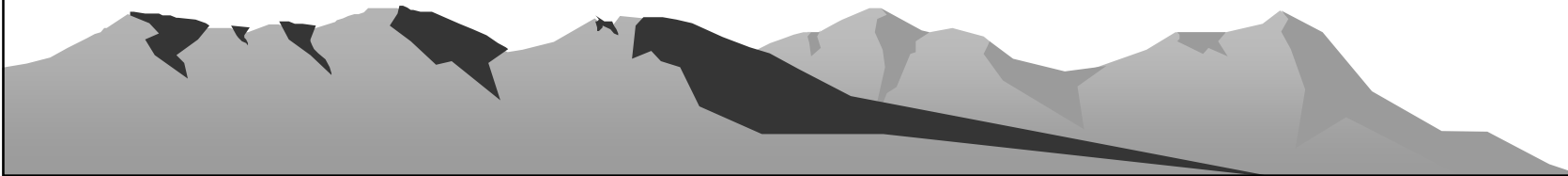
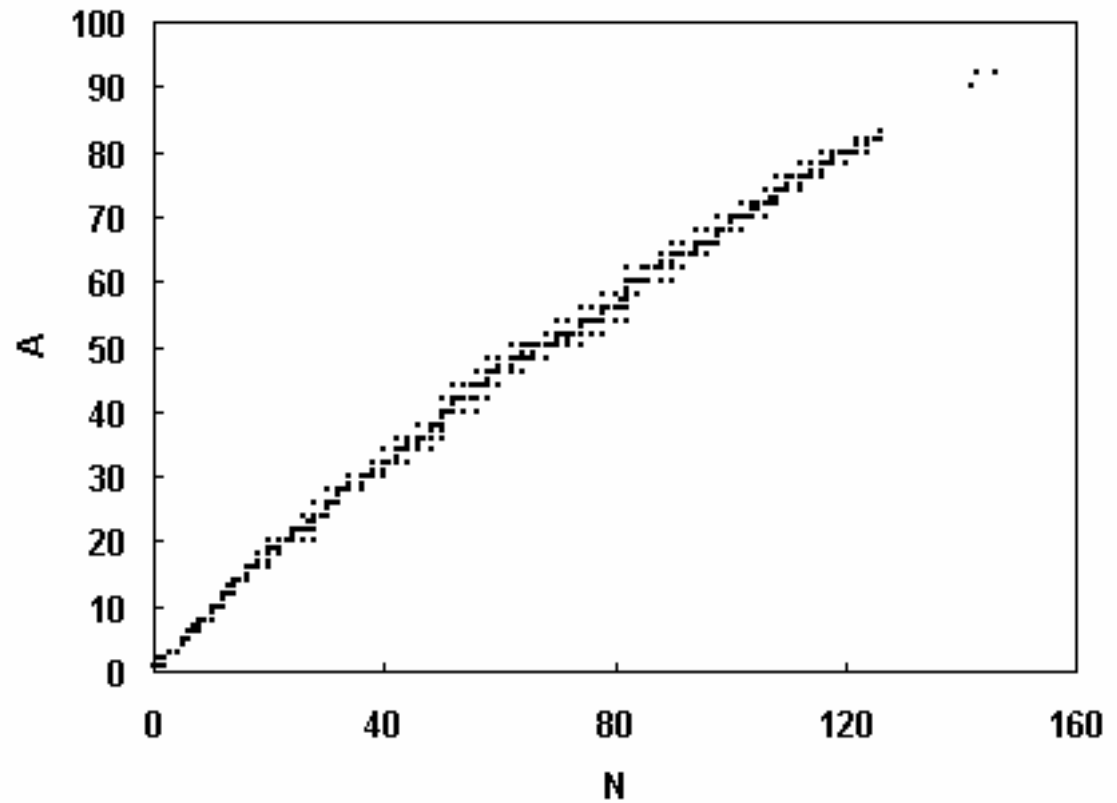
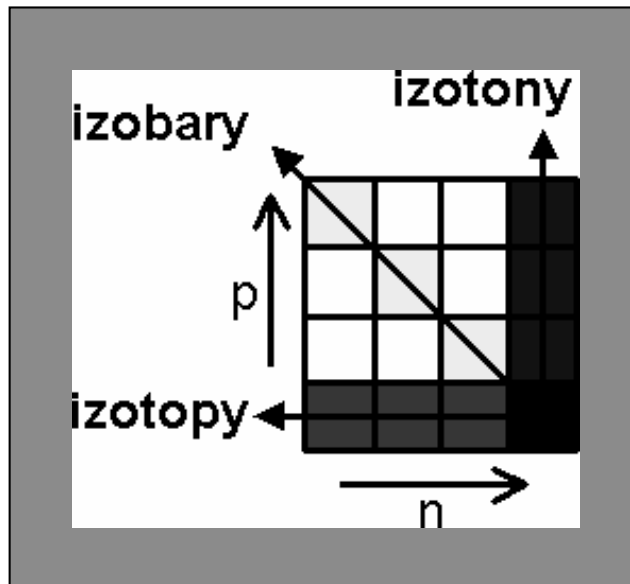


