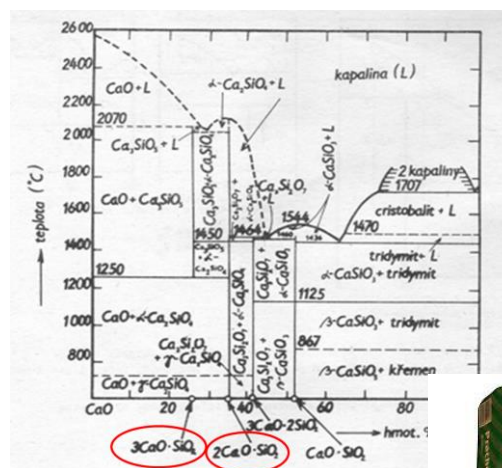


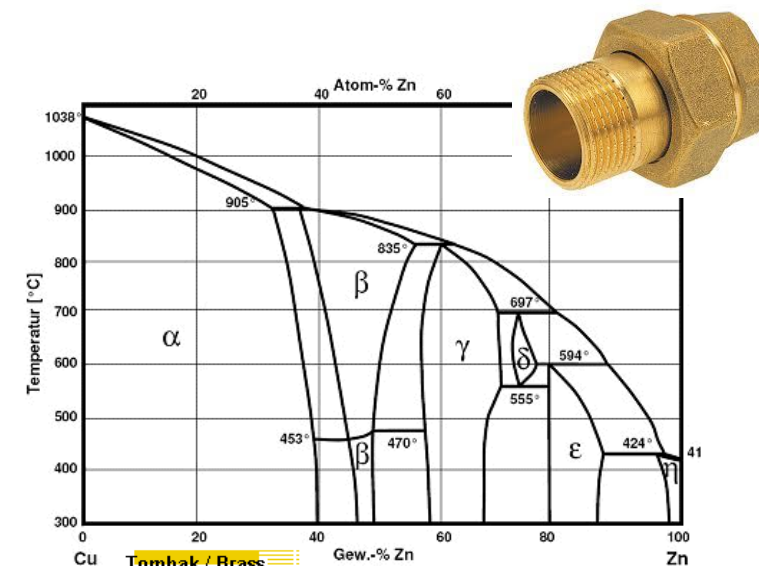
FÁZOVÉ ROVNOVÁHY V SYSTÉMECH S PEVNOU FÁZÍ



posypová sůl:
rovnováha (hodně
rozpustná) sůl - voda



oxidové systémy:
 $\text{CaO} + \text{SiO}_2$



kovové slitiny: $\text{Cu} + \text{Zn}$

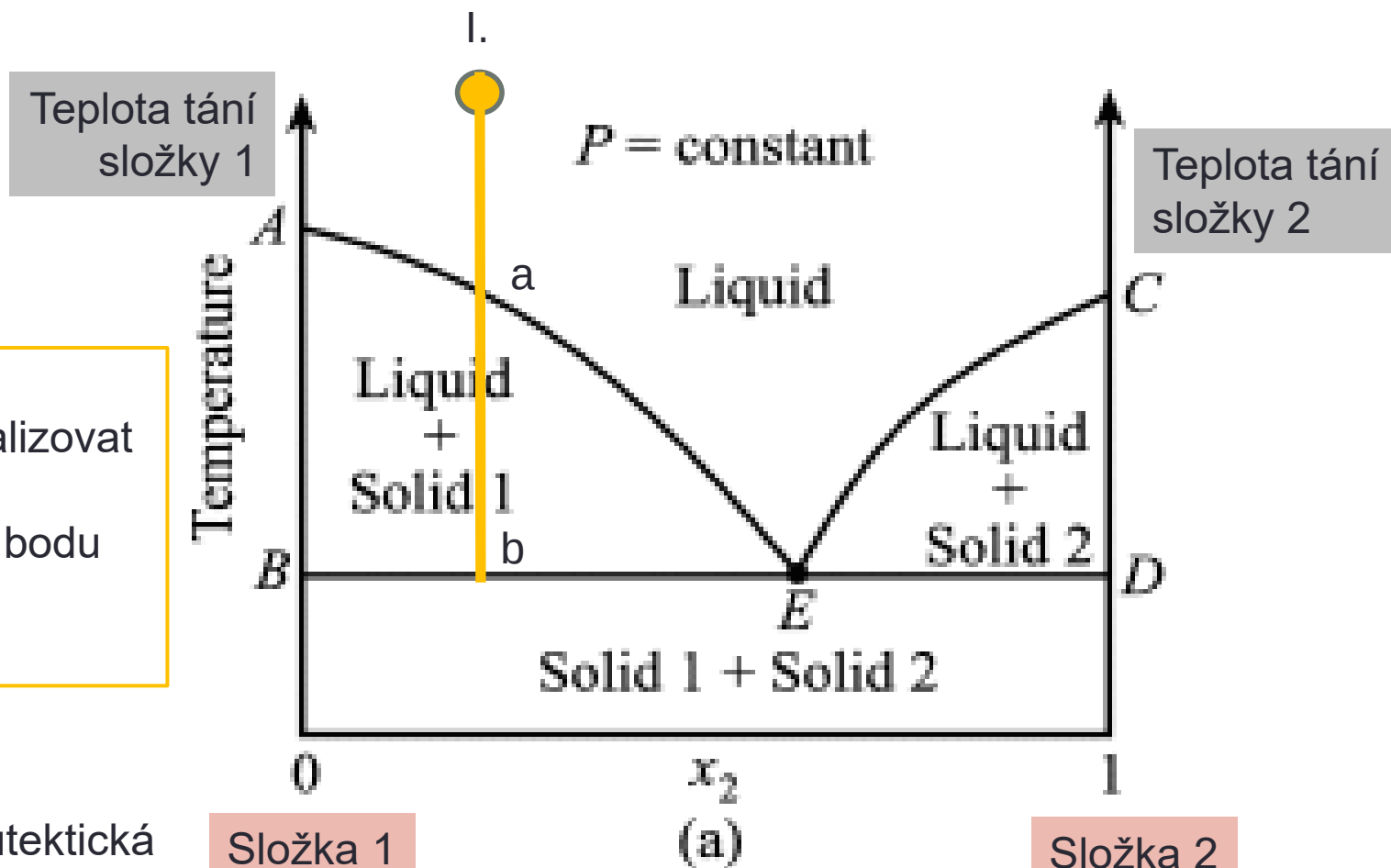
Rovnováha pevná látka - kapalina

- Nejjednodušší situace:
 - Dvě složky
 - Netvoří navzájem sloučeniny
 - Netvoří pevné roztoky
 - Např: voda – sacharóza

