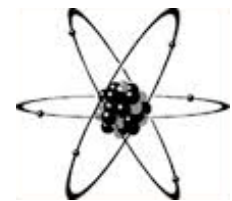


Fyzika Zeme

- Úvodný kurz pre poslucháčov prvého ročníka bakalárskych programov v rámci odboru geológie
- 9. prednáška – atómová fyzika a rádioaktivita



Obsah prednášky:

- stavba atómu: historický vývoj
- elementárne častice, jadrové sily
- jadrové reakcie, väzbová energia jadra
- rádioaktivita – rádioaktívne premeny, žiarenie
- zákon rádioaktívnej premeny, rozpadové rady
- využitie merania rádioaktivity v geológii

Atómová fyzika – historický vývoj (1/11)

6.stor. pred Kristom - **Democritus**, spolu s **Leucippusom** a **Epicurusom** (starí grécki filozofi spred Sokrata) - pohľad na štruktúru hmoty; kde prvý krát použili pojem **atoma**, (grécke slovo pre „nedeliteľný“),

2. stor. pred Kristom - text filozofickej školy **Vaisheshika** (India),

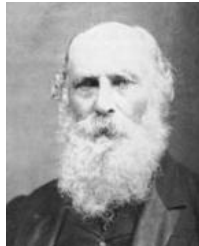
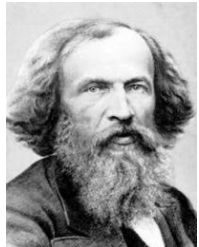
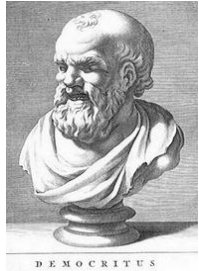
18. stor. – britský chemik a fyzik **John Dalton** – zaviedol pojem **atóm** pre základnú jednotku chemických prvkov,

19. stor. – viaceré dôležité objavy: atómy sú stabilné objekty; majú svoju vnútornú štruktúru ; boli odhadnuté ich rozmery,

1869 – periodický systém prvkov - **Dmitriev Mendeleev** (veľký krok)

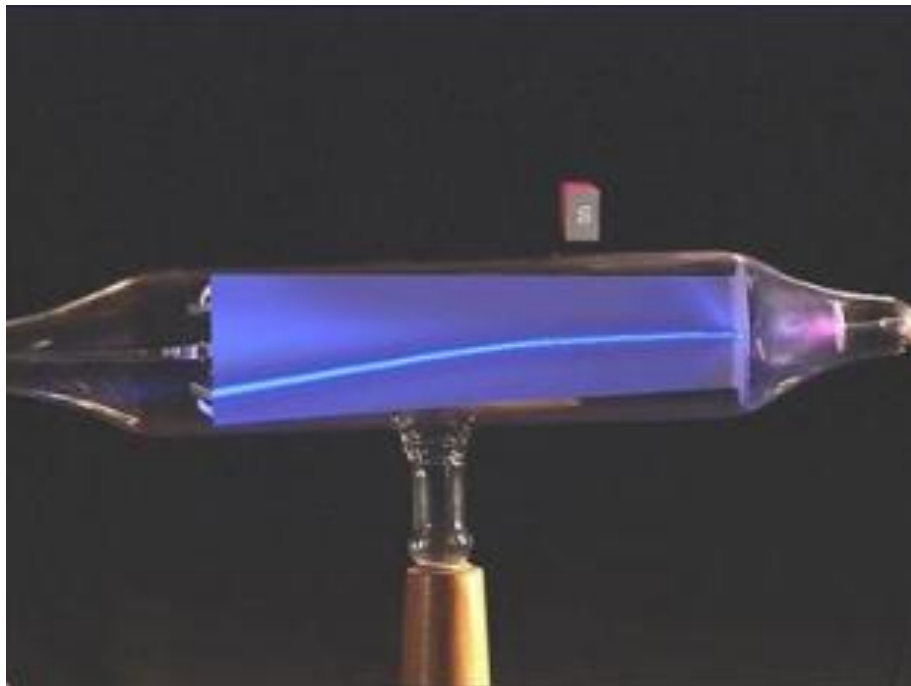
1891 – zavedenie pojmu **elektrón** - **G.J. Stoney**, anglo-írsky fyzik, ako základnej častice pre elektrinu, ako prvý odhadol jeho elementárny náboj e , (avšak si myslel, že elektrón je pevne naviazaný na atóm a nemôže sa voľne pohybovať),

1897 – britský fyzik **J.J. Thomson** ukázal, že katódové lúče sú zložené z negatívne nabitých častíc a taktiež ich nazval elektrónmi (keďže atómy sú elektricky neutrálne, musia obsahovať aj kladne nabitú zložku).



Atómová fyzika – historický vývoj (2/11)

J. J. Thomsonov pokus z 1897:
(okrem iného aj odhadol hmotnosť elektrónu)



katódové lúče (voľné elektróny) menia smer pôsobením
permanentného magnetu

experiment:

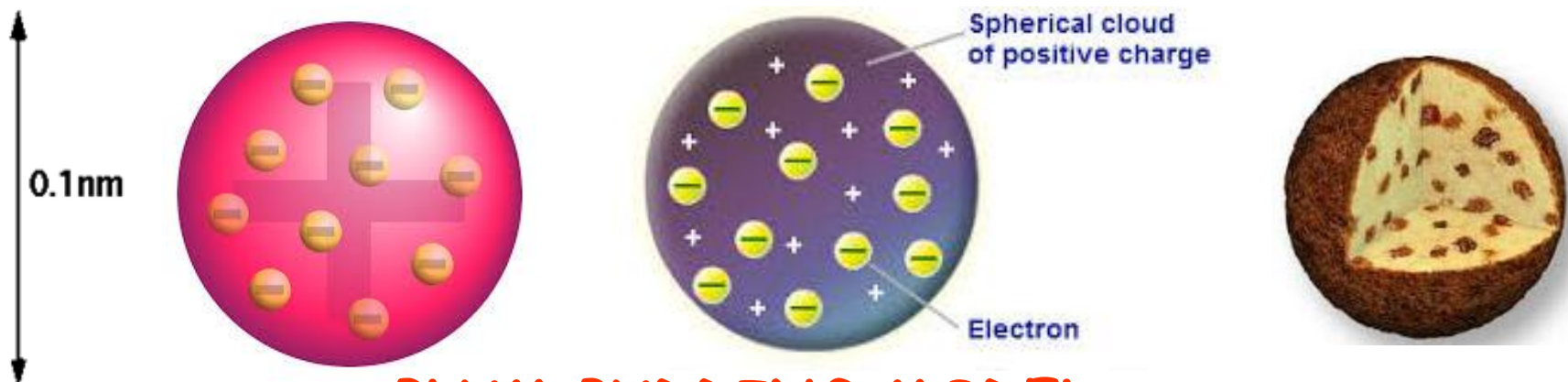
<https://www.youtube.com/watch?v=O9Goyscbazk>

Atómová fyzika – historický vývoj (3/11)

J. J. Thomsonov model atómu z 1904:
tzv. **plum pudding model** (pudingový)



Jeden z prvých modelov atómu – v elastickej guli sú **rovnomerne rozmiestnené elektróny**, okolo ktorých sa nachádza kladne nabitá „polievka“ – ako hrozienka v pudingu alebo koláči.



PLUM PUDDING MODEL

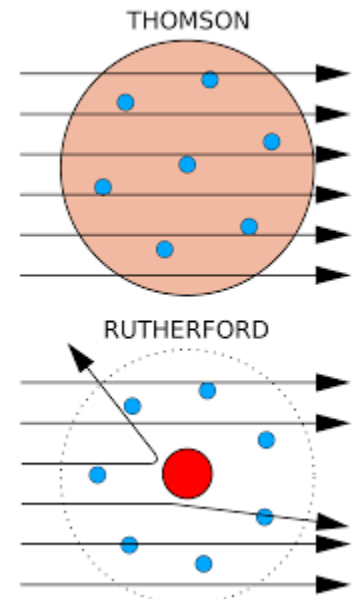
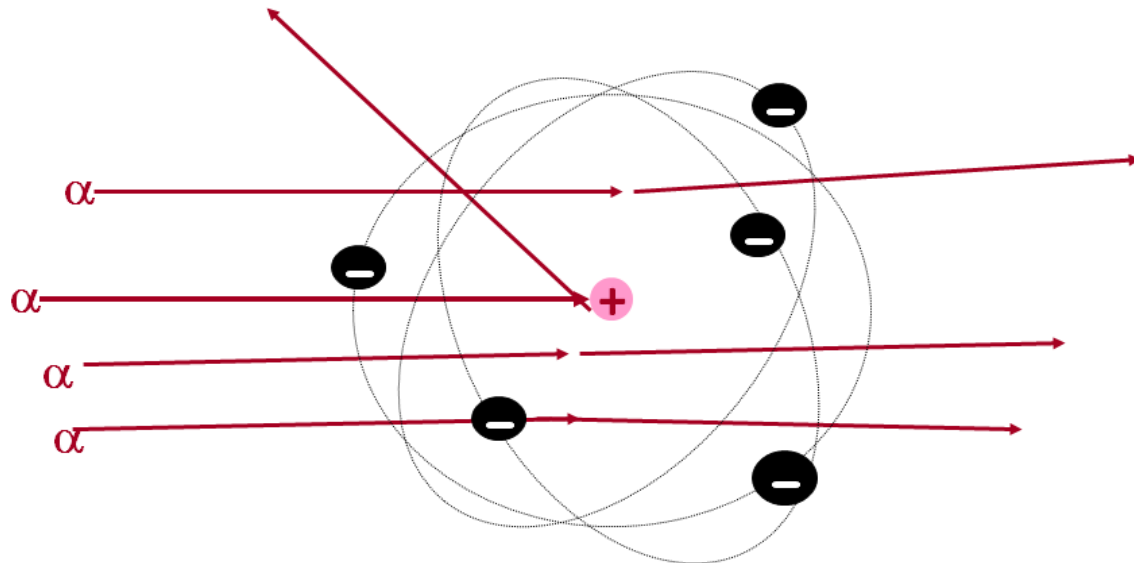
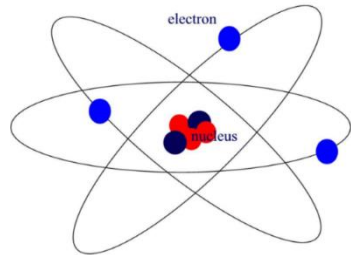
prvé odhady rozmeru atómu: na úrovni $0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$

Atómová fyzika – historický vývoj (4/11)

Model atómu od **Ernesta Rutherforda** z 1911:
tzv. **planetárny** (nukleárny) model

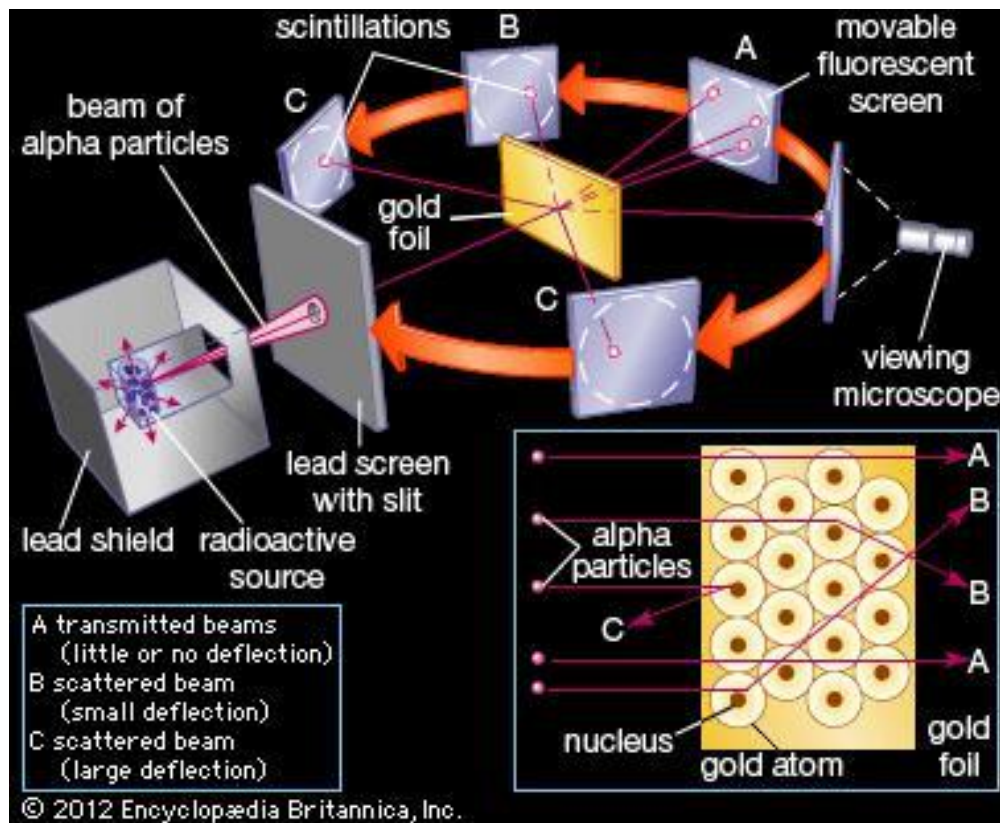


1911 **Ernest Rutherford** prezentoval známy **pokus so zlatou fóliou** (pokus realizovali jeho spolupracovníci Hans Geiger a Ernest Marsden), ktorú ostrelovali prúdom alfa-častíc, pričom niekoľko z nich sa odrazilo späť (tým vyvrátili Thomsonov model atómu). Rutherford interpretoval výsledok tohto pokusu tak, že atóm musí mať hmotu skoncentrovanú v jeho strede – **v jadre**.