Stabilní izotopy

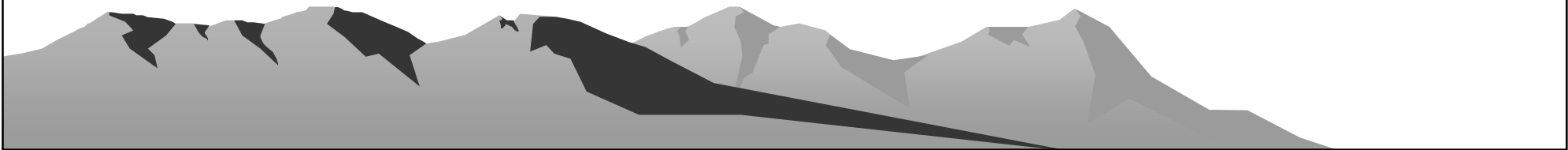
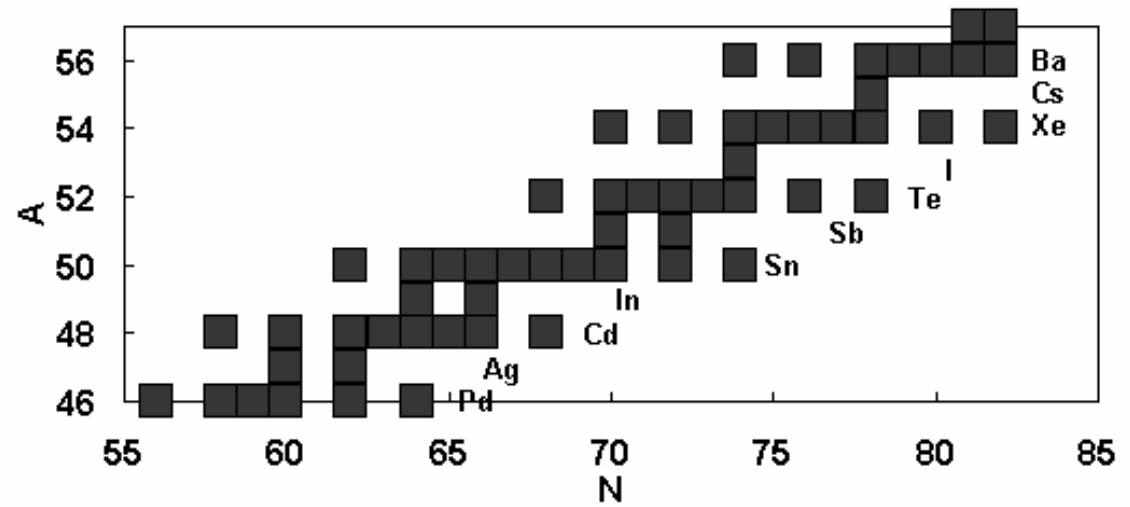
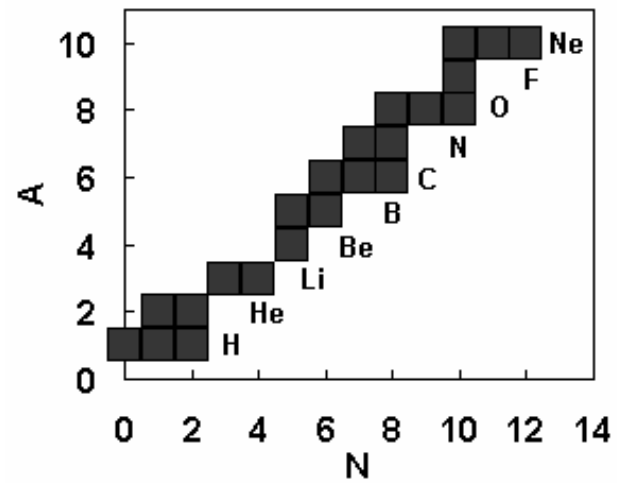


Izotopy

Stejné atomové číslo, různé hmotové číslo (různý počet neutronů).



Izotopy



Vlastnosti důležité pro využití (fyzikální)

- nízká hmotnost
- relativně velký rozdíl hmotnosti mezi izotopy
- vysoký stupeň kovalentní vazby
- více oxidačních stavů
- relativně vysoká koncentrace méně zastoupeného izotopu (nejméně desetiny %)



Standardy

prvek	značení	poměr	standard	abs. poměr
H	δD	$^2H/^1H$	SMOW	$1,557 \times 10^{-4}$
Li	$\delta ^6Li$	$^6Li/^7Li$	NBS L-SVEC	0,08306
B	$\delta ^{11}B$	$^{11}B/^10B$	NBS 951	4,044
C	$\delta ^{13}C$	$^{13}C/^12C$	PDB	$1,122 \times 10^{-2}$
N	$\delta ^{15}N$	$^{15}N/^14N$	ATM	$3,613 \times 10^{-3}$
O	$\delta ^{18}O$	$^{18}O/^16O$	SMOV, PDB	$2,0052 \times 10^{-3}$
	$\delta ^{17}O$	$^{17}O/^16O$	SMOW	$3,76 \times 10^{-4}$
S	$\delta ^{34}S$	$^{34}S/^32S$	CDT	$4,43 \times 10^{-2}$

SMOW - Standard Mean of Ocean Water

PDB - Pee Dee Belemnite

ATM - ATMospheric nitrogen

CDT - Canyon Diablo troilite (z meteoritu)

NBS - National Bureau of Standards (USA)

Frakcionace izotopů - vyjádření

frakcionace vyjádřená jako δ (‰)

$$\delta^{18}\text{O} = \left\{ \left[\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{vz}} - \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right] / \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{SMOW}} \right\} \times 10^3$$