Roztok o složení a teplotě I.
Chladím až na křivku (bod a) – začne krystalizovat složka 1
Chladím dál: složka 1 dál krystalizuje až do bodu b, složení roztoku se mění až do bodu E
Zde roztok vymizí – vše ztuhne ztuhne

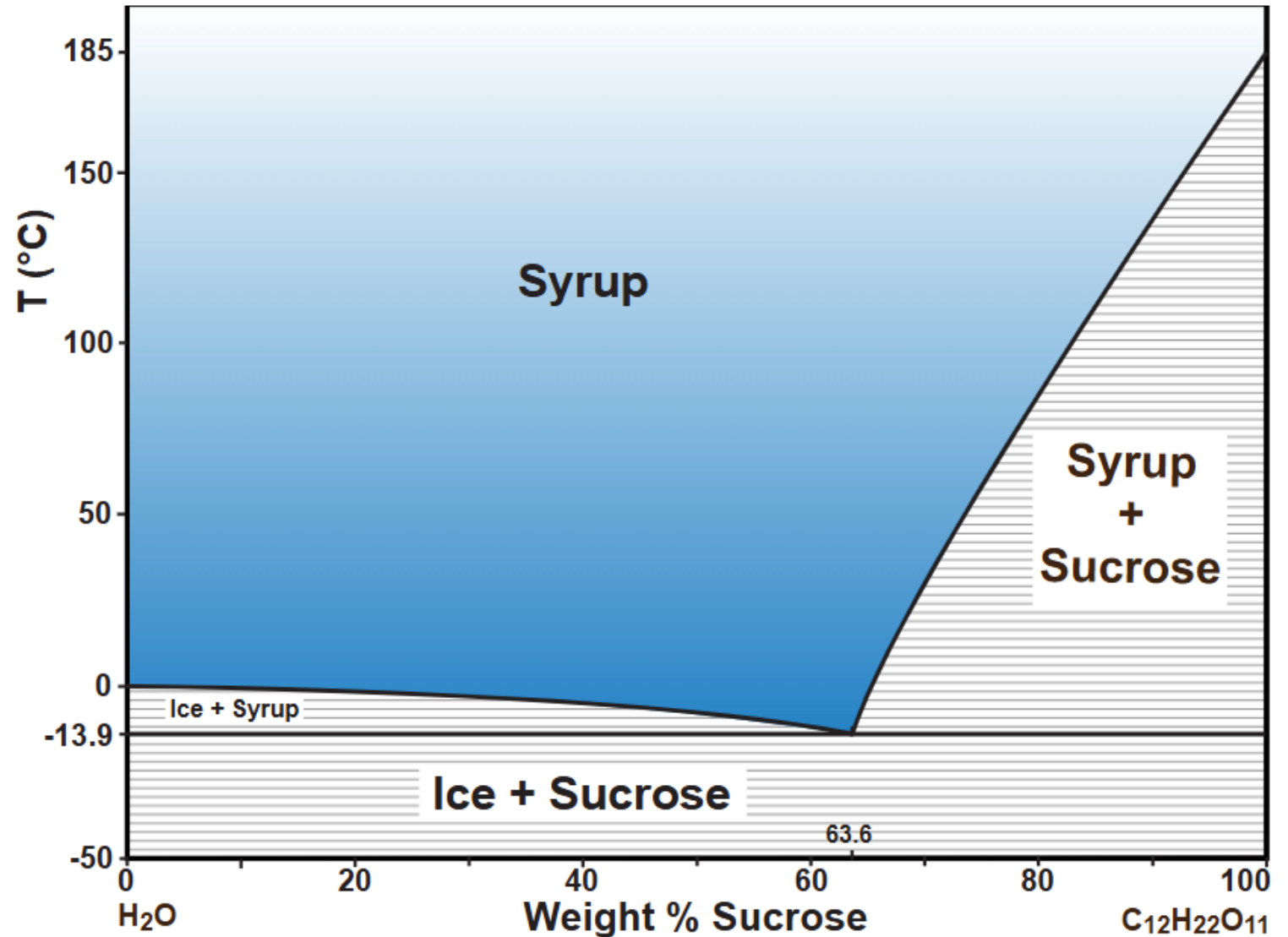
Bod E: **eutektický bod** (eutektická směs, eutektická teplota): nejnižší teplota, při níž je v systému kapalina

Pod eutektickou teplotou: v systému jsou pouze krystaly složek 1 a 2



Pomocí fázového diagramu voda-sacharóza (anglicky sucrose) určete rozpustnost sacharózy ve vodě při 50 °C ve formě:

- a) hmotnostního zlomku
- b) g sacharózy na 100 g vody



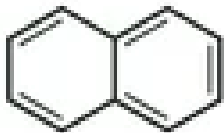
Výpočet křivky solidus-liquidus v systému pevná látka - kapalina

Bude mít vyšší teplotu tání benzen, nebo naftalen?