Atómová fyzika – historický vývoj (5/11)

Model atómu od **Ernesta Rutherforda** z 1911:
tzv. **planetárny** (nukleárny) model

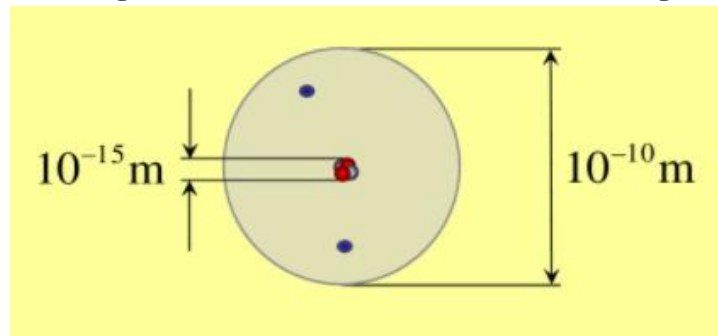


Rutherford zistil, že približne alfa častice s násobkami 10,000 sú odrážané späť, a tak odhadol veľkosť jadra na cca 10^{-14} až 10^{-15} m.

experiment reconstruction:

<https://www.youtube.com/watch?v=XBqHkraf8iE>

Atómová fyzika – historický vývoj (6/11)



štadión amerického fotbalu



atóm

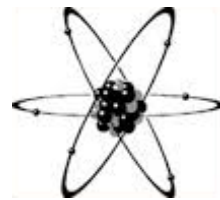
golfová loptička



jadro

(99.97% hmotnosti atómu)

Atómová fyzika – historický vývoj (7/11)

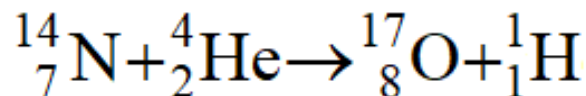
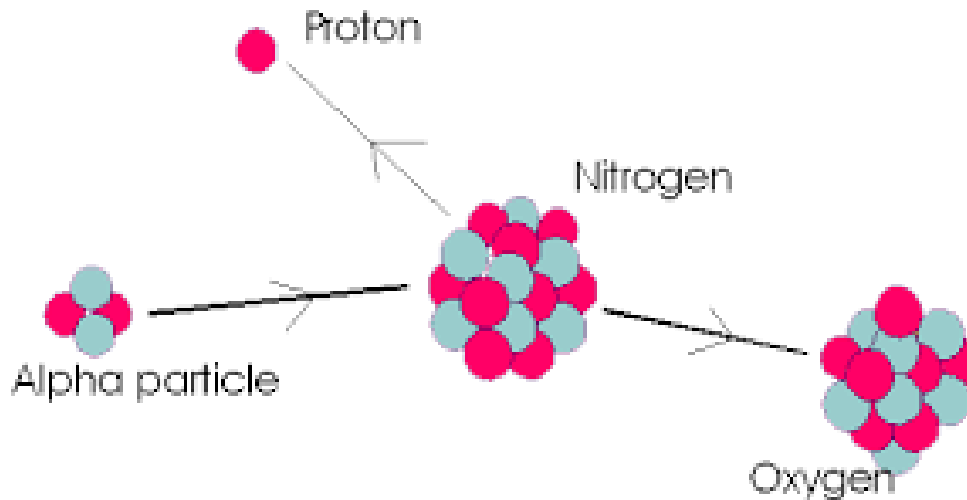


- rádioaktivita prvkov naznačovala, že jadro nie je jednoduché, ale má vnútornú štruktúru,
- 1904: Rutherford a Sody zistili, že rádioaktivita je spojená s premenou prvkov, začalo byť zrejmé, že **rádioaktivita je vlastnosťou jadier**,
- 1911: Rutherford zavádza pojem atómového jadra,
- 1919-1920: Rutherford zistil, že pri ostreľovaní jadier časticami α vznikajú častice ľahšie ako α a nazval ich **PROTÓNY**,
- 1920: Rutherford vyslovil hypotézu, že v jadrách sú okrem protónov aj neutrálne častice a dal im názov **NEUTRÓNY** – dokázané boli neskôr angl. fyzikom Chadwickom v r. 1932,
- 1932: Heisenberg a Ivanenko vyslovili hypotézu, že jadrá sú tvorené protónmi a neutrónmi – dostali spoločný názov **NUKLEÓNY**.

Atómová fyzika – historický vývoj (8/11)

Protóny:

Začiatkom roku 1920 Rutherford a ďalší vykonali množstvo pokusov s transmutáciou (vznik iného atómu po ostreľovaní alfa časticami – jadrami hélia). Vo väčšine prípadov boli popri tom emitované vodíkové jadrá. Tieto museli teda hrať v stavbe atómov veľmi dôležitú úlohu (boli **kladne nabité**) – neskôr ich v tomto roku nazvali ako **protóny**.

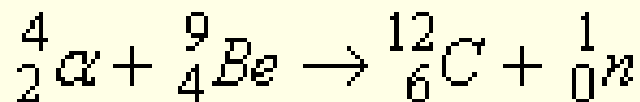
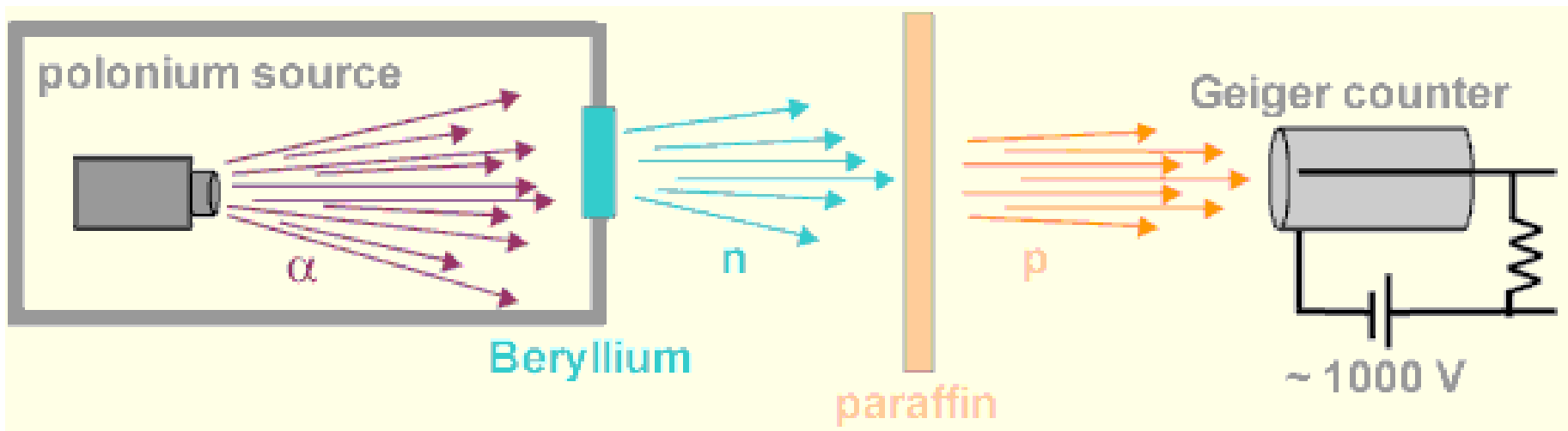


Atómová fyzika – historický vývoj (9/11)

Neutróny:

V roku 1920, Ernest Rutherford vyslovil tóriu, že v jadre sa musia nachádzať aj ďalšie častice, ale bez náboja (neutrálne). Vyplývalo to z nezrovnalosti medzi rovnosťou počtu elektrónov = protónov a celkovou atómovou hmotnosťou niektorých atómov.

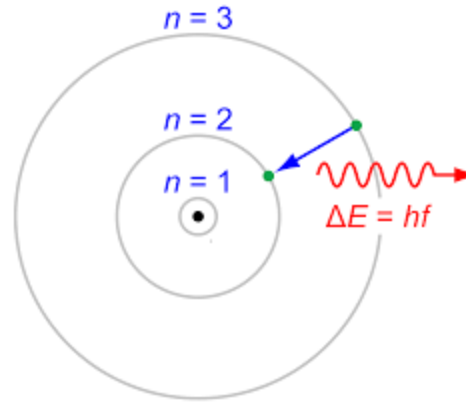
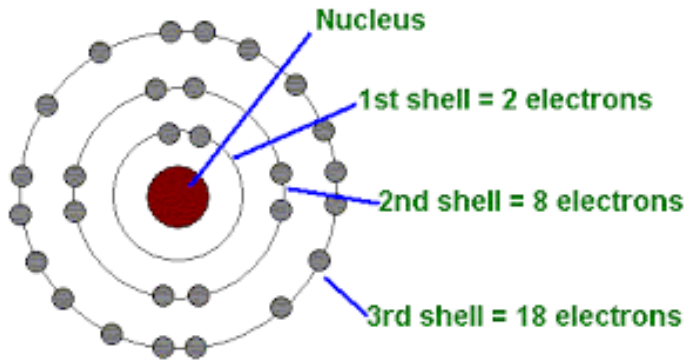
Experiment v 1930 ukázal, že berýlium, bombardované alfa časticami emituje prúd častíc s vysokou energiou. V roku 1932 J. Chadwick nazval túto časticu ako Rutherfordov **neutrón**.



Atómová fyzika – historický vývoj (10/11)

Dôležitý posun – Bohrov model atómu:

1913: **Niels Bohr** prezentoval model atómu (s kvantovými vlastnosťami). Tento model vyriešil hlavné protiklady, vyplývajúce z EM interpretácie Rutherford. modelu.

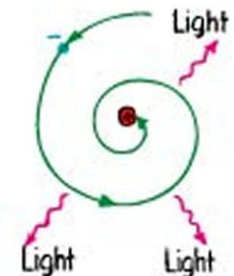


Základné vlastnosti Bohrovho modelu:

1. Elektróny sa pohybujú po stacionárnych dráhach (v diskretných vzdialenostiach od jadra) bez straty energie.
2. Elektrón stráca alebo získava energiu po kvantách a to iba pri prechode z jednej energetickej hladiny na inú. Kvantum energie sa popisuje pomocou Planckovej konštanty h .
3. Je presne určené, ktorá hladina môže obsahovať koľko elektrónov.
4. Spoľahlivo vysvetlil atóm vodíka, bol však použitý aj na ďalšie.

Aký bol vlastné problém pri EM interpretácii...?

Ten, že Rutherfordov model by vydržal asi tak 10^{-12} sekundy... (elektrón by bol pritiahnutý kladne nabitým jadrom...)