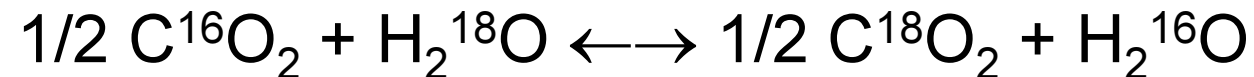
koeficient frakcionace

$$\alpha_{\text{A-B}} = R_{\text{A}} / R_{\text{B}}$$

$$\Delta_{\text{A-B}} = \delta_{\text{A}} - \delta_{\text{B}}$$

$$\Delta = 10^3 \ln \alpha$$

frakcionace – translační, rotační a vibrační pohyb

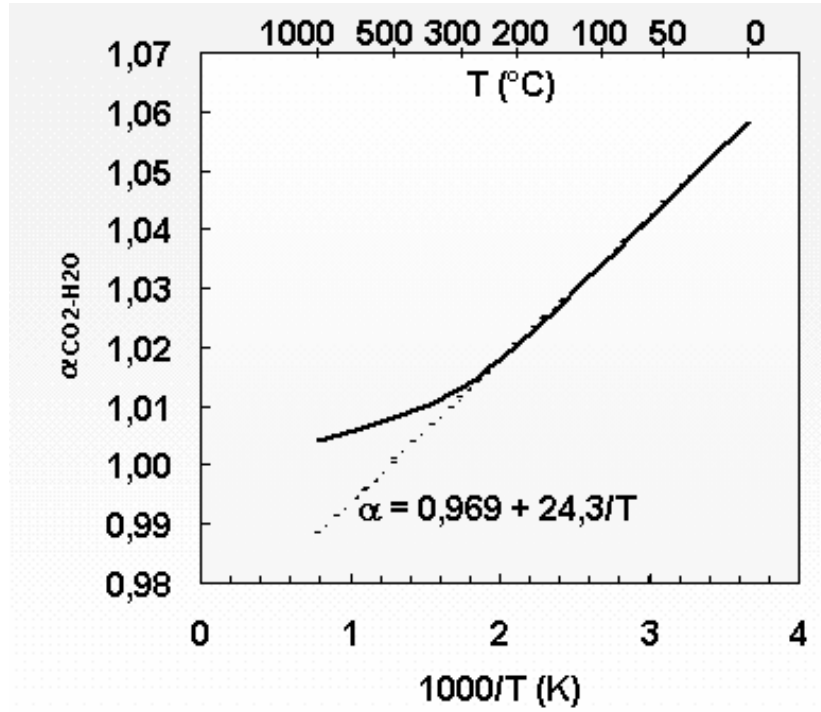


$$K = 1,04 \text{ (25}^\circ\text{C)}$$

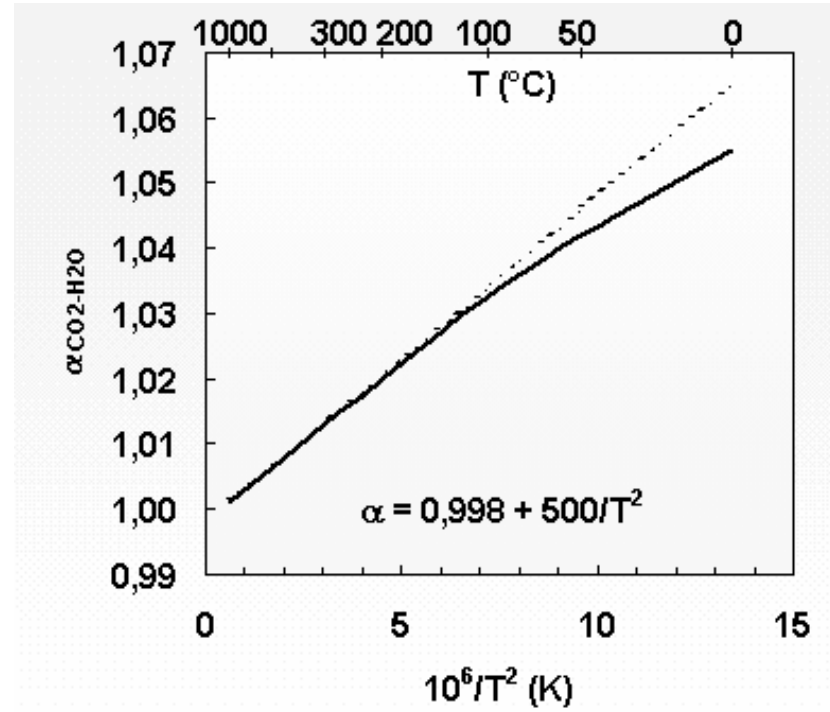


Teplotní závislost

$$\alpha = A + B/T$$



$$\alpha = 1 + 1/T^2$$



Závislost na složení a tlaku

těžší izotop do fáze s pevnější vazbou (a kovalentní)

^{18}O – více v křemenu než v magnetitu

^{18}O – více v CO_3^{2-} než ve vodě (30 ‰)

vliv tlaku zanedbatelný: $(\partial G/\partial p) = \Delta V$

Kinetika

difuze, odpařování

pokud není dosaženo rovnováhy v reakci, reakční produkty nabohaceny lehčím izotopem
(fotosyntéza, bakteriální redukce)