Benzene

5,5 °C



Naphthalene

80 °C



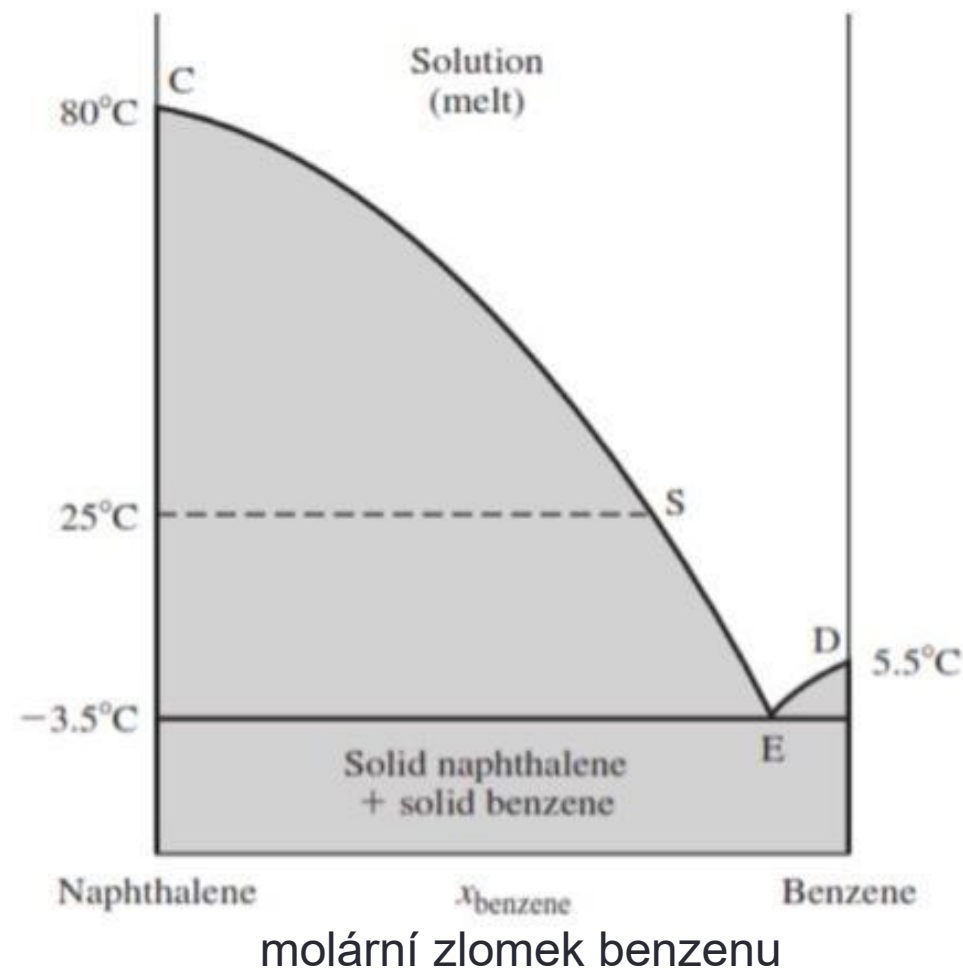
Pro složku i platí, že:

$$\ln x_i = \frac{\Delta H_{\text{tání},i}}{R} \left(\frac{1}{T_{\text{tání},i}} - \frac{1}{T} \right)$$

molární zlomek i

aktuální teplota

Určete rozpustnost naftalenu v benzenu při 25 °C.
Měrná entalpie tání naftalenu je 18,8 kJ/mol.

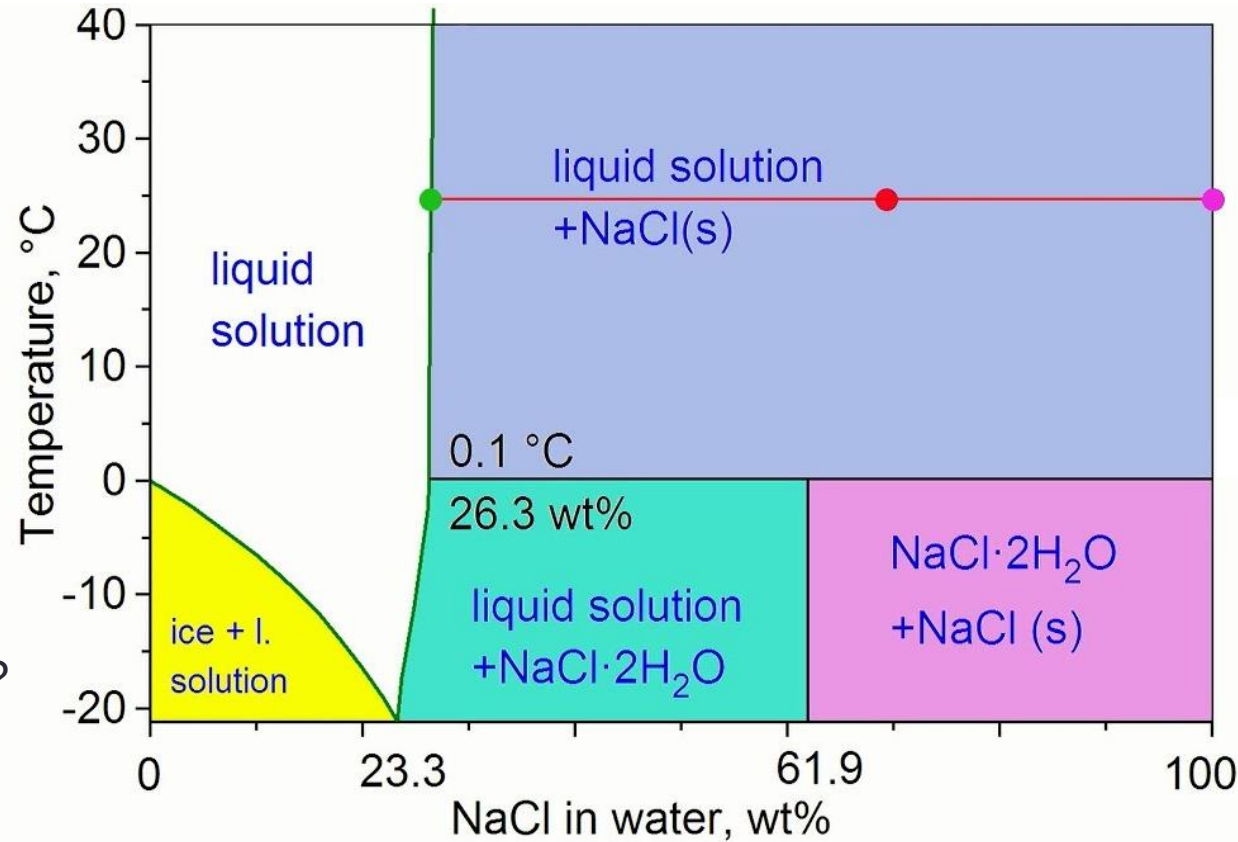


Fázový diagram pevná látka – kapalina: systém voda-NaCl

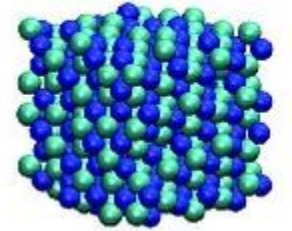
Teplota tání NaCl: 801 °C

Co vše diagram říká:

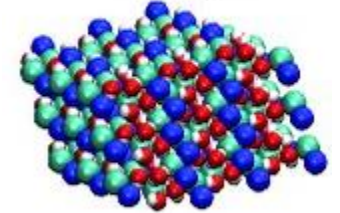
- eutektický bod -21 °C (solení chodníků a silnic)
- NaCl tvoří bezvodé krystaly a dihydrát
- při odpařování za „kladné“ teploty krystalizuje bezvodý NaCl
- Jak připravím krystaly NaCl·2H₂O?