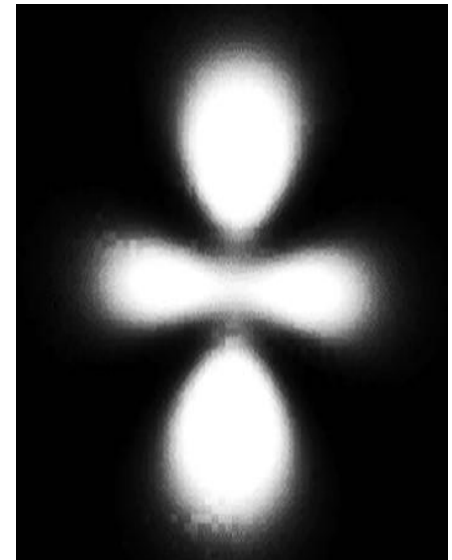
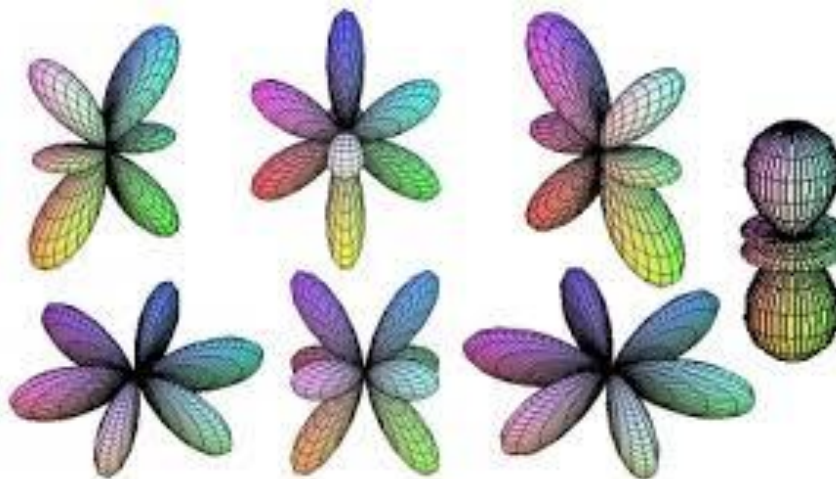


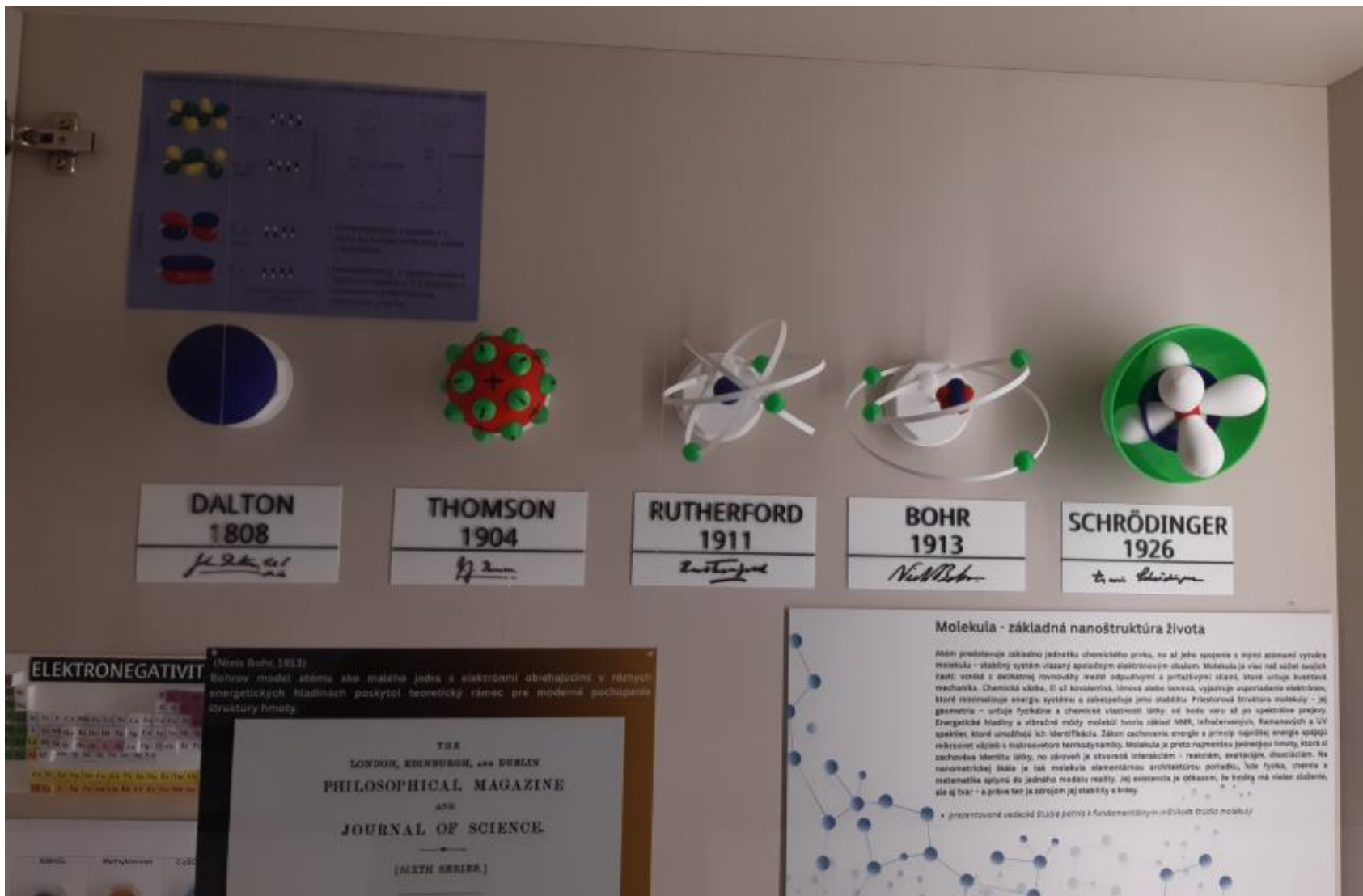
Atómová fyzika – historický vývoj (11/11)

Kvantovo-mechanický model atómu:

- 1925-1926 – nemecký fyzik **W. Heisenberg** a rakúsky fyzik **E. Schrödinger** založili novú fyzikálnu teóriu – tzv. **kvantovú mechaniku**:

- existujú mikroobjekty, ktoré majú aj časticové aj vlnové vlastnosti a ich stav popisuje tzv. vlnová funkcia $\psi(x,y,z,t)$,
- kvantovo-mechanický model: je to vlastne matematický pravdepodobnostný model





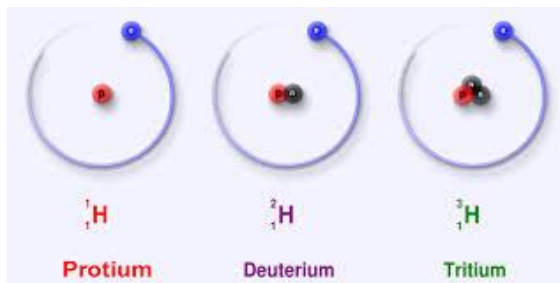
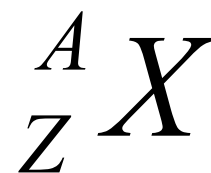
nájdi uvedené modely atómov na našej fakulte...

Atóm - základné charakteristiky:

	atóm	jadro	protón	neutrón	elektrón
priemer	10^{-10} m	10^{-15} m	-	-	-
hmotnosť	10^{-27} kg	$\approx 10^{-27}$ kg	$\cong 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg	$\cong 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg	$\cong 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
náboj	0	+ Z·e	$+1,602 \cdot 10^{-19}$ C	0	$-1,602 \cdot 10^{-19}$ C

Počet protónov v jadre udáva **protónové číslo** Z, počet neutrónov v jadre udáva **neutrónové číslo** N a počet nukleónov v jadre je **nukleónové číslo** A.

- chemický prvok – látka, ktorej všetky atómy majú rovnaké Z,
- nuklid – látka, ktorej všetky atómy majú rovnaké Z a aj A,
- izotopy – rôzne nuklidy toho istého chemického prvku s rovnakým protónovým, ale rozdielnym nukleónovým číslom (napr. ^{12}C a ^{14}C),



SLOVENSKÝ NÁZOV	VODÍK
LATINSKÝ NÁZOV	HYDROGENIUM
RELATÍVNA ATÓMOVÁ HMOTNOSŤ	1,008
ZNAČKA PRVKU	H
PROTÓNOVÉ ČÍSLO	1
PAULINGOVA ELEKTRONEGATIVITA	2,1
OXIDAČNÉ ČÍSLA	-1,1

Jadrové sily:

- 1) odpudivé elektrické sily medzi protónmi (vychádza z elektromagn. interakcie)
 - sú slabé,
- 2) príťažlivé (gravitačné) sily medzi nukleónmi:
 - sú krátkodosahové (do vzdialenosti 10^{-15} m),
 - sú nezávislé od elektrického náboja, t.j. sú rovnaké medzi p-p, n-n aj p-n,
 - sú nasýtené – nukleón pôsobí iba na istý počet najbližších nukleónov, nie na všetky,
- 3) **silná interakcia** - drží pohromade nukleóny, pôsobí iba v jadre atómov – na relatívne malé vzdialenosti (femtometre, 10^{-15} m)
 - 1932: Heisenberg – hypotéza, že sily sú výmenné = nukleóny si vymieňajú isté častice (menšie ako nukleóny),
 - 1960: Začala sa „nabúravat“ teória o tom, že nukleóny sú elementárne častice (nedeliteľné). A začala sa éra kvarkov... a zavedenie tzv. **slabej interakcie**.

Poznámka: Silové interakcie definované v súčasnej fyzike

1. Gravitačná interakcia: pôsobenie hmotných telies navzájom
2. Elektro-magnetická interakcia: pôsobenie elektricky nabitých a zmagnetizovaných častíc (telies)
3. Silná interakcia: vzájomné pôsobenie medzi protónmi a neutrónmi (väčšia mierka) a kvarky a gluóny (menšia mierka)
4. Slabá interakcia: sily, ktorými pôsobia ľahké elementárne častice (leptóny) medzi sebou, má krátky dosah

Jadrové premeny a reakcie:

- **jadrová premena** = proces zmeny v jadre, ktorý nastáva samovoľne alebo vonkajším zásahom,
- **jadrová reakcia** = jadrová premena vyvolaná interakciou jadier navzájom alebo s inými mikročasticami (napr. ostreľovaním jadra urýchlenými mikročasticami),

- platia zákony zachovania:

zákon zachovania hmotnosti a energie,

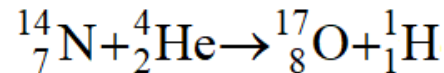
zákon zachovania elektrického náboja,

zákon zachovania počtu nukleónov,

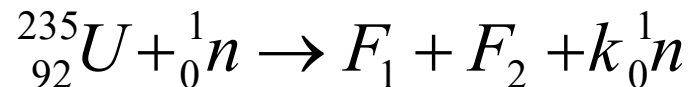
zákon zachovania hybnosti,

Delenie jadrových reakcií podľa priebehu:

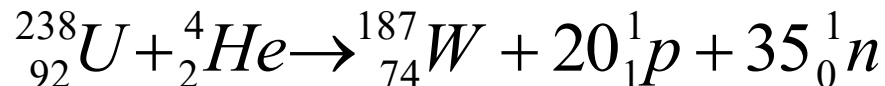
transmutácia = Z a A nového vzniknutého jadra sa iba málo líši od terčového jadra



štiepenie = terčové jadro sa rozštiepi na 2 jadrá, ktorých Z a A sa výrazne odlišujú od terčového



trieštenie = terčové jadro sa rozpadne na veľa častíc a nové jadro, ktoré sa podstatne líši od terčového



Väzbová energia jadra:

- pri vzniku jadra pôsobia medzi nukleónmi príťažlivé sily, ktoré konajú prácu, preto sa pri zmene energia sústavy nukleónov zmenší,
- zmenšeniu energie ΔE zodpovedá podľa Einsteinovho vzťahu zmenšenie hmotnosti Δm : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$, kde c je rýchlosť svetla (bolo dokázané presnými meraniami),
- presné merania dokázali, že existuje **hmotnostný úbytok jadra**, t.j. že pokojová hmotnosť jadra m_j je vždy menšia ako súčet pokojových hmotností nukleónov



Väzbová energia jadra:

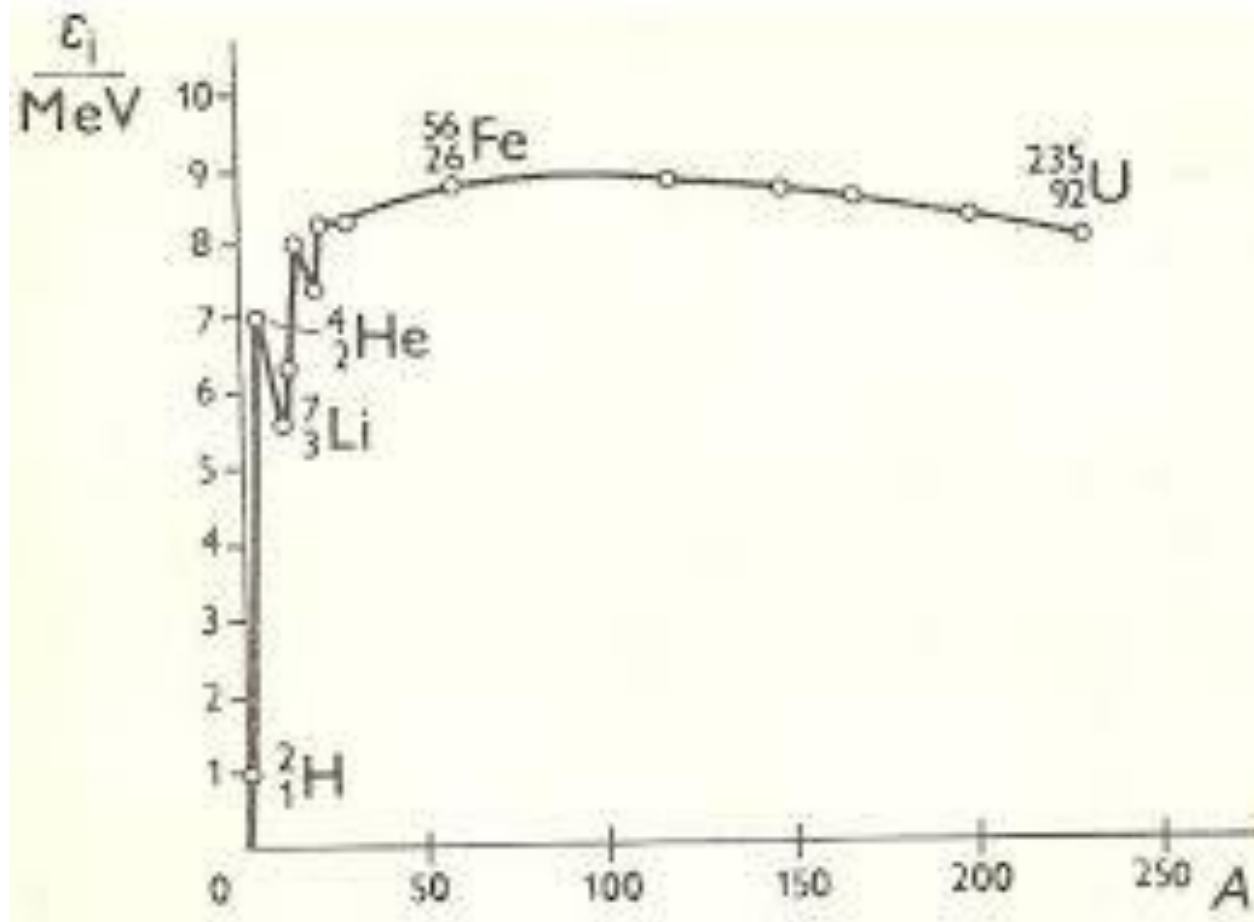
- zo znalostí o pokojovej hmotnosti vyplýva, že **pri vzniku jadra z jednotlivých nukleónov** sa uvolňuje energia → celková energia E_j , ktorá sa uvoľní pri vytváraní jadra, sa nazýva väzbová energia jadra
- platí aj opačne, že túto energiu treba dodať na rozloženie jadra na jednotlivé nukleóny (uvádza sa v jednotkách MeV na 1 nukleón daného prvku, označuje často ako ε)
- veľkosť väzbovej energie: od 2,23 MeV u najľahšieho deuterónnia po 1640 MeV pre najťažšie stabilné jadro $_{83}\text{Bi}^{209}$ (napr.: väzbová energia pre H je 13,6 MeV).

Pozn.: **Elektrónvolt** (značka eV) je fyzikálna jednotka energie. Jeden elektrónvolt je rovný kinetickej energii, ktorú získa jeden neviazaný elektrón pri prechode medzi dvomi bodmi s rozdielom elektrostatického potenciálu rovným jednému voltu, vo vákuu.

$1 \text{ eV} = 1,602\,176\,53 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (veľmi malé množstvo energie)

$(1 \text{ MeV} = 3,83 \cdot 10^{-17} \text{ kcal}).$

Väzbová energia jadra:



Napr. typická väzbová energia 8 MeV/nukleón = $1,85 \cdot 10^{11}$ kcal/kg

Pre porovnanie: výparné teplo vody = 540 kcal/kg,

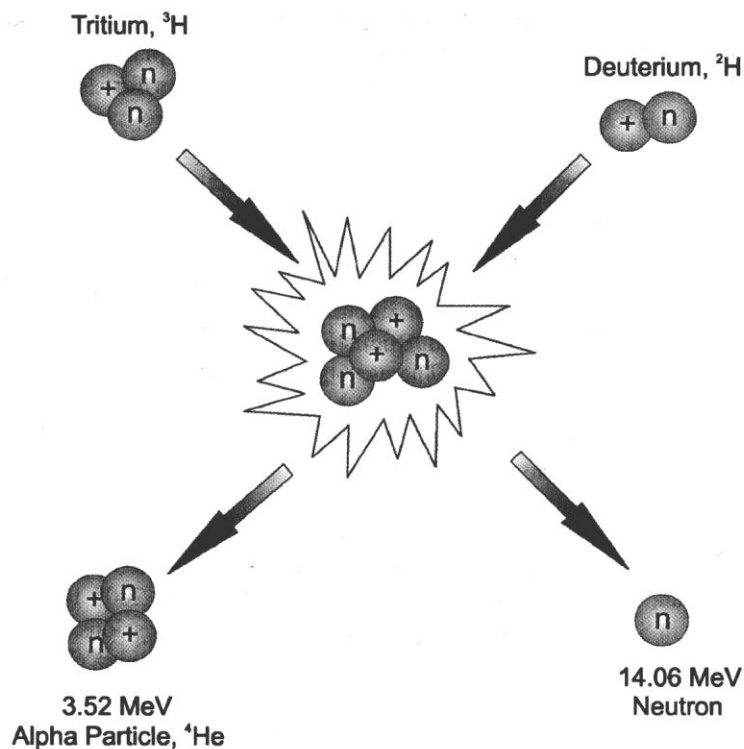
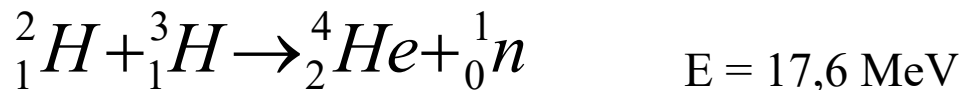
teplo zo spaľovania benzínu = $1,13 \cdot 10^4$ kcal/kg.

Jadrové premeny ako zdroj energie (fúzia a štiepenie):

- jadrová energia = energia uvoľnená pri jadrovej reakcii, čo nastáva vtedy, ak vznikajúce jadrá majú väčšie väzbové energie ako jadrá vstupujúce do reakcie,

Spôsoby uvoľnenia jadrovej energie:

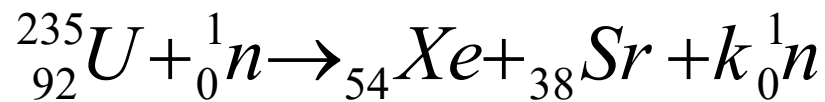
1. **Syntéza ľahkých jadier (fussion)** = jadrová reakcia, pri ktorej sa spoja jadrá s malým A, pričom vznikne jadro s väčším A.



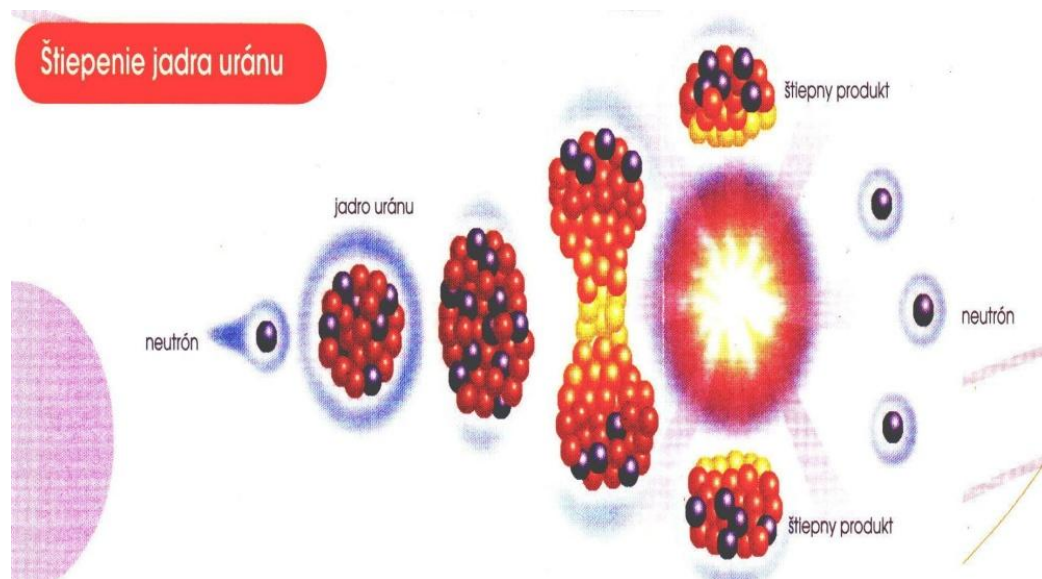
- energia na prekonanie odpudivých elektrostatických síl jadier pri priblížení na vzdialenosť 10^{-15} m sa dodá zvýšením teploty na 10^7 K a viac = **termojadrová reakcia** (zdroj energie hviezd)
- neriadená = vodíková bomba
- riadená – perspektívny zdroj energie (ešte nerealizovaná v praxi, ale už existujú prvé prototypy)

Jadrové premeny ako zdroj energie (fúzia a štiepenie):

2. **štiepenie ťažkých jadier (jadrový rozpad, fission)** = jadrová reakcia, pri ktorej sa jadro s veľkým A premení na 2 stredne ťažké jadrá (štiepne produkty – väčšinou rádioaktívne).



- z jadra uránu sa uvoľní asi 200 MeV,
- vznikajúce neutróny môžu vyvolať ďalšie štiepenie = **reťazová štiepna reakcia**
- riadená reťazová štiepna reakcia prebieha v jadrovom reaktore jadrovej elektrárne; neriadená v jadrovej (atómovej) bombe



Rádioaktivita:

Rádioaktivita = proces, pri ktorom nestabilné atómové jadro samovoľne podlieha premene (rozpadu), ktorá je sprevádzaná vysielaním (emisiou) jadrových častíc a/alebo elektromagnetického žiarenia do okolia.

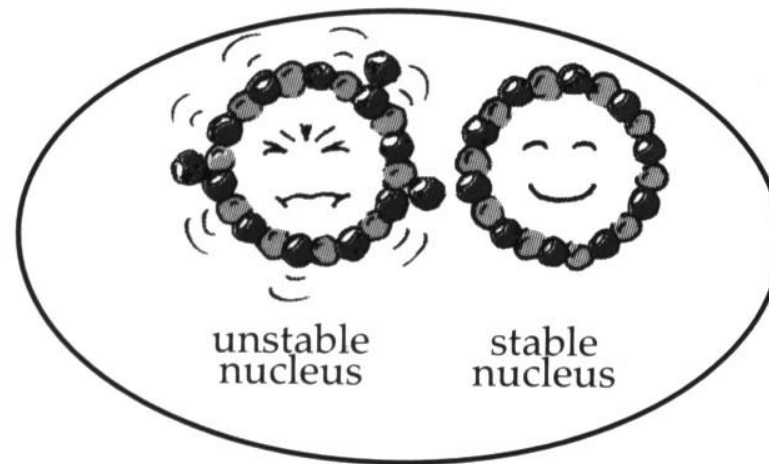
Prirodzená (prírodná) rádioaktivita = ak sa príslušné nestabilné rádioaktívne izotopy chemických prvkov vyskytujú v prírode,

- 1896 – objavil ju H. Becquerel,
- intenzívne ju skúmali manželia Mária Skłodovská-Curie a Pierre Curie.

Umelá rádioaktivita = ak rádioaktívne jadrá vznikajú umelou cestou pri jadrových reakciách

- 1934 – objavili ju manželia Joliot-Curie.

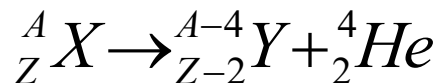
Rádioaktívne (jadrové) žiarenie = tok jadrových častíc (korpuskulárne, časticové) a/alebo tok elektromagnetického žiarenia uvoľnených pri jadrových premenách.