Frakcionace



$$dA = k_A A, dB = k_B B$$

koeficient frakcionace: $\alpha = k_B / k_A$

po integraci: $\ln B/B^\circ = \alpha \ln A/A^\circ$

$$B/B^\circ = (A/A^\circ)^\alpha$$

$$(B/A) / (B^\circ/A^\circ) = f^{\alpha-1}$$

$$[(B/A) - (B^\circ/A^\circ)] / (B^\circ/A^\circ) = f^{\alpha-1} - 1$$

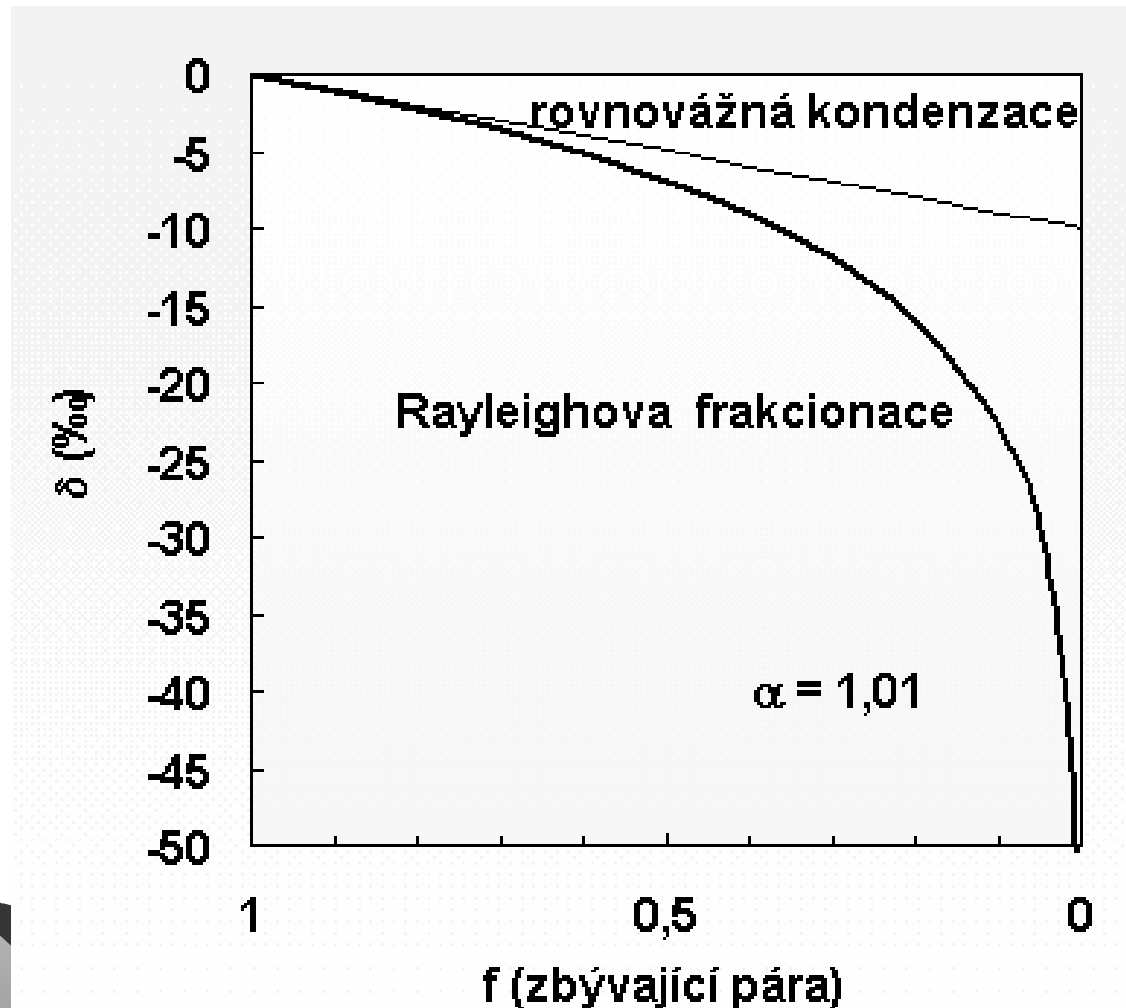
$$\delta = 1000(f^{\alpha-1} - 1)$$

kde δ je rozdíl původního izotopického složení a izotopického složení po tom, kdy zkondenzovala (vykristalizovala) část f



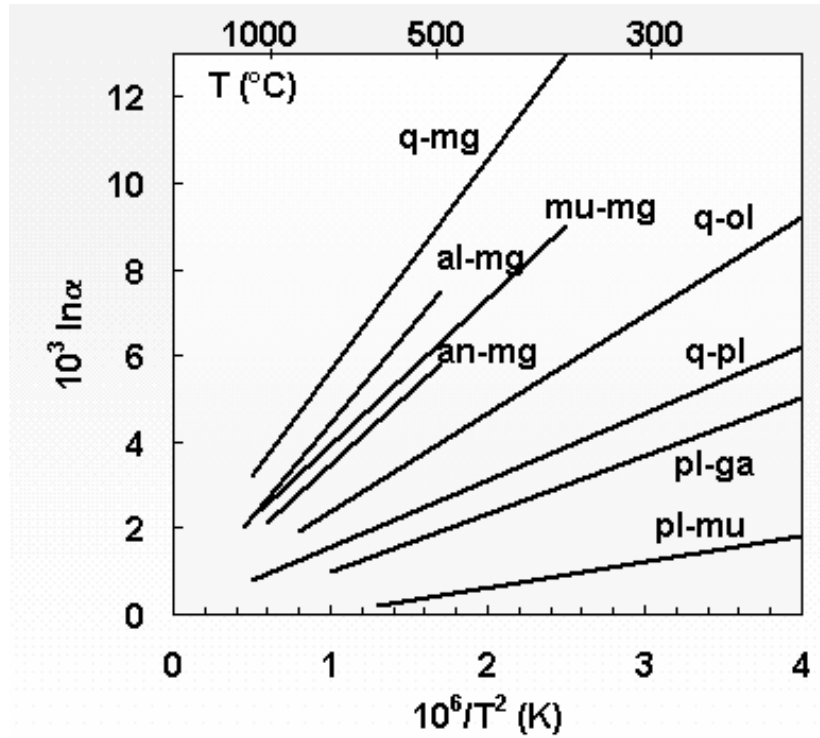
Frakcionace

Izotopické složení zbývající páry po kondenzaci ($f - 1$) množství vody ve srovnání s původním izotopickým složením páry. Znáznorněna je nerovnovážná a rovnovážná kondenzace.

