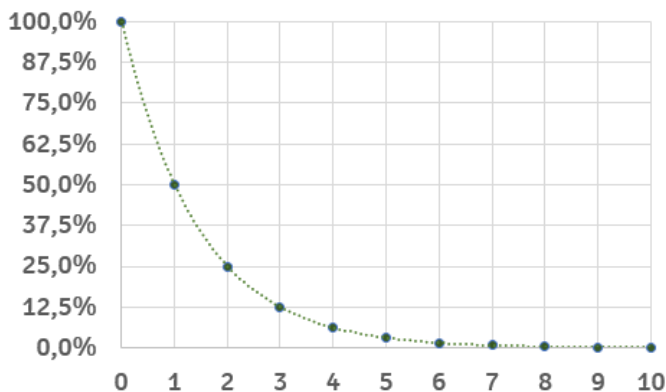


Obr. 2.9 Schéma rozpadových řad



Ukázka posloupnosti vzniku jednotlivých radionuklidů v rámci **uran-aktiniové rozpadové řady**.

Rychlosti radioaktivních přeměn jednotlivých radionuklidů nejsou konstantní, ale závislé na konkrétním nuklidu. Velikost udávající rychlost radioaktivního rozpadu se nazývá **poločás rozpadu  $\tau$** . Jedná se o čas, za který se rozpadne polovina přítomných jader radioaktivního nuklidu. Po uplynutí 1 poločasu rozpadu je tak vzorek tvořen **polovinou** původního radionuklidu, po uplynutí 2 poločasů rozpadu jen čtvrtinou původního radionuklidu apod., jak znázorňuje graf 2.10.



**Graf 2.10** Graf závislosti procenta zastoupení atomů původního radionuklidu ve vzorku na počtu uplynulých poločasů rozpadu

Graf závislosti procenta zbývajících původního radionuklidu  $N$  (%) na počtu uplynulých poločasů rozpadu  $n(\tau)$  má funkční předpis  $N(\%) = (0,5)^{n(\tau)} \cdot 100\%$  a jedná se o **exponenciální závislost**.

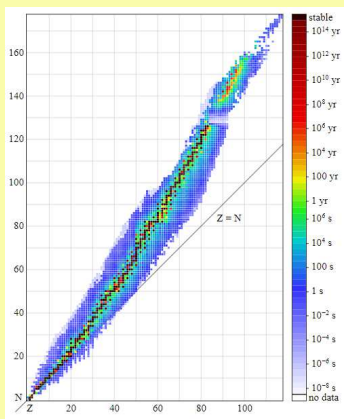
Poločasy rozpadů jednotlivých radionuklidů jsou velmi odlišné. Zatímco nuklid **beryllia  $^8\text{Be}$**  má poločas rozpadu  **$6,7 \cdot 10^{-17}$  sekundy**, v případě nuklidu **uranu  $^{238}\text{U}$**  to je **4,468 miliard let**.

Tendenci podléhat radioaktivním přeměnám mají především „**těžká jádra**“, tj. taková, která obsahují ztelně větší množství neutronů, než protonů. Pro prvky s protonovým číslem do 20 mají tendenci se rozpadat jádra, která mají poměr mezi počtem protonů a neutronů větší, než **1:1** (např. radioaktivní nuklid vodíku  $^3\text{H}$  obsahuje 1 proton a 2 neutrony). Pro prvky s vyšším protonovým číslem, než 20, platí, že tendenci podléhat radioaktivní přeměně mívají prvky s poměrem počtu protonů a neutronů větším, než **2:3** (např. radioaktivní nuklid uranu  $^{238}\text{U}$  obsahuje 92 protonů a 146 neutronů, tj. poměr cca 2:3,2).

Radioaktivita nachází široké uplatnění v **jaderné energetice**, v **potravinářství** (ozařované potraviny mají delší životnost), v **medicině** (například při léčbě rakoviny), v **archeologii** (tzv. radiouhlíková metoda sloužící pro zjištění stáří živočišných objektů založená na měření přítomnosti radionuklidu uhlíku  $^{14}\text{C}$ ) a dalších odvětvích. Nebezpečným využitím jsou **jaderné zbraně**, které byly doposud proti člověku použity pouze dvě - v srpnu 1945 byly svrženy jaderné bomby pojmenované „Little Boy“ a „Fat Man“ na japonská města Hirošima a Nagasaki.

### OTÁZKY A ÚLOHY:

- Napište rovnice radioaktivních přeměn  $\alpha$  u nuklidů  $^{232}\text{U}$ ,  $^{224}\text{Ra}$  a  $^{212}\text{Po}$ ; přeměn  $\beta^-$  u nuklidů  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{212}\text{Pb}$  a  $^{208}\text{Tl}$ ; přeměn  $\beta^+$  u nuklidů  $^{381}\text{Kr}$ ,  $^{30}\text{P}$  a  $^{23}\text{Mg}$ .
- Rozhodněte, které z uvedených nuklidů mají předpoklad být radioaktivní:  $^{14}\text{C}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{127}\text{I}$ ,  $^{241}\text{Am}$  a  $^{235}\text{U}$ .
- Kolik se nachází na území ČR jaderných elektráren a jak se nazývají?



Tento graf závislosti počtu neutronů na počtu protonů v jádře se nazývá **řeka stability** a vykresluje, které nuklidy mají radioaktivní vlastnosti.



Letecký snímek **Jaderné elektrárny Dukovany** nacházející se na Třebíčsku.