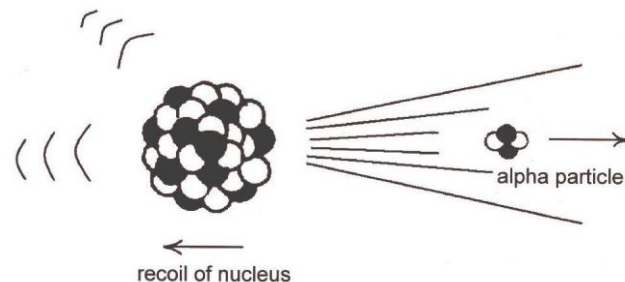
Jadrové premeny – vznikajú v dôsledku vnútornej nestability jadier atómov alebo pôsobením externého žiarenia na atómy hmoty.

Typy jadrových premien:

1. premena (rozpad, emisia) **alfa** (α)

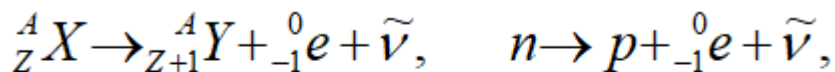


žiarenie sú alfa častice (héliové jadrá)

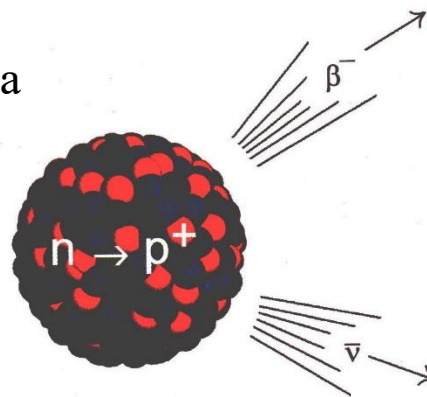


2. premena (rozpad, emisia) **beta** (β)

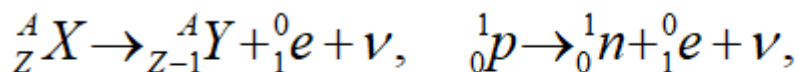
žiarenie sú emitované elektróny plus antineutrína



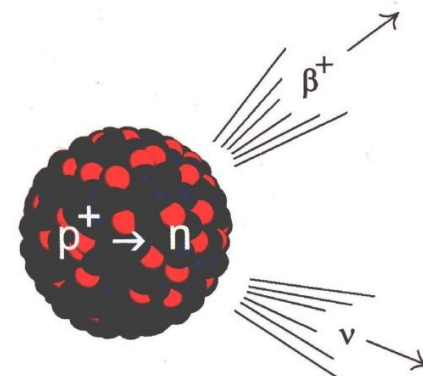
kde ${}^0_{-1}e$ je elektrón a $\bar{\nu}$ je antineutríno



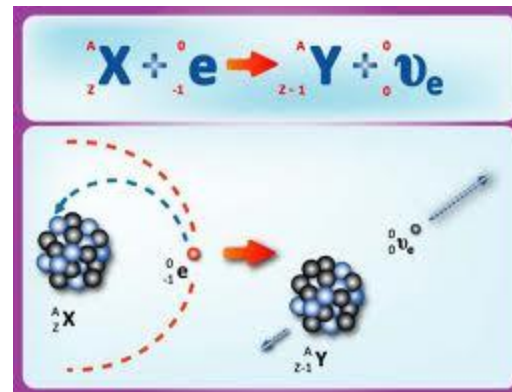
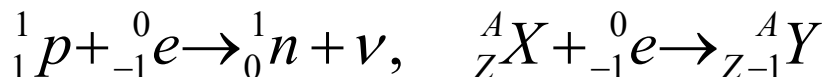
- premena β^+



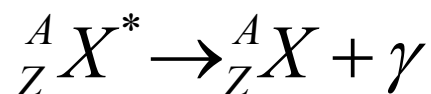
kde ${}^0_{+1}e$ je pozitron (anti-elektrón) a ν je neutríno



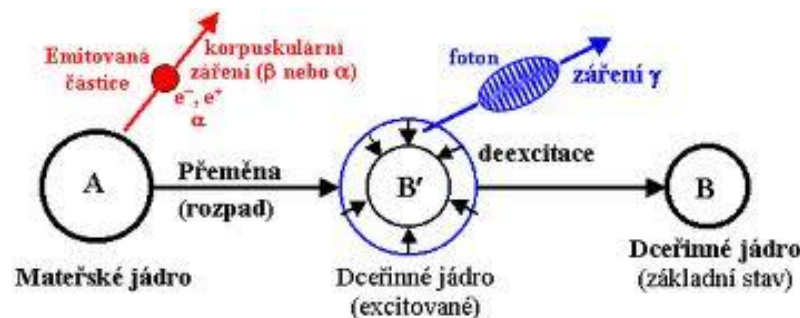
3. K-záchyt elektrónu



4. **izomérny prechod** = je to rozpad izomérneho stavu, t.j. vzbudeného stavu s dlhou dobou života u jadier niektorých nuklidov
5. **štiepenie jadier** = je to rozštiepenie jadra na dve časti s nerovnakou hmotnosťou, pričom dochádza k uvoľneniu neutrónov alebo iných častíc
6. **premena gama (γ)** – môže sprevádzať ostatné premeny



kde X je jadro v nižšom energetickom stave ako X^*

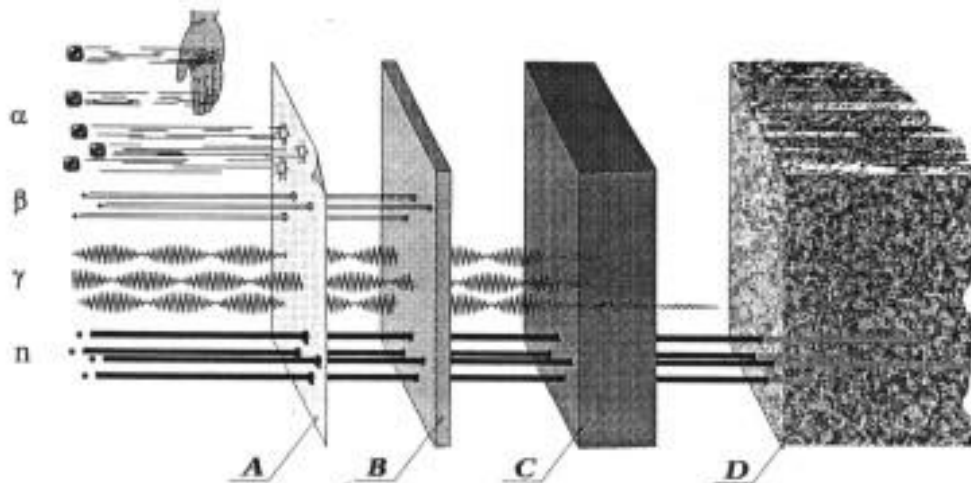


Rádioaktívne (jadrové) žiarenie = prúd (tok) nabitých častíc, neutrónov alebo kvánt gama žiarenia, ktoré doprevádzajú premeny rádionuklidov.

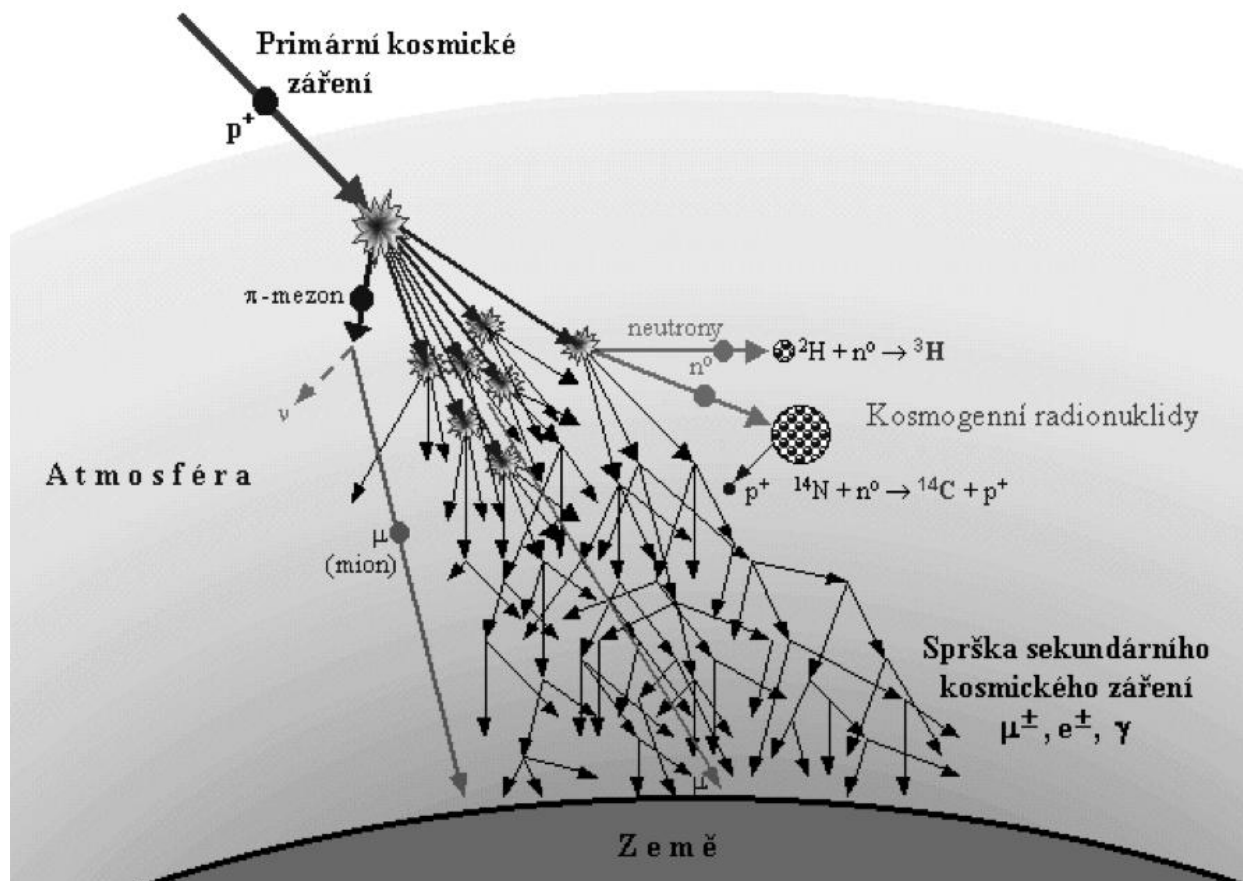
Druhy jadrového žiarenia:



1. **žiarenie alfa (α)** (1899, Rutherford)– časticové žiarenie tvorené kladnými jadrami hélia
- veľká hmotnosť, veľké rozmery, veľký kladný náboj ($2+$), silná ionizácia okolia, malý dolet
2. **žiarenie beta (β)** (1899, Rutherford)– časticové žiarenie tvorené buď elektrónmi e^- (β^-) alebo pozitronmi e^+ (β^+)
- malá hmotnosť, malé rozmery, jednotkový – alebo $+$ náboj, slabšia ionizácia prostredia, až rýchlosť svetla, väčší dolet
3. **žiarenie gama (γ)** (1900, Villard)– elektromagnetické žiarenie, bez náboja, rýchlosť svetla, slabá ionizácia prostredia, veľký dolet a dobrá priechodnosť hmotou