NaCl krystal



NaCl·2H₂O krystal



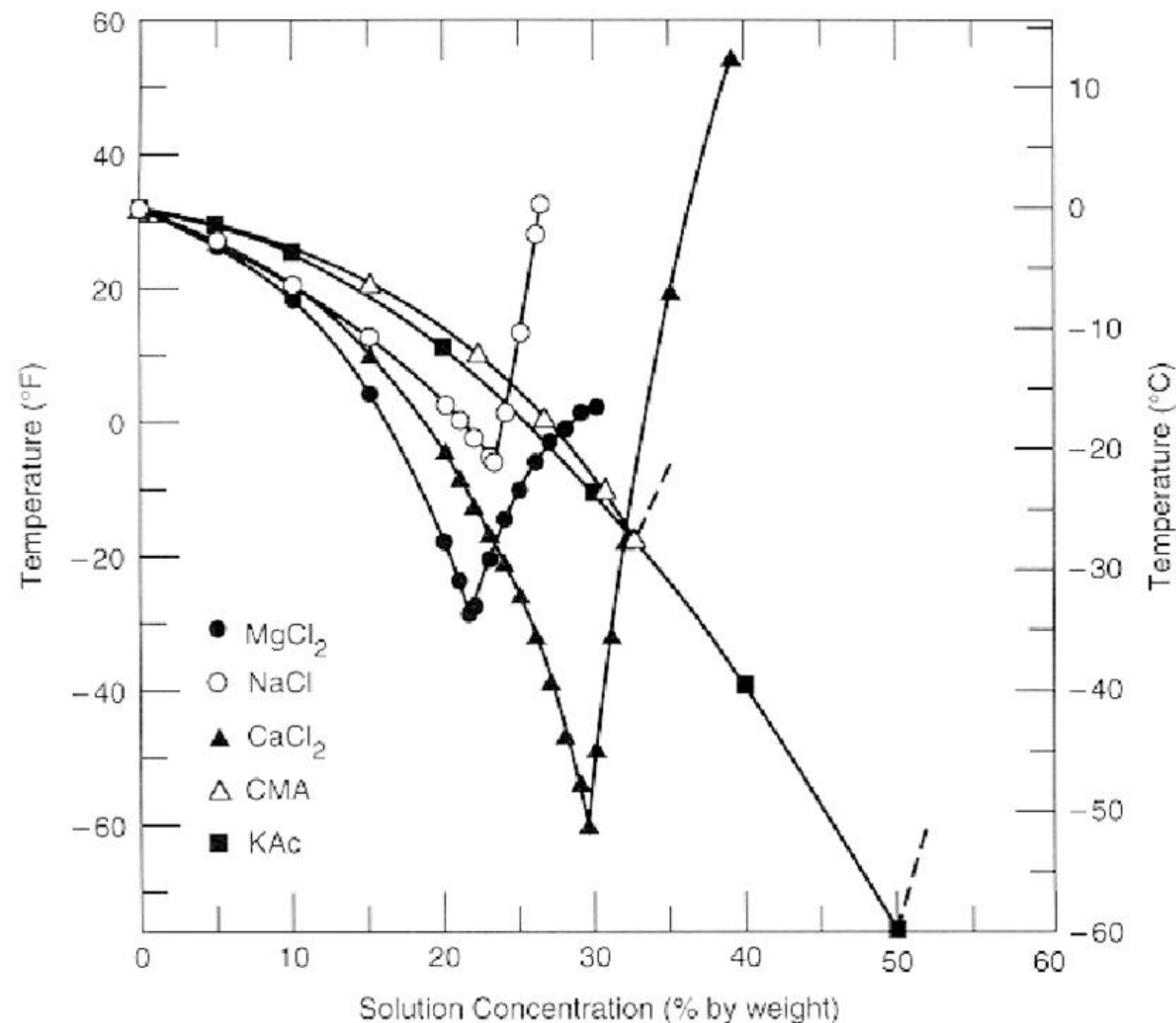
Připravím roztok o obsahu 24 % NaCl, ochladím ho pod 0,1 °C a odpařím vodu (pomocí sníženého tlaku) – vykrystalizuje dihydrát NaCl·2H₂O.

svislá čára: existence pevné látky odpovídajícího složení: zde **voda, NaCl, NaCl·2H₂O**

Chemické rozmrazovací látky: různé soli

Material	Chemical Formula	Forms Used	Eutectic Temperature (°F) and concentration (%)		Annual Usage (tons) [†]	Median Cost (USD) per Ton [‡]
Sodium chloride	NaCl	Solid and brine	-5.8	23.3	4,773,000	\$42
Calcium chloride	CaCl ₂	Solid and brine	-60.0	29.8	47,679	\$140
Magnesium chloride	MgCl ₂	Solid and brine	-28.0	21.6	149,724	\$111
Calcium Magnesium Acetate	CaMgAc	Liquid and solid	-17.5	32.5	21,817	\$1,492
Potassium Acetate	KAc	Liquid	-76.0	49.0	56	\$1,166