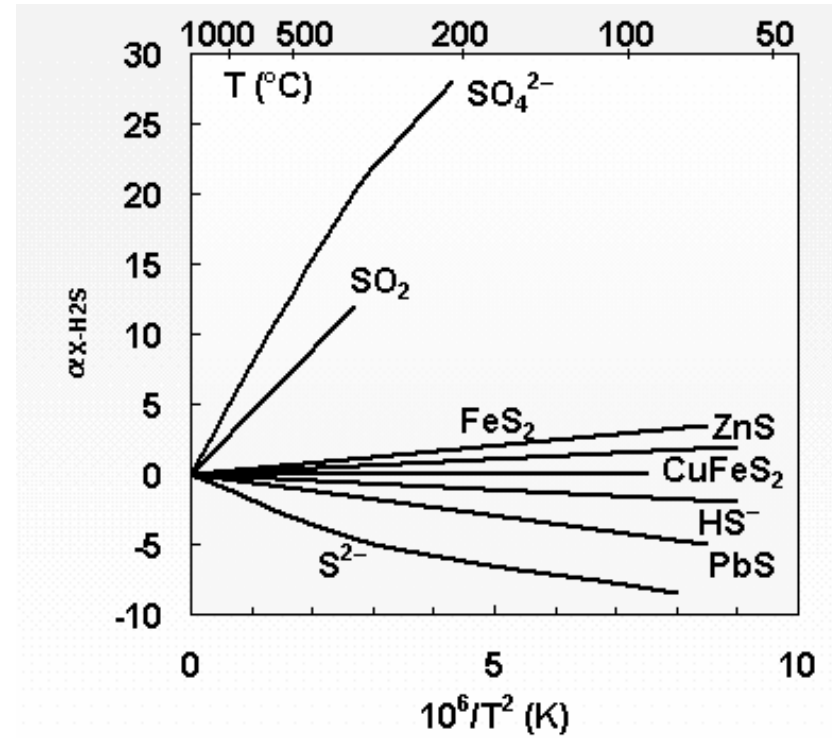


Geothermometrie

$$\ln K = \ln \alpha = A + B/T^2$$



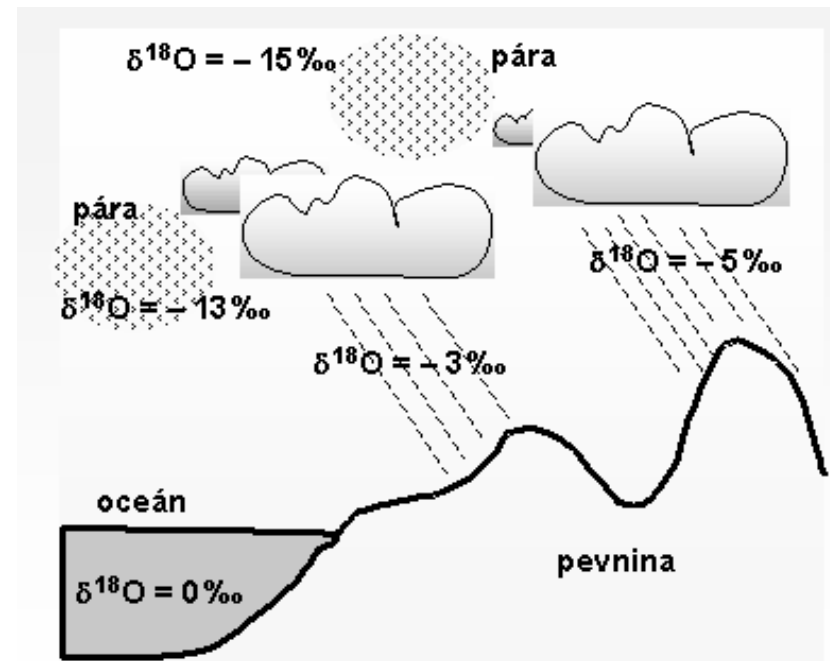
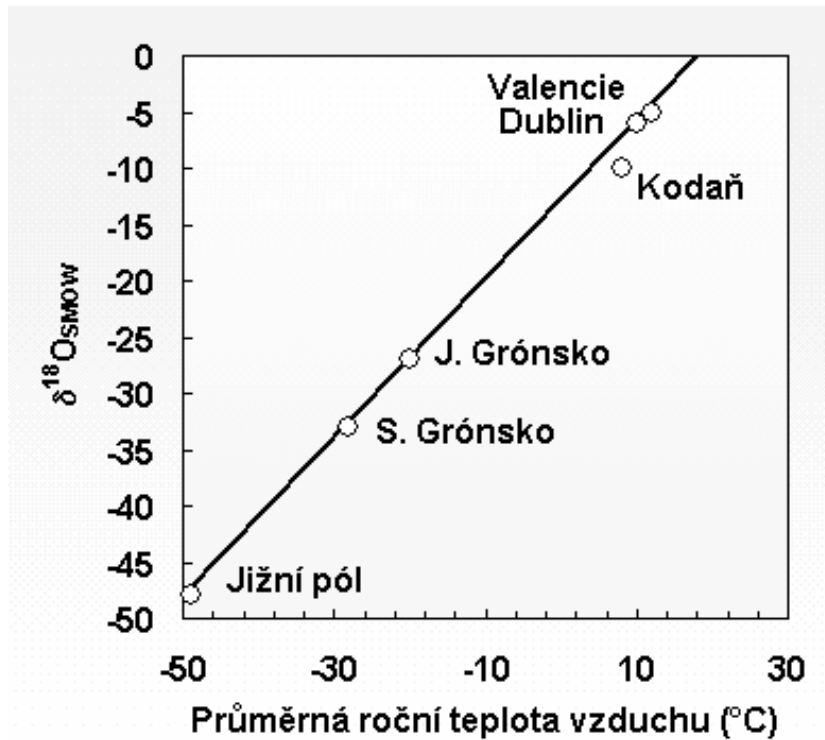
Fraktionace kyslíku mezi různými minerály jako funkce T