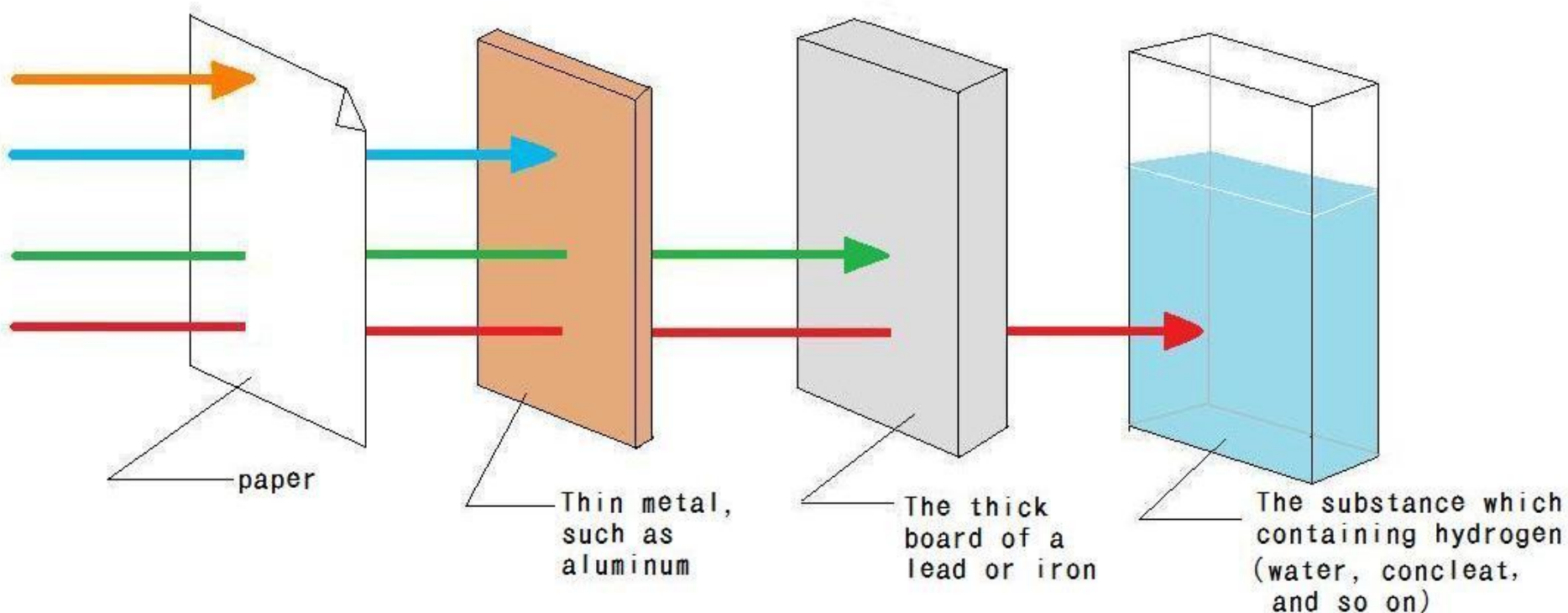


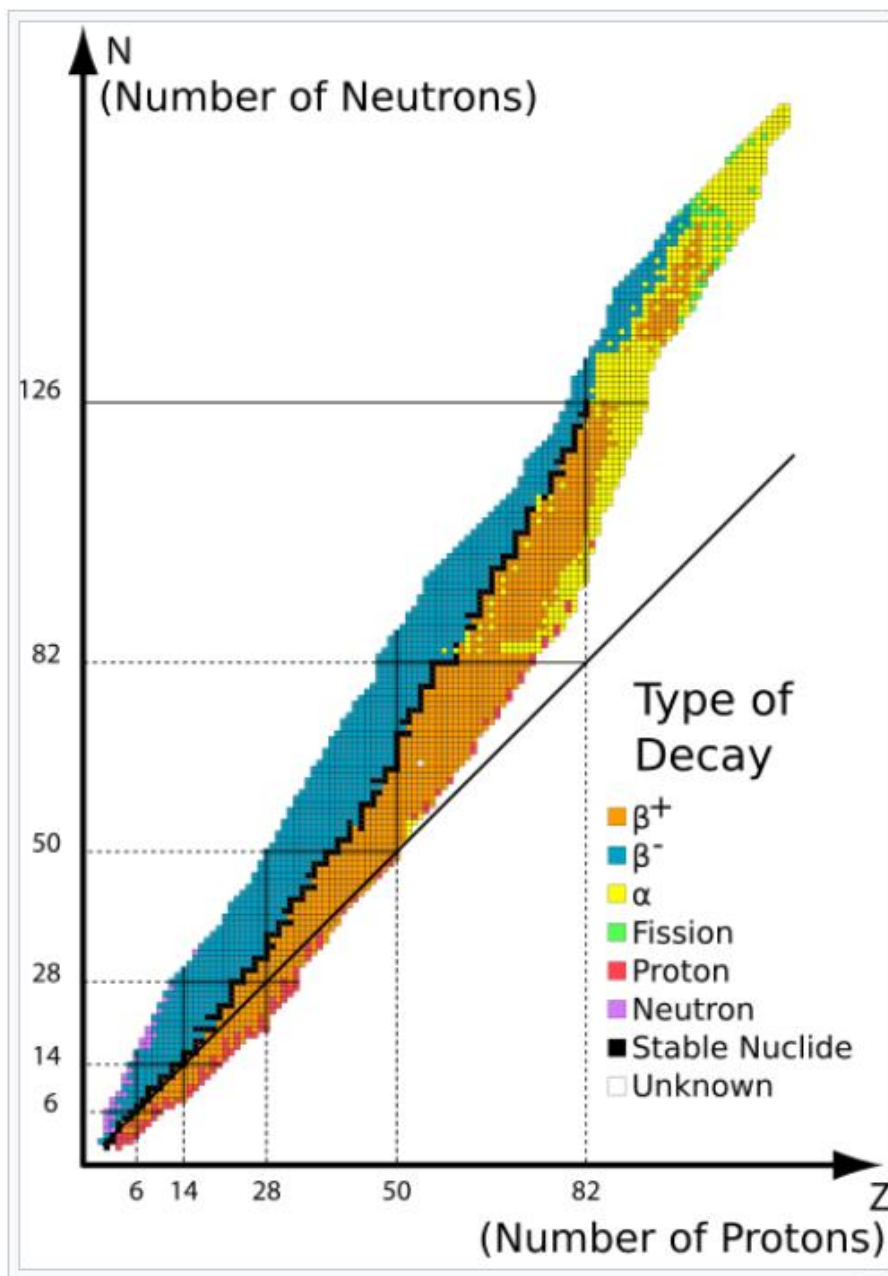
4. **žiarenie neutrónové** (1932, Chadwick)– časticové žiarenie tvorené neutrónmi
- väčšia hmotnosť ako u β , malé rozmery, bez náboja, energetické vybudenie (excitácia) prostredia, široký interval rýchlostí a energií, veľký dolet a dobrá priechodnosť hmotou
5. **žiarenie kozmické** – prúd nabitých častíc (α , p), ktoré podmieňujú pri prechode zemskou atmosférou vznik sekundárneho žiarenia rôzneho druhu.



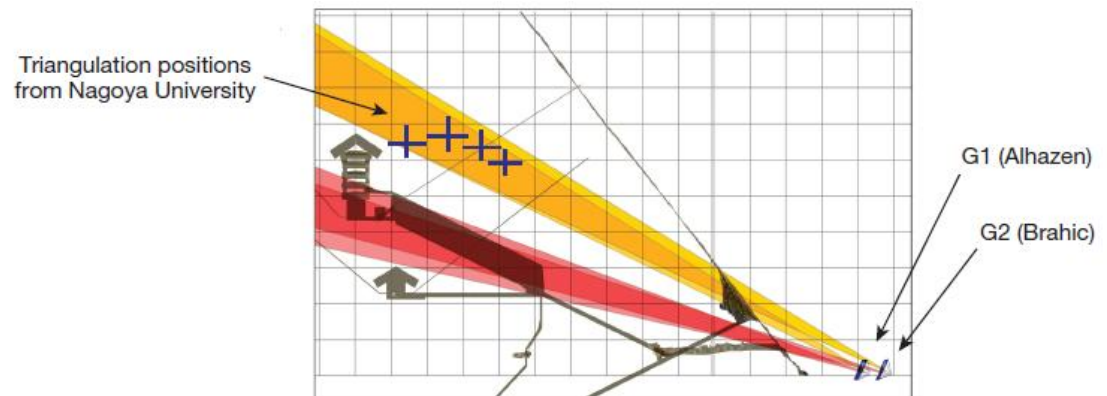
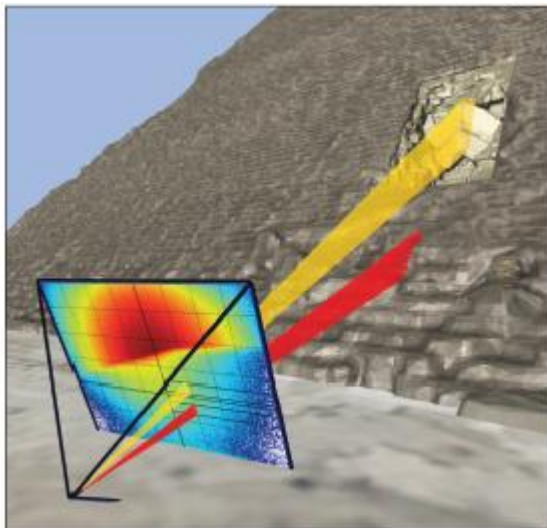
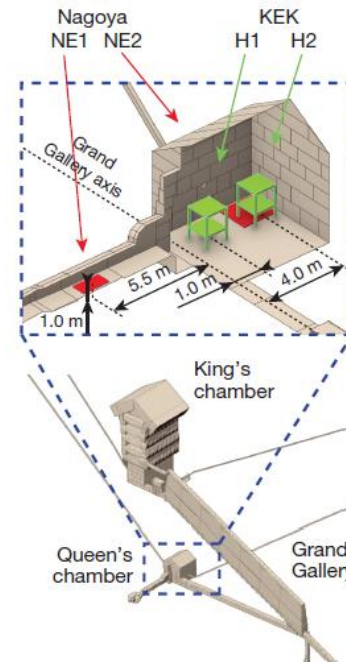
Prienik rôznych druhov rádioaktívneho žiarenia:

- Alpha rays
- Beta rays
- Gamma rays and X-ray
- Neutron radiation

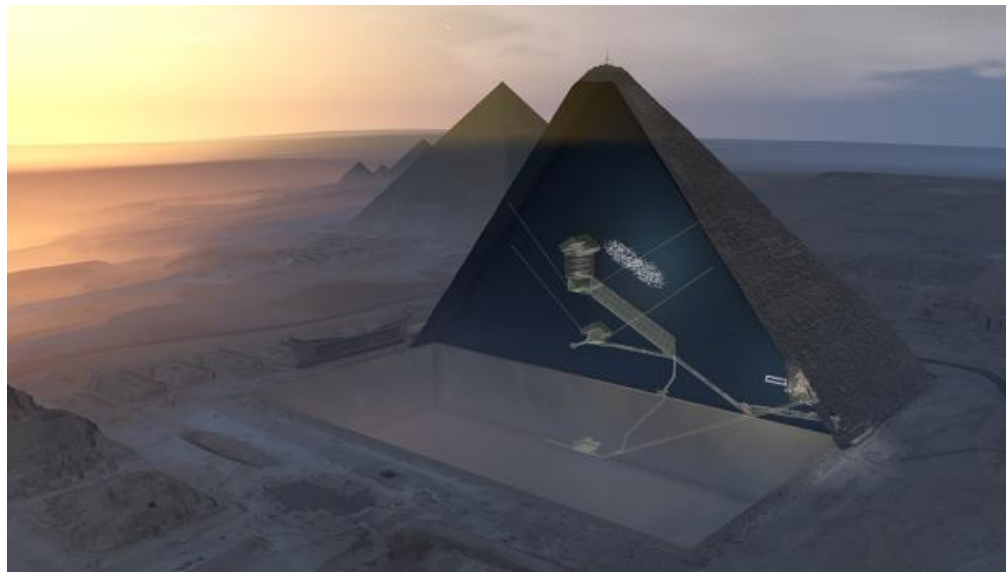
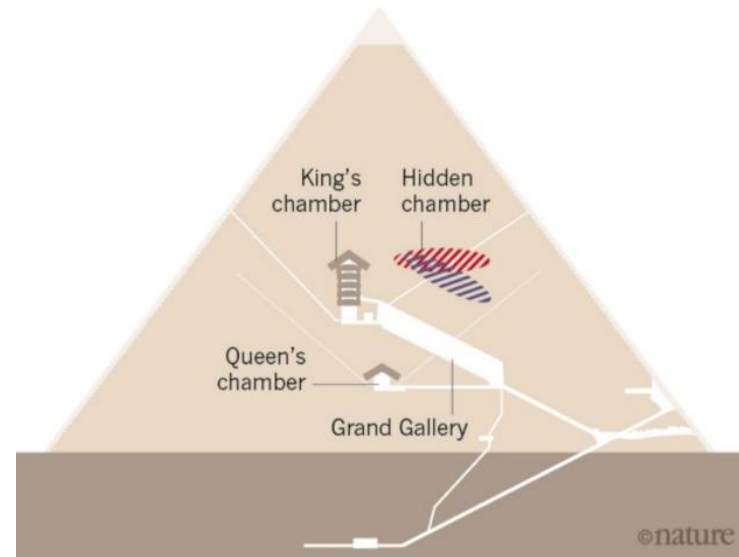
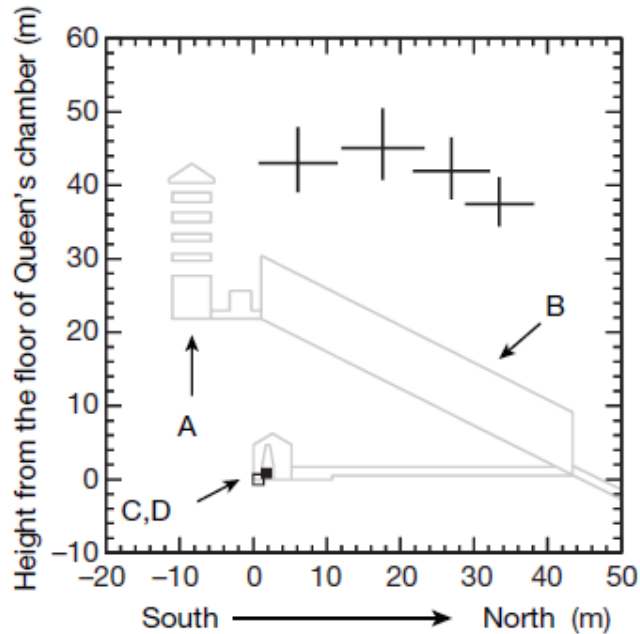




Zaujímavosť – objavenie novej dutiny (tzv. Big Void) v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).