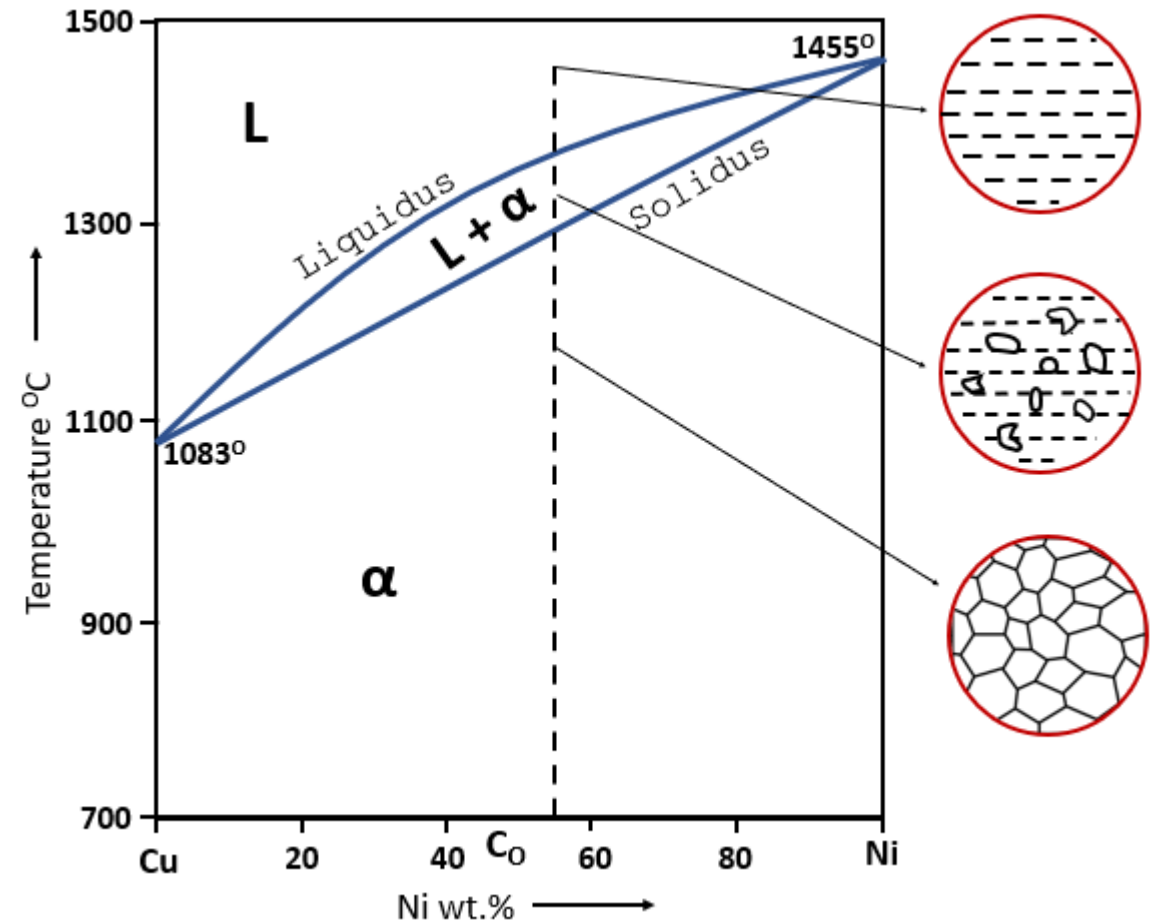
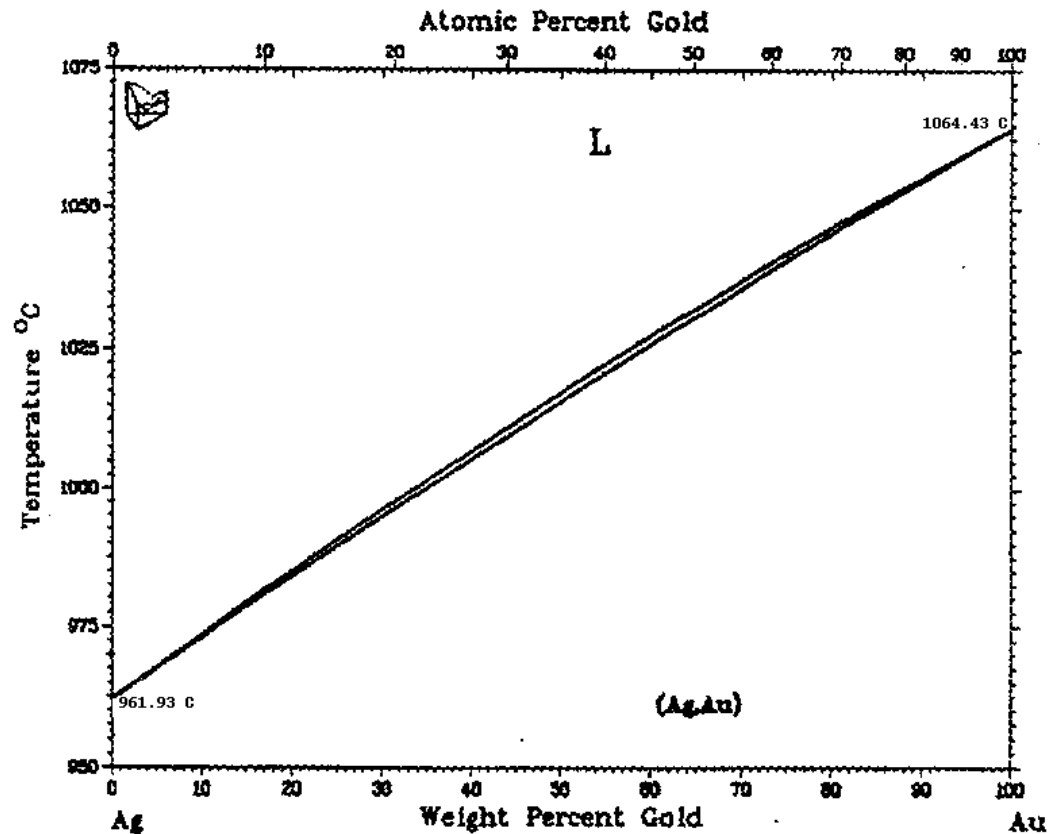
[†] North America, from TRB, 2007; [‡] 2003 values adjusted to 2009 based on CPI



CMA... octan vápenato-hořečnatý
KAc... octan draselný (potassium acetate)

Fázový diagram pevná látka – kapalina: dokonale mísitelné látky

Zlato a stříbro: vytvářejí ideální roztok v celé šíři složení (žádné sloučeniny)