Fraktionace S mezi H_2S a dalšími sirnými látkami



Hydrosféra a atmosféra - I



Hydrosféra a atmosféra - II

Urey: frakcionace ^{18}O mezi kalcitem a vodou
 $T (^{\circ}\text{C}) = 16,9 - 4,2 \Delta_{\text{kal-H}_2\text{O}} + 0,13 \Delta_{\text{kal-H}_2\text{O}}^2$

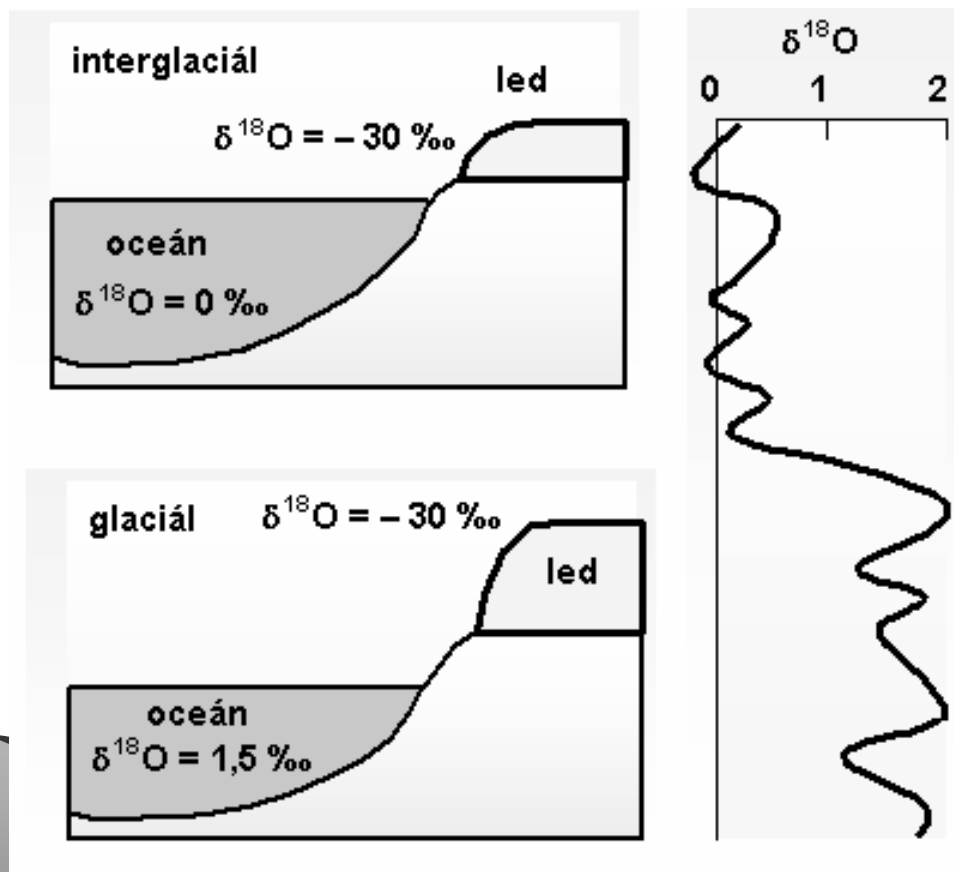
Ledovce Grónska: – 30 až – 35 ‰
Ledovce Antarktidy: – 50 ‰

Dnešní stav:

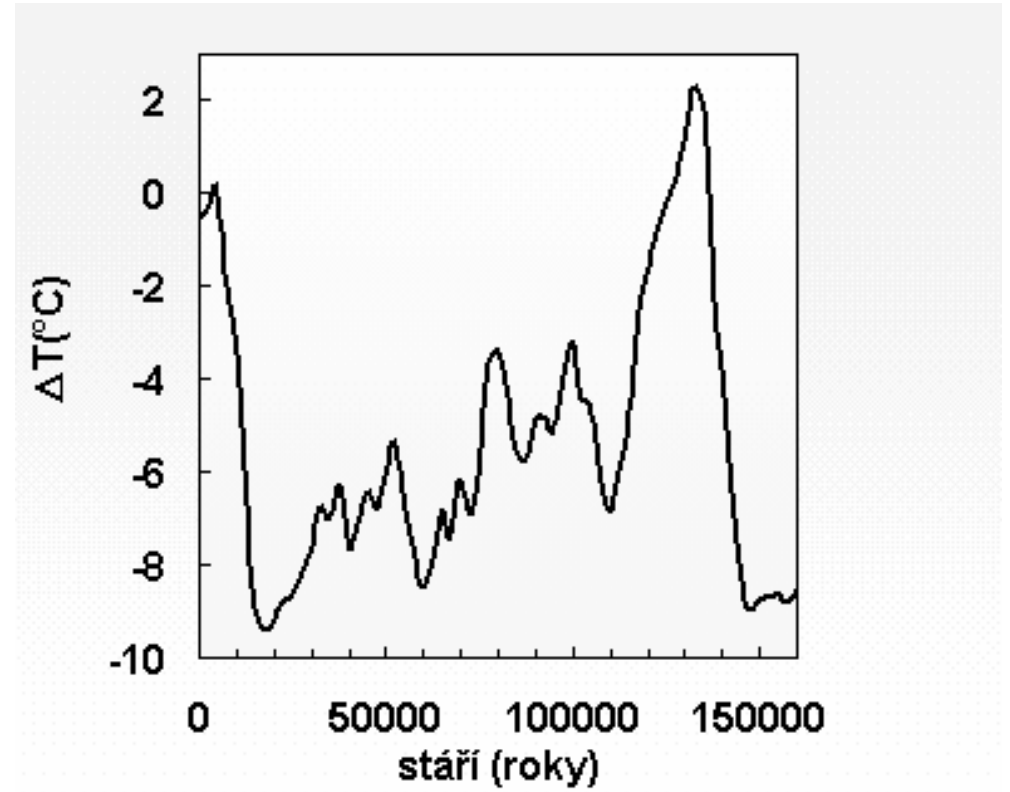
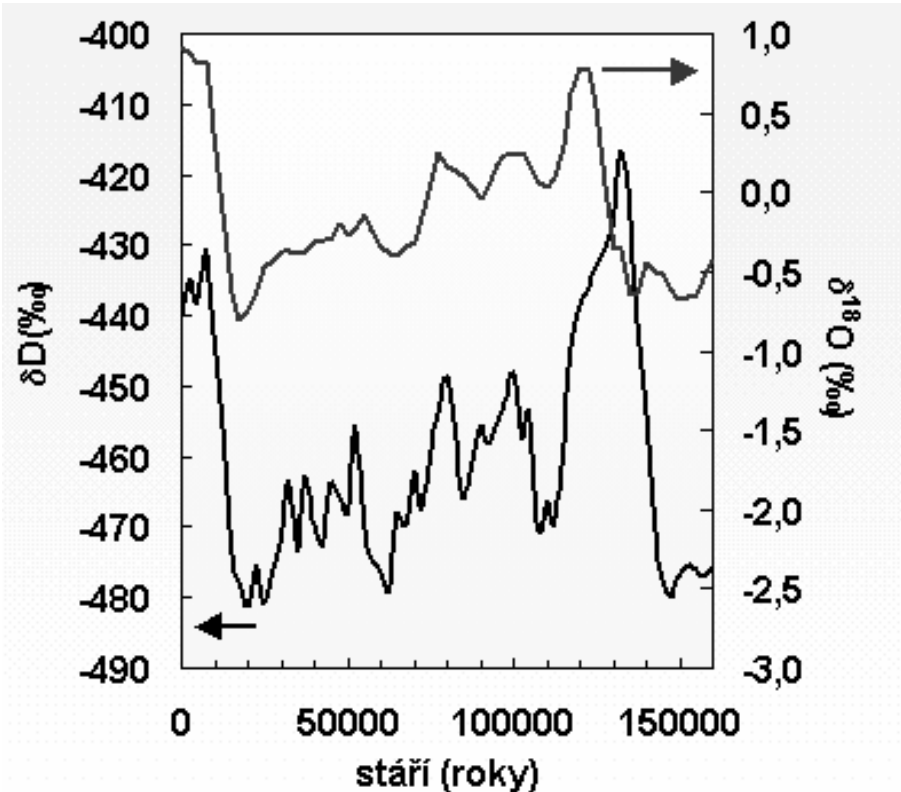
Kontinentální led: 27,5 mil. km^3