Zaujímavosť – objavenie novej dutiny (tzv. Big Void) v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).



Zákon rádioaktívneho rozpadu (premeny):

- rádioaktívna premena je náhodný proces = nedá sa určiť, ktoré jadro sa v danom okamihu premení, ale možno určiť, koľko jadier sa premení v istom časovom intervale
- 1900 – E. Rutherford a F. Soddy formulovali **ZÁKON RÁDIOAKTÍVNEJ PREMENY (ROZPADU)**

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

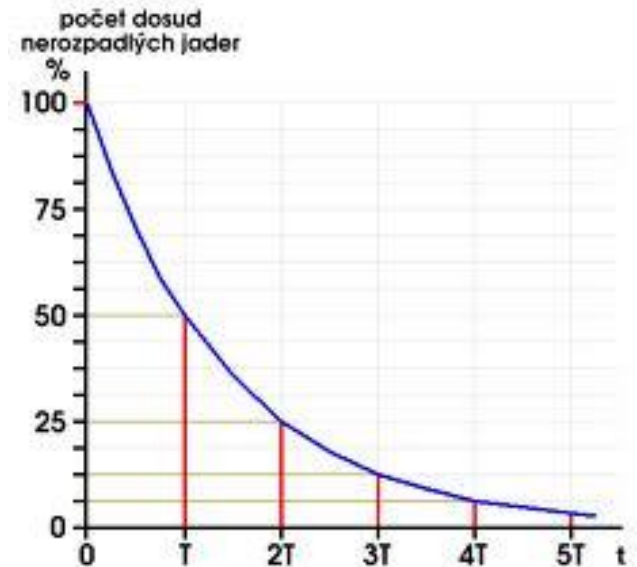
kde $N(t)$ je počet nepremených jadier v čase t ,
 N_0 je počet nepremených jadier na začiatku v čase $t = 0$,
 λ je tzv. premenová (rozpadová) konštanta konkrétneho nuklidu.

Polčas premeny (rozpadu) T alebo $T_{1/2}$ = je doba potrebná na premenu polovice z počiatočného počtu jadier daného nuklidu:

$$T = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda .$$

Polčas rozpadu sa mení od $3 \cdot 10^{-7}$ s do $5 \cdot 10^{15}$ r.

Táto skutočnosť sa využíva pri časovom datovaní látky.



Rádioaktívne prvky:

Prírodné rádionuklidy = vyskytujú sa vo všetkých prírodných sférach, ich jadrá sa samovoľne premieňajú v dôsledku vnútornej nestability, bez vonkajšieho zásahu

- cca 230: v troch prírodných rádioaktívnych rozpadových radoch alebo samostatne

Rad	Materské jadro	Polčas premeny (roky)	Stabilný konečný produkt
Tóriový	${}_{90}\text{Th}^{232}$	$1,39 \cdot 10^{10}$	${}_{82}\text{Pb}^{208}$
Uránový	${}_{92}\text{U}^{238}$	$4,51 \cdot 10^9$	${}_{82}\text{Pb}^{206}$
Aktíniový	${}_{92}\text{U}^{235}$	$7,07 \cdot 10^8$	${}_{82}\text{Pb}^{207}$

- samostatne: ${}^{40}\text{K}$, ${}^{48}\text{Ca}$, ${}^{87}\text{Rb}$ a ďalšie

Umelé (antropogénne) rádionuklidy = vznikajú ako dôsledok činnosti človeka pôsobením neutrónov, nabitých častíc a žiarenia gama na jadrá stabilných prvkov alebo pri štiepení jadier ťažkých prvkov

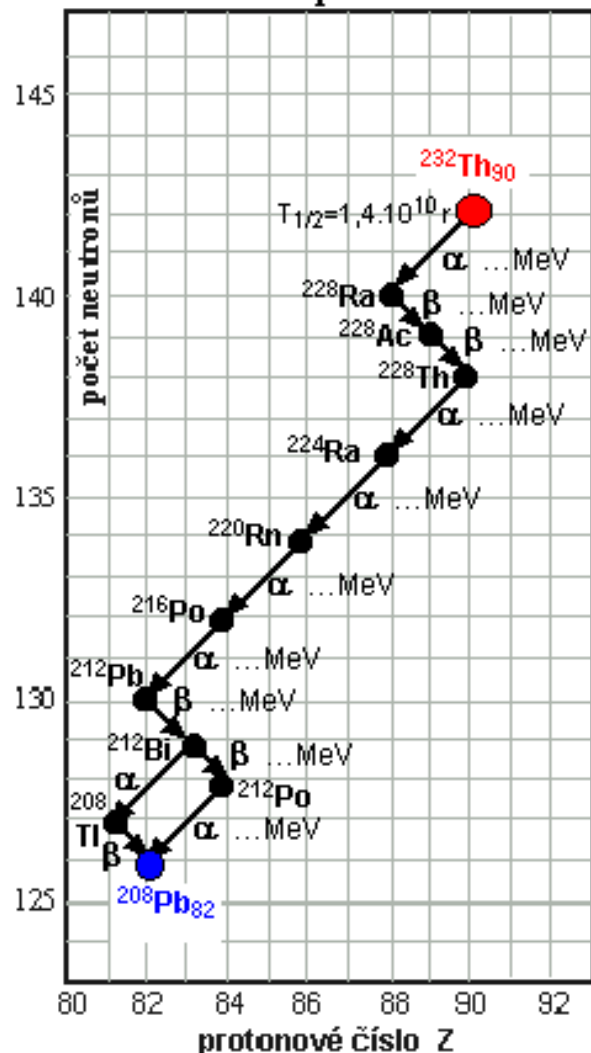
- cca 800: jeden rozpadový rad alebo samostatne

Rad	Materské jadro	Polčas premeny (roky)	Stabilný konečný produkt
Neptúniový	${}_{93}\text{Np}^{237}$	$2,25 \cdot 10^6$	${}_{83}\text{Bi}^{209}$

- samostatne: ${}^{238}\text{Pu}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{137}\text{Cs}$ a ďalšie

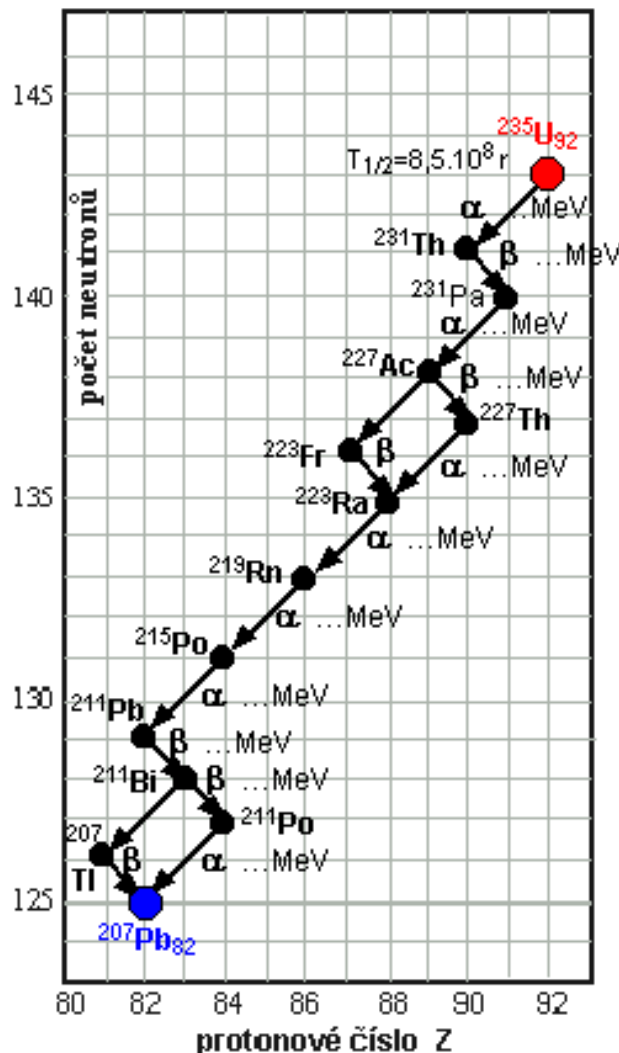
3 prirodzené rozpadové rádioaktívne rady: ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U

Thoriová rozpadová řada

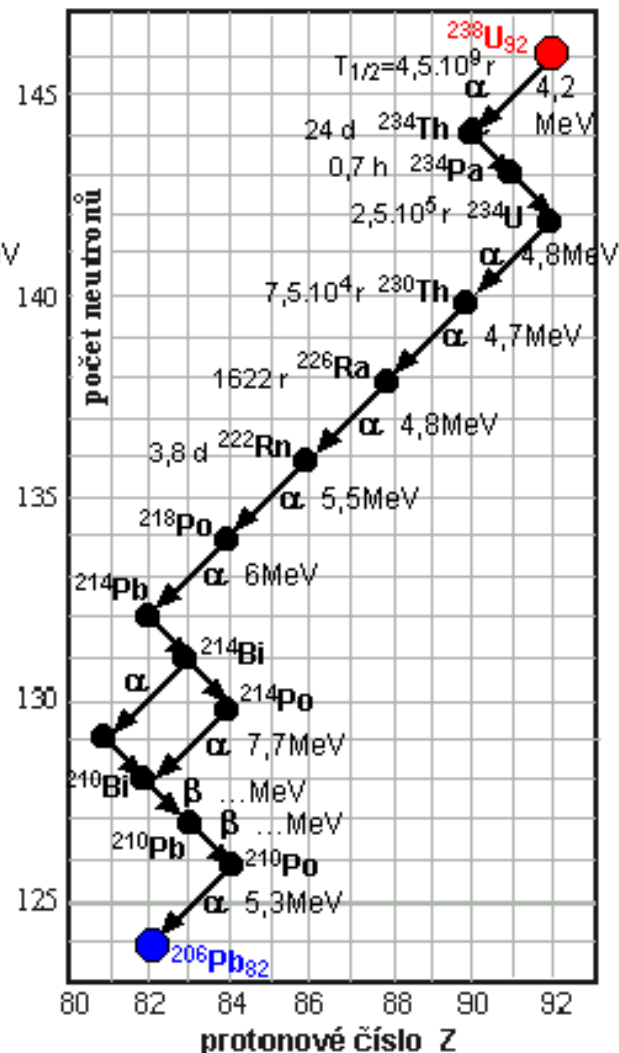


aktínium

Uranová řada ^{235}U



Uranová řada ^{238}U

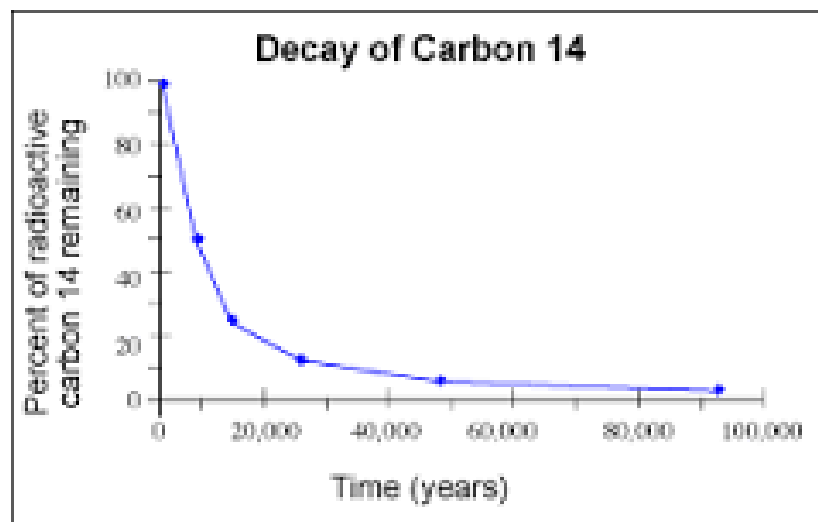


Princíp datovania metódou ^{14}C (tzv. rádiokarbónová metóda)

koncentrácie izotopov uhlíka v prírode:

^{12}C – 98.89 %, ^{13}C – 1.11 % a

^{14}C – 0.000000000010 %



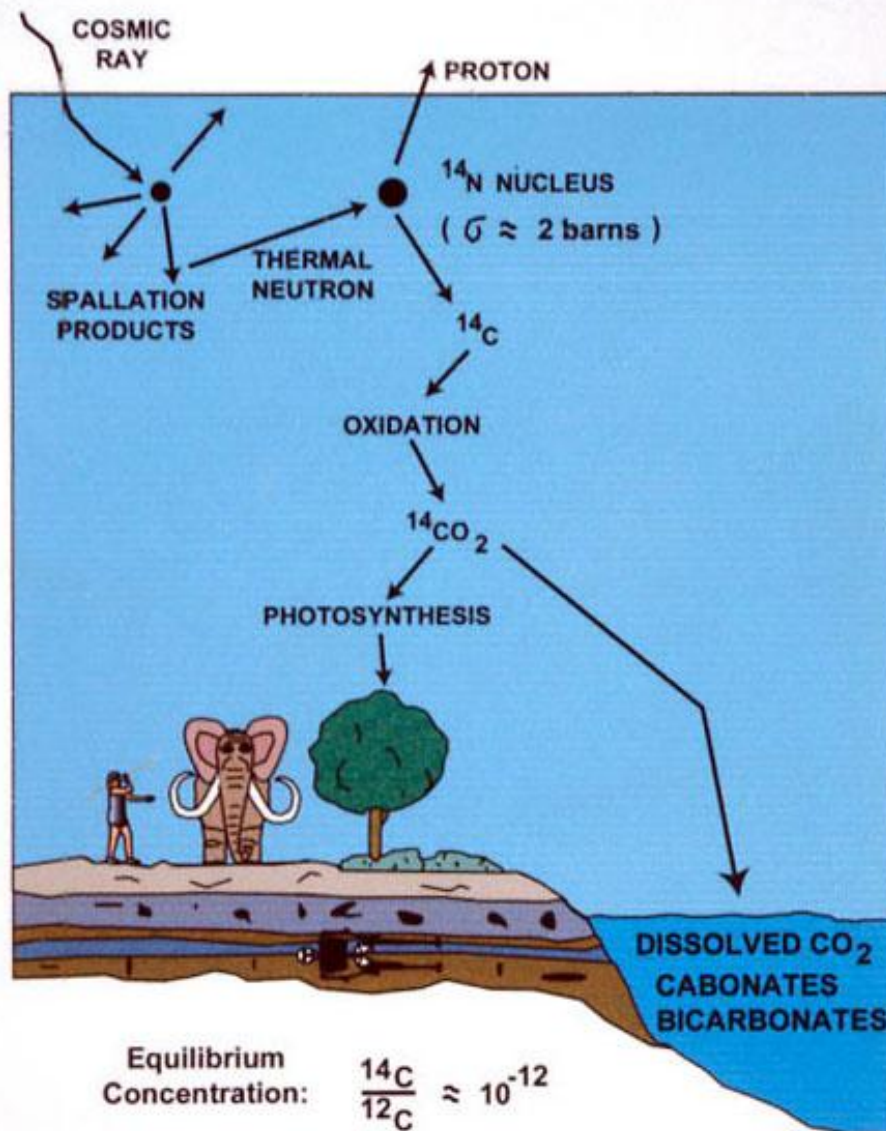
Polčas rozpadu ^{14}C : 5700 rokov,
vhodná pre materiály mladšie ako
50,000 rokov
(len pre organické materiály).

Používa sa v geológii, archeológii
a v iných historických vedách.

PRODUCTION

DISTRIBUTION

DECAY



Equilibrium Concentration: $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} \approx 10^{-12}$

Then: $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + e^- + \bar{\nu}$

$\tau_{1/2} = 5700$ years

One Gram $\rightarrow \sim 10$ counts/minute

Rádionuklidové metódy v geológii

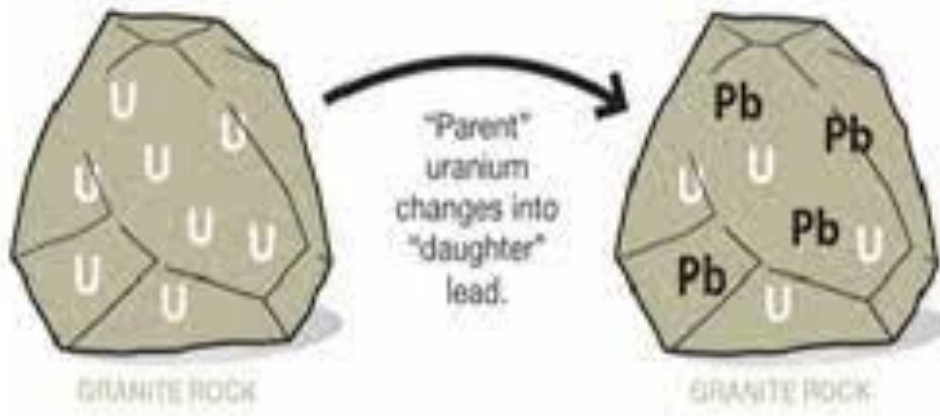
Jedna z najstarších datovacích metód v geológii: metóda Urán – Olovo.

Využíva oba prirodzené rozpadové rady uránu:

- Uránový (^{238}U) má sumárny polčas rozpadu 4.47 miliardy rokov,
- Aktíniový (^{235}U) má tento polčas rozpadu 710 miliónov rokov.

Je použiteľný na datovanie vzoriek (minerálov) v intervale od **1 miliónu rokov po cca. 4.5 miliardy rokov**.

Najčastejšie sa realizuje na mineráloch: zirkón, monazit, titanit...



Ďalšie rádionuklidové datovacie metódy v geológii:
draslík-argónová metóda (K-Ar),
rubídium-stronciová m. (Rb-Sr),
atď.

Rádionuklidové metódy v geológii

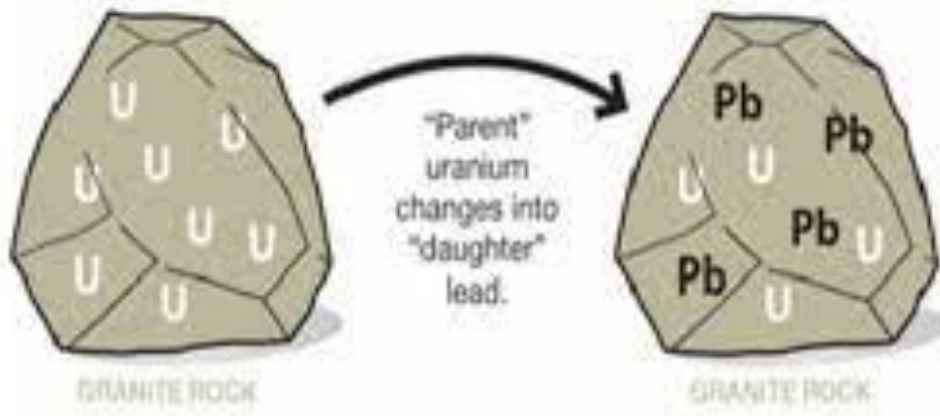
Jedna z najstarších datovacích metód v geológii: metóda Urán – Olovo.

Využíva oba prirodzené rozpadové rady uránu:

- Uránový (^{238}U) má sumárny polčas rozpadu 4.47 miliardy rokov,
- Aktíniový (^{235}U) má tento polčas rozpadu 710 miliónov rokov.

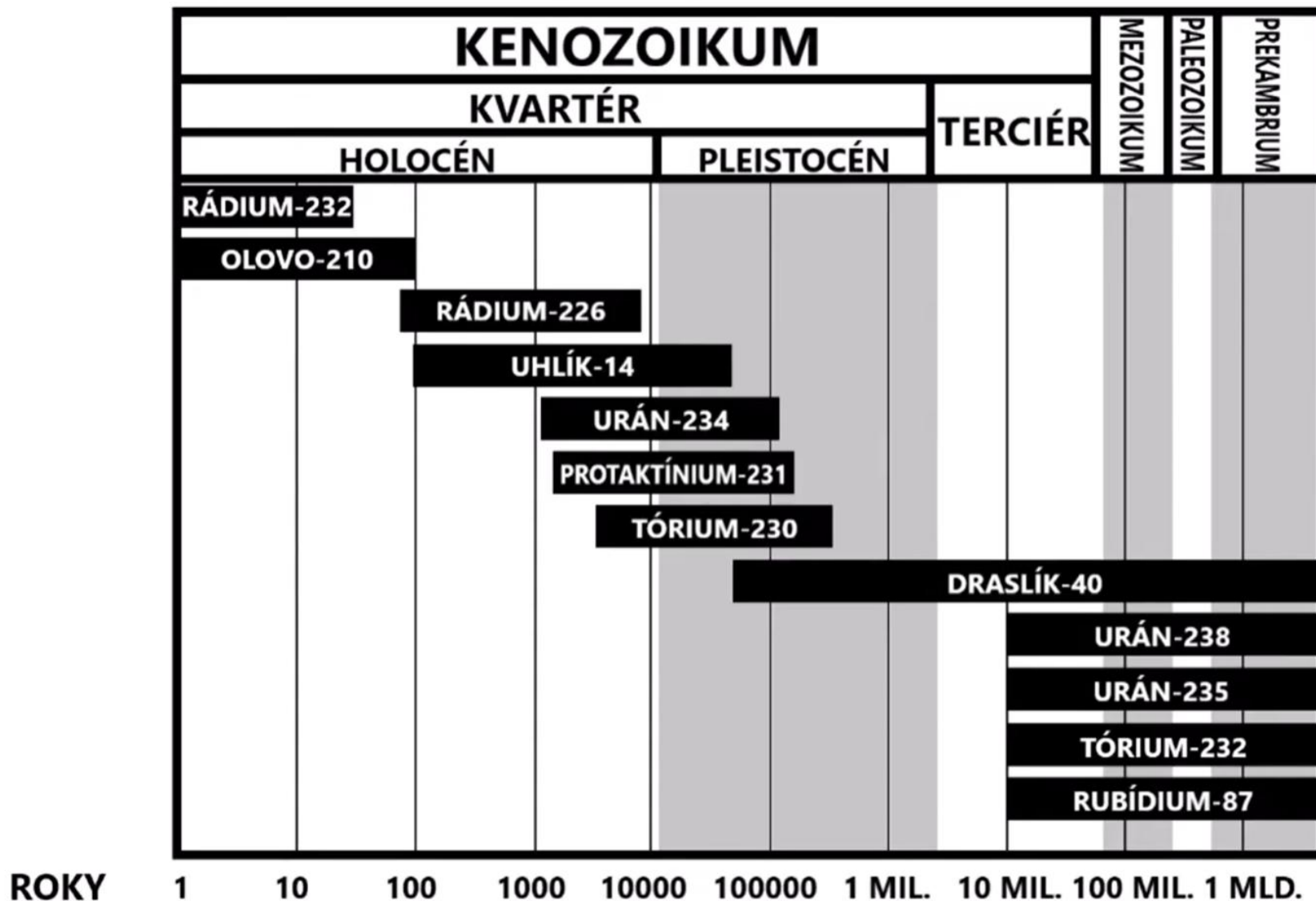
Je použiteľný na datovanie vzoriek (minerálov) v intervale od **1 miliónu rokov po cca. 4.5 miliardy rokov**.

Najčastejšie sa realizuje na mineráloch: zirkón, monazit, titanit...



Ďalšie rádionuklidové datovacie metódy v geológii:
draslík-argónová metóda (K-Ar),
rubídium-stronciová m. (Rb-Sr),
atď.

Rádionuklidové metódy v geológii



Využitie merania rádioaktivity v geológii:

- štúdium genézy a datovanie hornín,
- geologické mapovanie,
- vyhľadávanie a prieskum ložísk nerastných surovín,
- vyhľadávanie a prieskum rádioaktívnych surovín,
- odhad radiačného a radónového rizika,
- hodnotenie kvality životného prostredia.

Najdôležitejšie prírodné
rádionuklidy
(na mapovanie litológie):
 ^{40}K , ^{238}U a ^{232}Th