Fázový diagram pevná látka – kapalina: systém s tuhými roztoky

α ..tuhý roztok B v A

β ..tuhý roztok A v B

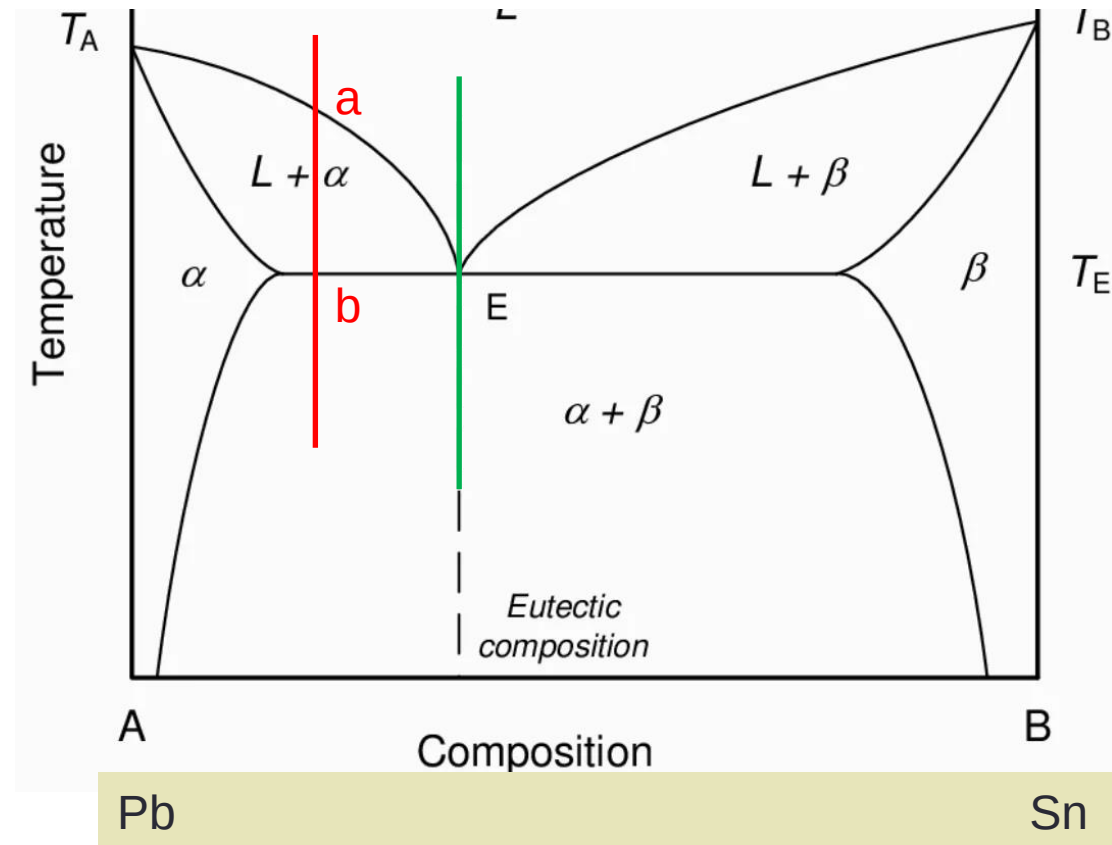
Velmi často se takto chovají kovové slitiny

chlazení červené taveniny:

a..začne krystalizovat α , složení taveniny se mění podle křivky s-l, složení α se také mění
b..systém zatuhne, krystaly α v eutektiku: zatuhlá zbytková tavenina

chlazení zelené taveniny – eutektické:

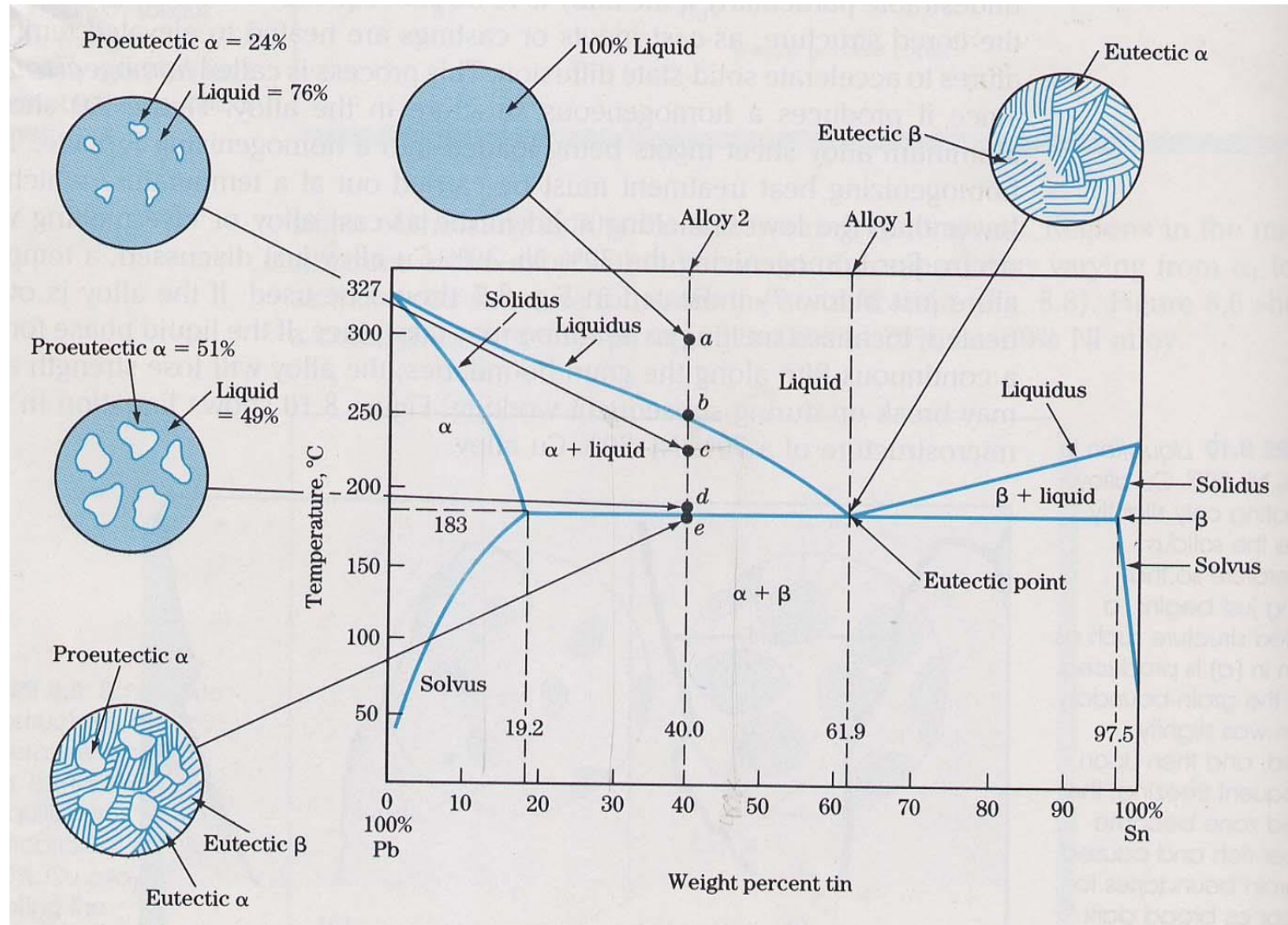
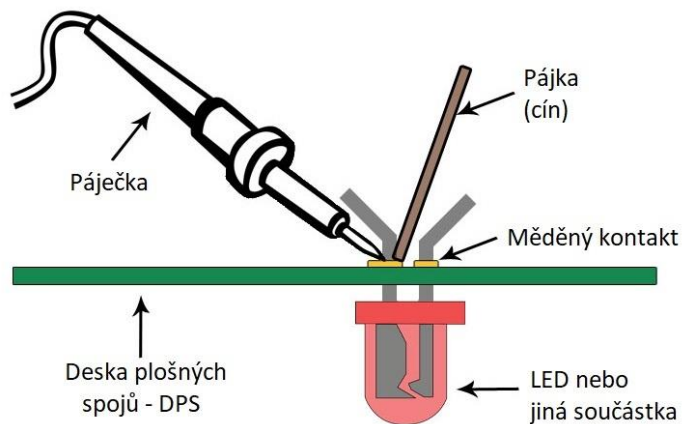
v bodě E tavenina ztuhne – vytvoří jí směs malých krystalků α a β