Voda v oceánech: 1350 mil. km^3

Ledové doby: vzrůst ledu o 42 mil. km^3
snížení hladiny o 125 m



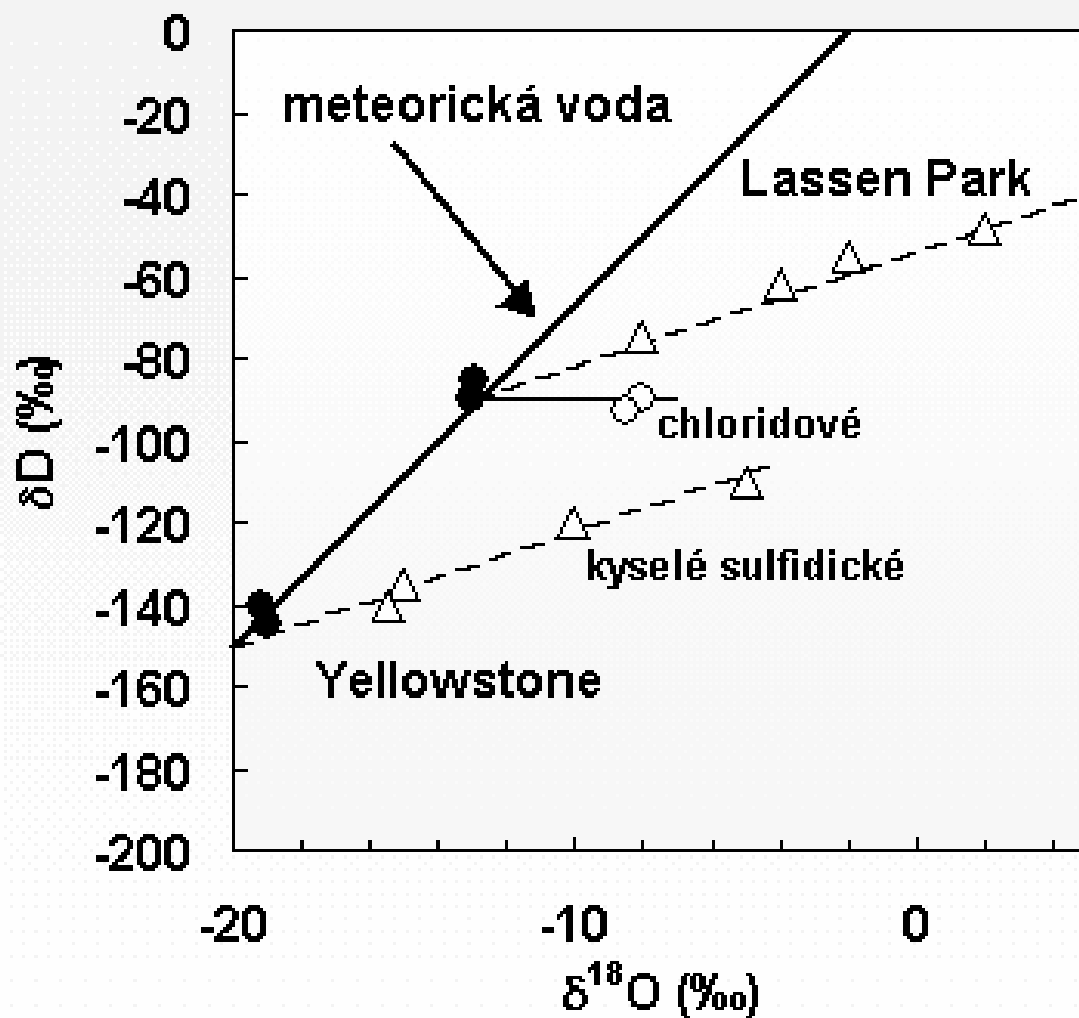
Paleoteploty



Rekonstrukce paleoteplot z ledu vrtu Vostok na základě δD . Křivka $\delta^{18}O$ ukazuje změny izotopického složení oceánu odvozené z karbonátů sedimentů.

