

## 5. DATOVÁNÍ A URČOVÁNÍ STÁŘÍ NEROSTŮ

### A) Datování s využitím kosmogenních nuklidů

#### UHLÍKOVÁ METODA

- $^{14}\text{C}$  se tvoří v horních vrstvách atmosféry  $^{14}\text{N} (n,p) ^{14}\text{C}$
- je založena na změně aktivity  $^{14}\text{C}$
- 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  $^{14}\text{C}$  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  $^{14}\text{C}$  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

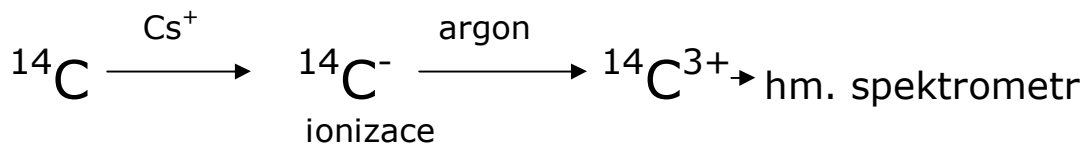
**A<sub>0</sub>** – rovnovážná měrná aktivita  $^{14}\text{C}$

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

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

## Urychlovačová hmotnostní spektrometrie

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



(podobná reakce s  $^{14}\text{N}$  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  $^{14}\text{C}$ )

## Datování - radiokarbonová metoda

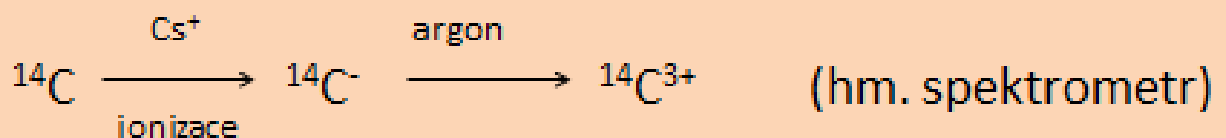
- poměr radioaktivního uhlíku se udržuje po dobu života organismu (koloběh uhlíku v přírodě)
- v případě, že organismus odumře, řetězec koloběhu se přeruší a radioaktivní uhlík pouze vymírá - proměřením aktivity archeologického vzorku obsahujícího uhlík se dá stanovit s jistou přesností datum úmrtí organismu

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

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

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

## Urychlovačová hmotnostní spektrometrie



Weizmannův institut, Rehovot, Izrael



**Lineární urychlovač spojený s detekcí pomocí hmotnostní spektrometrie**

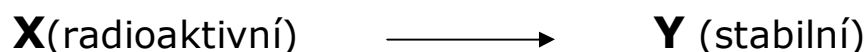


**Urychlovačová hmotnostní spektrometrie je použitelná pro určování stáří i jiných kosmogenních nuklidů**

| stanovovaný nuklid                  | výskyt                        | urychlovaná částice                                    | poznámka  |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|---|
| $^{10}\text{B}$                     | mořské sedimenty, polární led | $^{10}\text{B}^{16}\text{O}^-$<br>$^{10}\text{B}^{3+}$ | $10^7$ atomů  |
| $^{36}\text{Cl}$ , $^{129}\text{I}$ | podzemní vody                 |  |   |
| $^{27}\text{Al}$                    | mořské sedimenty              |  |   |
| $^3\text{H}$                        | 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.

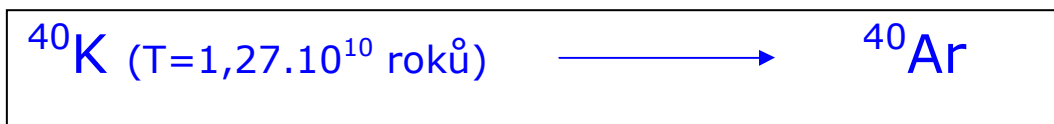
Předpokládá se totiž, že:

- 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

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

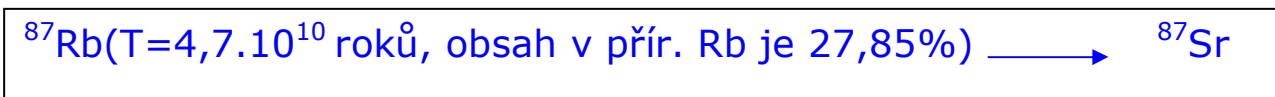
### Metoda draslík-argonová



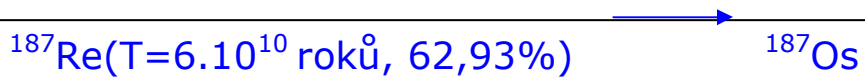
- obsah  $^{40}\text{K}$  se zjistí z celkového obsahu draslíku a jeho zastoupení v přírodní směsi (0,012 %)
- $^{40}\text{Ar}$  se stanoví po zahřátí vzorku v křemenné aparatuře na 2000 °C – uvolněný argon se stanoví hmotnostní spektrometrií
- stáří pozemských hornin je cca (2-3).10<sup>9</sup> let
- stáří měsíčních hornin a kamenných meteoritů kolem 4,5.10<sup>9</sup>roků

### Další metody jaderné chronologie:

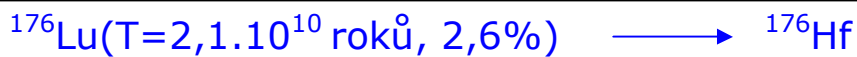
- metoda rubidium-stronciová



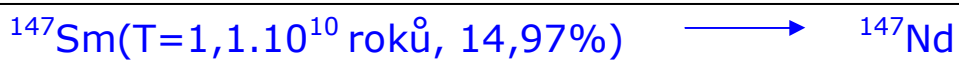
- metoda rhenium-osmiová (pro molybdenity, které obsahují malé množství rhenia)



- 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