Fázový diagram pevná látka – kapalina: systém s tuhými roztoky

PbSn slitiny – použití jako pájky
Složení ovlivňuje:

- Teplotu tání
- elektrickou vodivost
- Pevnost v tahu
- Pevnost ve smyku
- Modul pružnosti

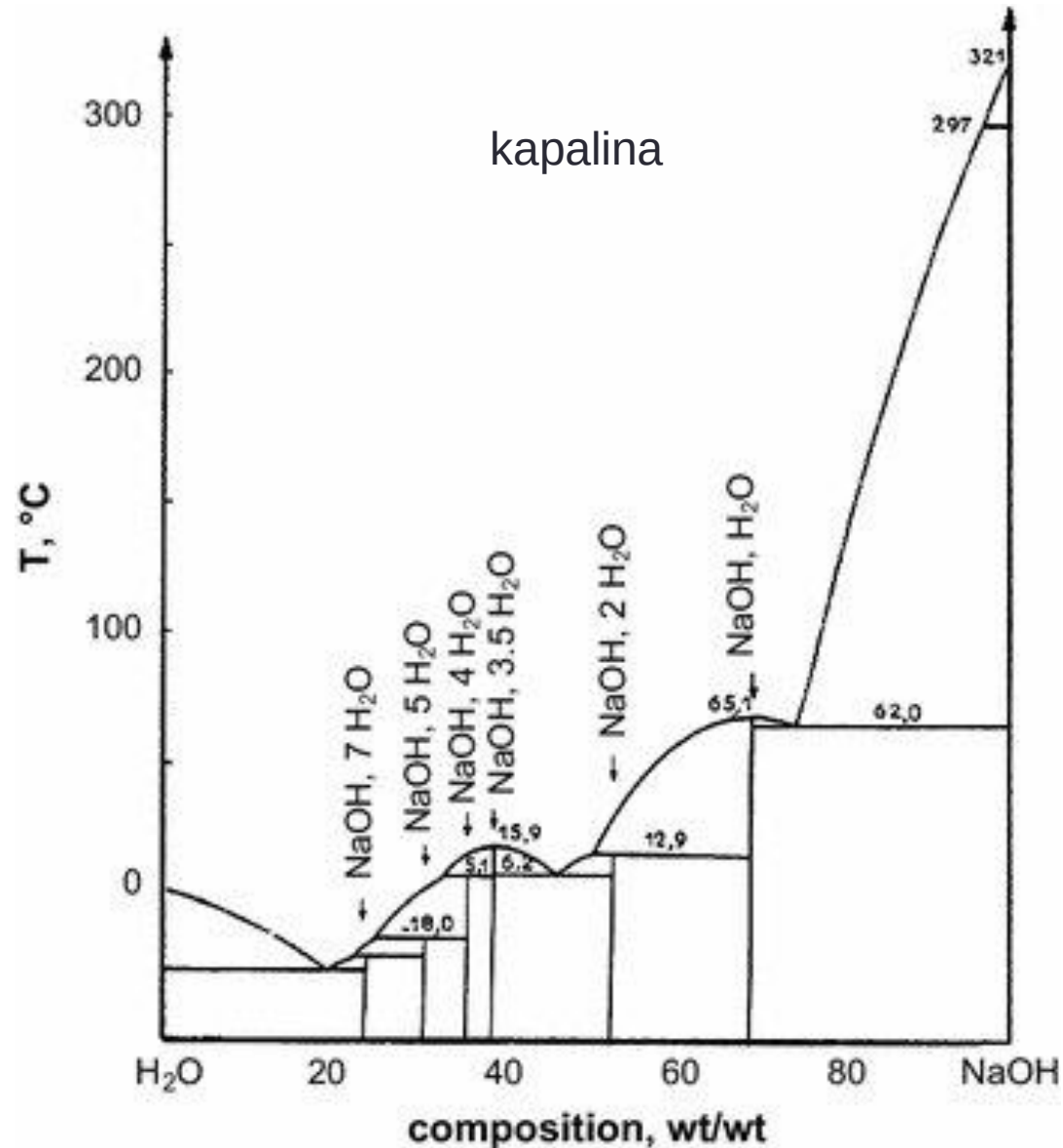


Kongruentní a inkongruentní tání pevné sloučeniny

Kongruentní tání: sloučenina roztaje na kapalinu
o stejném složení (zde $\text{NaOH} \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ a $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Inkongruentní tání: sloučenina roztaje na kapalinu
o jiném složení + jinou pevnou látku

zde $\text{NaOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{kapalina}$



Peritektická reakce

V podstatě opak inkongruentního tání: reakcí kapaliny s pevnou látkou vzniká jiná pevná látka