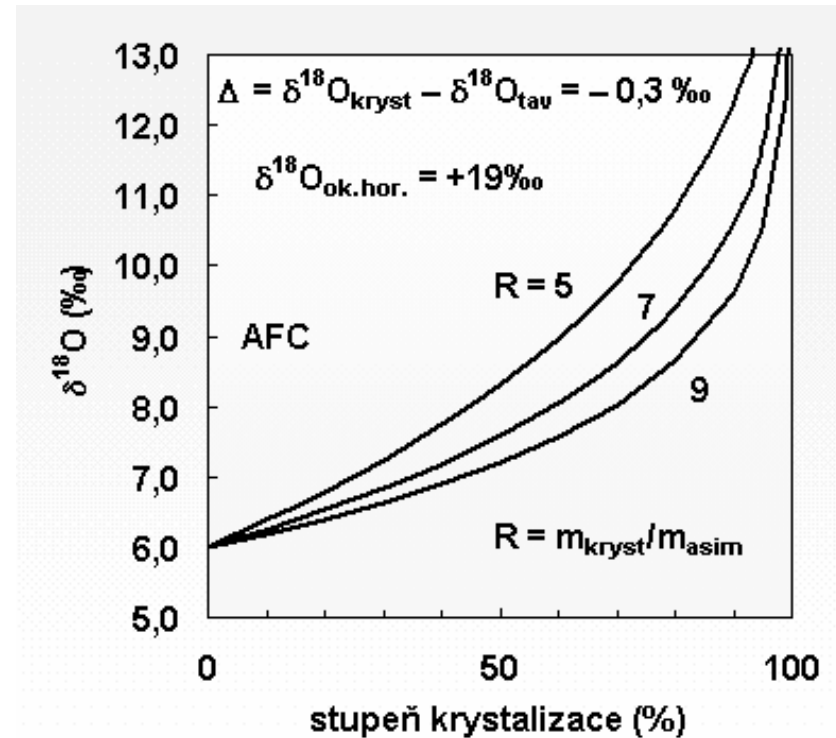
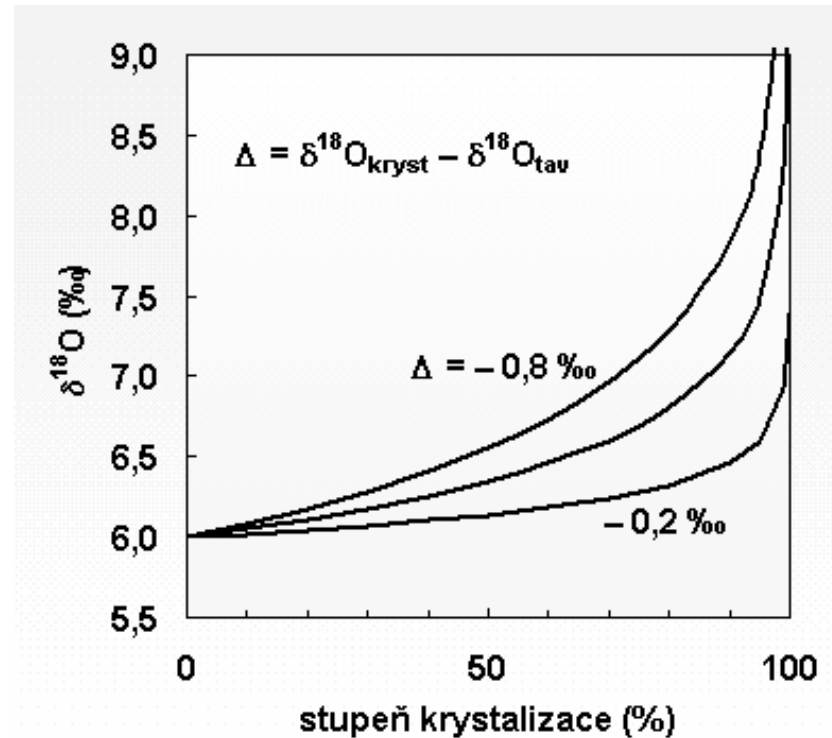


Hydrotermální systémy



Frakcionace δD a $\delta^{18}O$ v meteorických hydrotermálních systémech. K frakcionaci dochází v důsledku zahřívání, varu a míšení vod.

Krystalizace magmatu



Frakční krystalizace

$$R_1 / R_0 = 1 / [f + \alpha (1-f)] \quad \alpha = R_s / R_l$$

$$\Delta = \delta_{\text{tav}} - \delta_o = [R_1 / R_0 - 1] \times 1000$$

$$\Delta = 1000 (f^{\alpha-1} - 1)$$

frakční krystalizace:
pro kyslík α velmi blízké 1

Frakční krystalizace a asimilace (AFC)

$$\delta_l - \delta_o = [(\delta_a - \delta_o) + \Delta \times R] (1 - f(1/(R-1)))$$

l – magma

o - původní magma, a - asimilovaný materiál,

$$\Delta = \delta_l - \delta_{\text{kryst}}$$

R - poměr mezi krystalizovaným a asimilovaným materiálem