

5. DATOVÁNÍ A URČOVÁNÍ STÁŘÍ NEROSTŮ

A) Datování s využitím kosmogenních nuklidů

UHLÍKOVÁ METODA

- ^{14}C se tvoří v horních vrstvách atmosféry $^{14}\text{N} (n,p) ^{14}\text{C}$
- je založena na změně aktivity ^{14}C
- datovat lze předměty cca do 40 000-50 000 let
- atomy uhlíku vznikají ve vysoce excitovaném stavu a rychle reagují na $^{14}\text{CO}_2$
- $^{14}\text{CO}_2$ se asimiluje v rostlinách, účastní se potravinového řetězce, rozpouští se ve vodě
- po určité době se ustaví v zemské kůře rovnováha mezi tvorbou a rozpadem $^{14}\text{C} \Rightarrow$ jeho zastoupení v přírodě dáno hlavně rovnováhou mezi ^{14}C a atmosféře a oceánech a je konstantní:

**na 1 g uhlíku v živé hmotě připadá
15,3 rozpadu za minutu (rovnovážná měrná aktivita)**

- koloběhu uhlíku se účastní především $^{14}\text{CO}_2$ z atmosféry, které však může být ovlivněno např. sluneční aktivitou (bylo to zjištěno proměřením aktivity letokruhů borovice osinaté) – lze zpětně vystopovat léta zvýšené sluneční aktivity – obsah ^{14}C pak lze korigovat
- poměr radioaktivního uhlíku se udržuje po dobu života organismu (koloběh uhlíku v přírodě)
- v případě, že organismus odumře, řetězec koloběhu se přeruší a radioaktivní uhlík pouze vymírá
- proměřením aktivity archeologického vzorku obsahujícího uhlík se dá stanovit s jistou přesností datum úmrtí organismu

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

A(t) – současná měrná aktivita vzorku

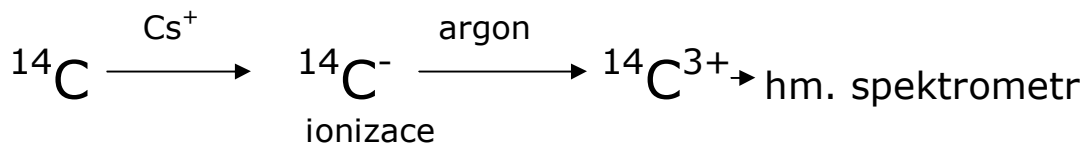
A₀ – rovnovážná měrná aktivita ^{14}C

t – stáří předmětu (tj. doba od smrti organismu)

- starší vzorky mají nízkou aktivitu ^{14}C , která se nedá spolehlivě stanovit

Urychlovačová hmotnostní spektrometrie

- tato metoda slouží k absolutnímu stanovení zbytkového ^{14}C
- vzorek se bombarduje urychlenými ionty Cs^+



(podobná reakce s ^{14}N neprobíhá \Rightarrow snadná separace)

- tato metoda umožňuje datovat vzorky až do 100 000 let (při tomto stáří obsahuje vzorek cca $3 \cdot 10^5$ atomů ^{14}C)

Datování - radiokarbonová metoda

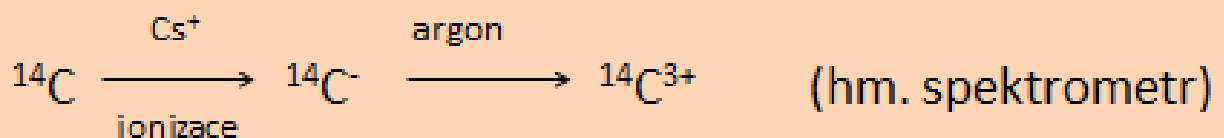
- poměr radioaktivního uhlíku se udržuje po dobu života organismu (koloběh uhlíku v přírodě)
- v případě, že organismus odumře, řetězec koloběhu se přeruší a radioaktivní uhlík pouze vymírá - proměřením aktivity archeologického vzorku obsahujícího uhlík se dá stanovit s jistou přesností datum úmrtí organismu

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

- tato metoda umožňuje datovat vzorky až do 100 000 let (při tomto stáří obsahuje vzorek cca $3 \cdot 10^5$ atomů ^{14}C)

Starší vzorky mají nízkou aktivitu ^{14}C , která se nedá spolehlivě stanovit \Rightarrow

