

5. DATOVÁNÍ A URČOVÁNÍ STÁŘÍ NEROSTŮ

Datování s využitím kosmogenních nuklidů

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

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

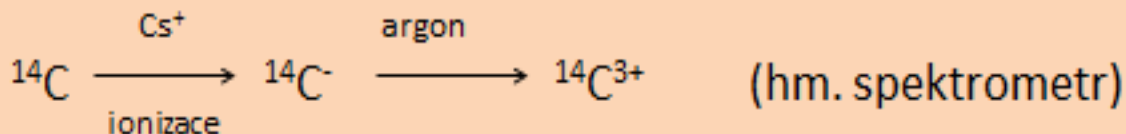
na 1 g uhlíku v živé hmotě připadá **15,3 přeměny za minutu** (= rovnovážná měrná aktivita)

A(t) - stanovená měrná aktivita vzorku

A₀ - rovnovážná měrná aktivita ¹⁴C

t - uplynulý čas, zde tedy stáří předmětu (tj. doba od smrti organismu)

Starší vzorky mají nízkou aktivitu ¹⁴C, která se nedá spolehlivě stanovit ⇒
Urychlovačová hmotnostní spektrometrie



^{14}C (T = 5730 let) se tvoří v horních vrstvách atmosféry jadernou reakcí **$^{14}\text{N} (n,p) ^{14}\text{C}$** , neutrony pocházejí z kosmického záření

Datovat lze předměty cca do stáří 40 000 - 50 000 let (do cca 10 uplynulých poločasů přeměny, tehdy se nuklidy považují za vymřelé)

- atomy uhlíku ^{14}C vznikají ve vysoce excitovaném stavu a rychle reagují na **$^{14}\text{CO}_2$**
- **$^{14}\text{CO}_2$** se asimiluje v rostlinách (fotosyntéza), účastní se tak potravinového řetězce,
- rozpouští se také ve vodě, která je organismy přijímána
- poměr atomů **$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$** se udržuje po dobu života organismu (koloběh uhlíku v přírodě)
- v případě, že organismus odumře, řetězec koloběhu se přeruší a radioaktivní uhlík pouze vymírá

Doba přeměny	Procento přeměněného uhlíku ^{14}C
5730 <u>let</u>	50 <u>%</u>
11460 let	75 %
17190 let	87,5 %
22920 let	93,75 %
28650 let	96,875 %
34380 let	98,4375 %
40110 let	99,21875 %
45840 let	99,609375 %
51570 let	99,8046875 %

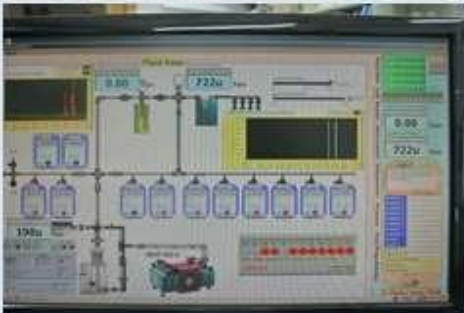
Urychlovačová hmotnostní spektrometrie

- tato metoda slouží k absolutnímu stanovení zbytkového ^{14}C , je mnohem citlivější, umožňuje stanovit stáří vzorků do cca **100 000 let**
- uhlíkatý vzorek s obsahem ^{12}C a ^{14}C se nejprve katalyticky převede na CO_2
- dalším zařízením se zase katalyticky CO_2 převede na čistý uhlík
- ten se plní do skleněných kapilár a vkládá se do přístroje

Weizmannův institut, Rehovot, Izrael



Na obrázku vlevo je baterie rozkladných nádobek, vpravo je jejich detail.



Vlevo dole na snímku je schéma procesu na obrazovce monitoru



Vpravo dole je záběr na kapiláru se vzorkem.

Lineární urychlovač spojený s detekcí pomocí hmotnostní spektrometrie



- vlevo se nachází ionizační a urychlovací segment
- uprostřed je zahnutý segment (viz i na dalším snímku), kde na svazek iontů působí elektrické a magnetické pole, dochází k zakřivení drah svazků iontů
- následuje separační část přístroje následovaná detekcí ^{12}C a ^{14}C
- z poměru $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ se pak stanoví čas, který musí uplynout, aby se tento poměr ustavil = stáří vzorku.



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 Y, který vzniká procesem



Ize 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 přeměňuje a stabilní produkt rozpadu **Y** se v nerostu pouze hromadí
- nepředpokládají se jeho ztráty do okolí (např. difuzí)
- je třeba najít separační metodu, která stanoví zbytkové množství X a množství vzniklého Y
- 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 $(2-3) \cdot 10^9$ let, **stáří měsíčních hornin a kamenných meteoritů kolem $4,5 \cdot 10^9$ roků**

Další metody jaderné chronologie:

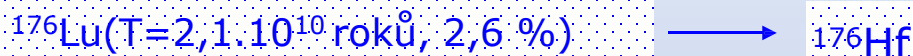
- metoda rubidium-stronciová



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



- **metoda lutecium-hafniová**



- **metoda samarium-neodymová**



- **metoda uranová** (využívá se samovolného štěpení)



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