Urychlovačová hmotnostní spektrometrie



Weizmannův institut, Rehovot, Izrael



Lineární urychlovač spojený s detekcí pomocí hmotnostní spektrometrie

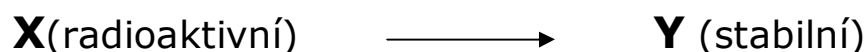


Urychlovačová hmotnostní spektrometrie je použitelná pro určování stáří i jiných kosmogenních nuklidů

| stanovovaný nuklid | výskyt | urychlovaná částice | poznámka |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| ^{10}B | mořské sedimenty, polární led | $^{10}\text{B}^{16}\text{O}^-$ $^{10}\text{B}^{3+}$ | 10^7 atomů |
| ^{36}Cl , ^{129}I | podzemní vody | | |
| ^{27}Al | mořské sedimenty | | |
| ^3H | uzavřené vody | | rovnovážné koncentrace jsou ovlivněny atomovými výbuchy |

Jaderná chronologie – určování stáří nerostů

Pro hromadění stabilního nuklidu, který vzniká procesem



Lze odvodit vztah (Hála str. 59-60):

$$N_Y = N_X(e^{\lambda t} - 1),$$

kde N_Y a N_X jsou počty částic dceřiného a mateřského nuklidu v době t , což je doba, která uplynula od krystalizace nerostu.

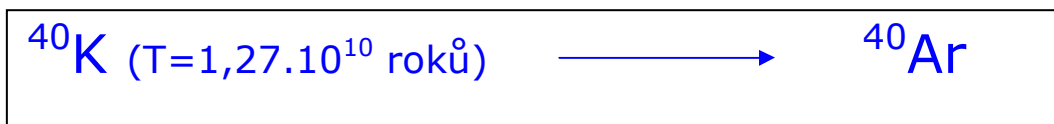
Předpokládá se totiž, že:

- v době krystalizace nerostu je v něm obsažen pouze dlouhodobý radioaktivní nuklid **X**

- ten se rozpadá a stabilní produkt rozpadu **Y** se v nerostu pouze hromadí nepředpokládají se jeho ztráty do okolí (např. difuzí)
- známe-li tedy obsah obou nuklidů v době stanovení stáří, pak platí pro stáří nerostu vztah

$$t = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{N_Y}{N_X} + 1 \right)$$

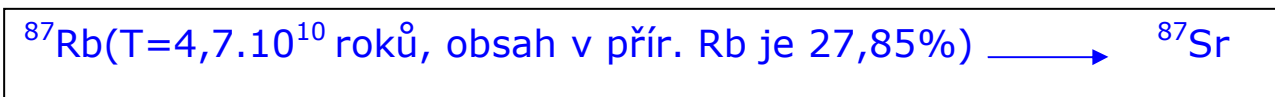
Metoda draslík-argonová



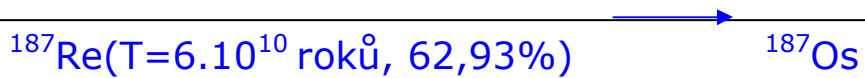
- obsah ^{40}K se zjistí z celkového obsahu draslíku a jeho zastoupení v přírodní směsi (0,012 %)
- ^{40}Ar se stanoví po zahřátí vzorku v křemenné aparatuře na 2000 °C – uvolněný argon se stanoví hmotnostní spektrometrií
- stáří pozemských hornin je cca (2-3).10⁹ let
- stáří měsíčních hornin a kamenných meteoritů kolem 4,5.10⁹roků

Další metody jaderné chronologie:

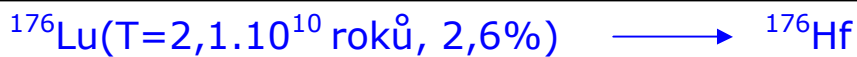
- metoda rubidium-stronciová



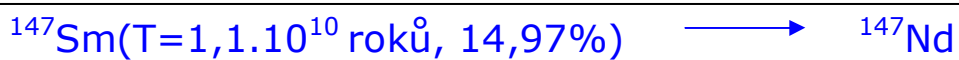
- metoda rhenium-osmiová (pro molybdenity, které obsahují malé množství rhenia)



- metoda lutecium-hafniová



- metoda samarium-neodymová



- metoda uranová (využívá se samovolného štěpení)



trosky opouštějí místo svého vzniku s celkovou energií cca 170 MeV a při brzdění vyvolávají poruchy krystalové mříže, které se studují pod mikroskopem a které jsou schopny vypovídat o stáří horniny