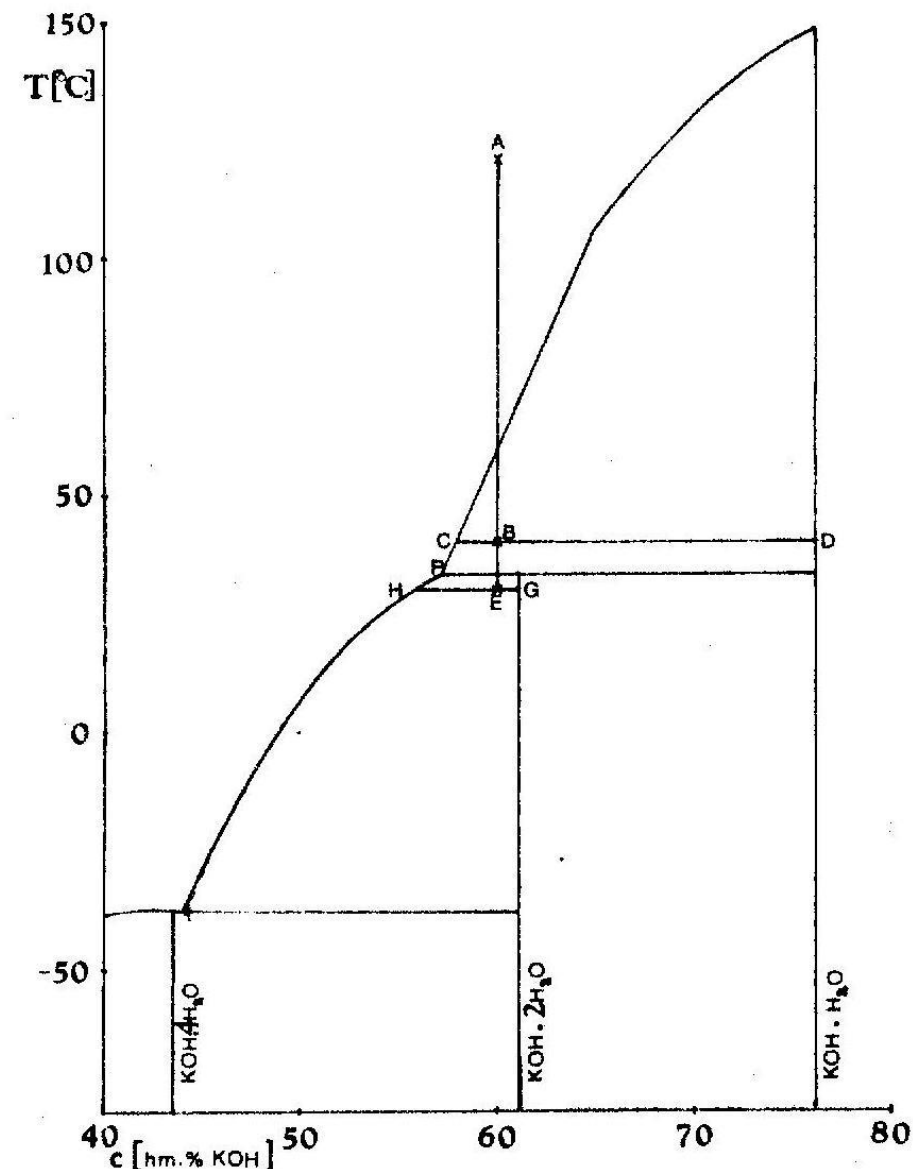
Horký roztok louhu KOH (120 °C, 60 hm. % KOH, 100 kg) byl ochlazen na 40 °C.

Jaká látka vykrytalizovala, kolik jí bylo a jaké bylo složení zbývajícího matečného louhu?

V případě výroby pevného hydroxidu (monohydrátu), jaká krystalizační teplota je nejvýhodnější?

Co by se stalo, pokud bychom kapalinu dále chladili pod peritektickou teplotu (bod P)?

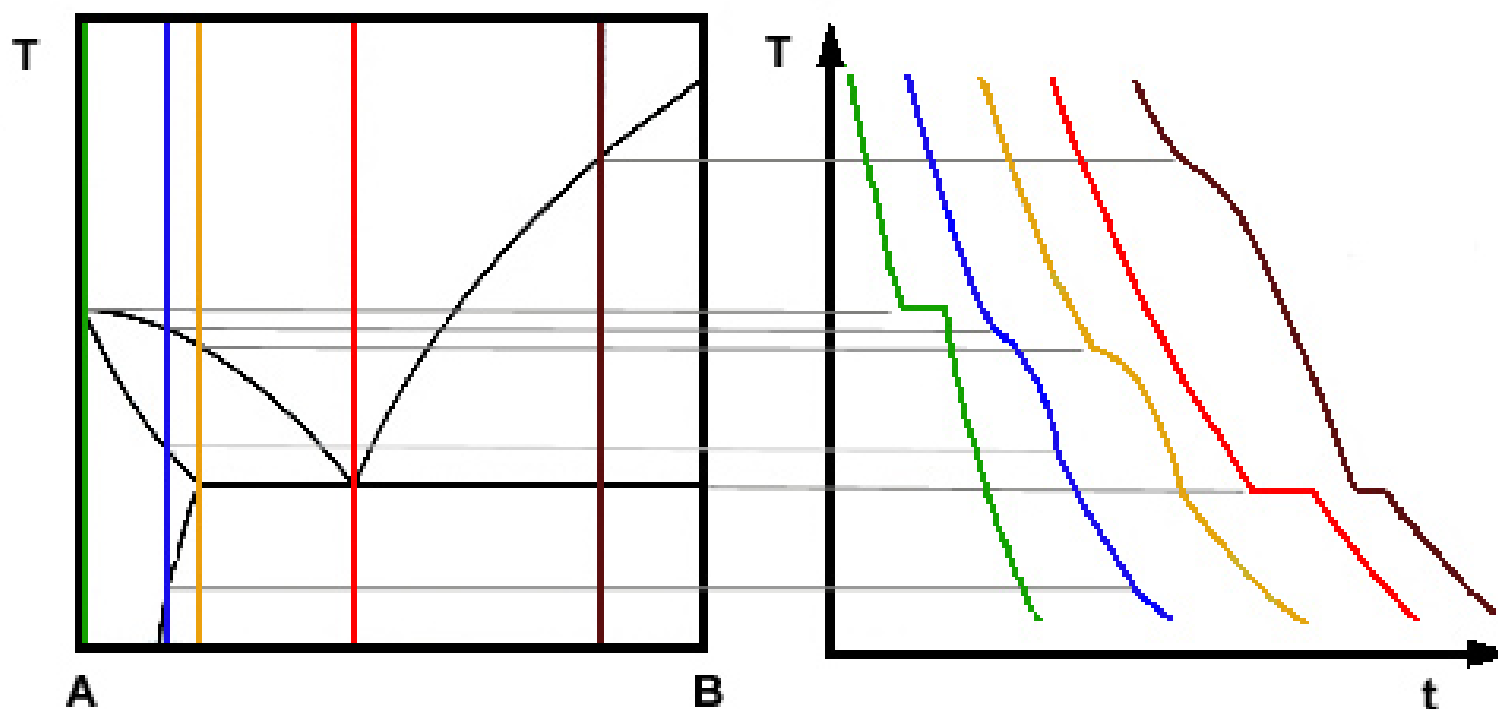
Peritektická reakce:



Obr. 2.2. Závislost rozpustnosti KOH ve vodě (hm.%) na teplotě

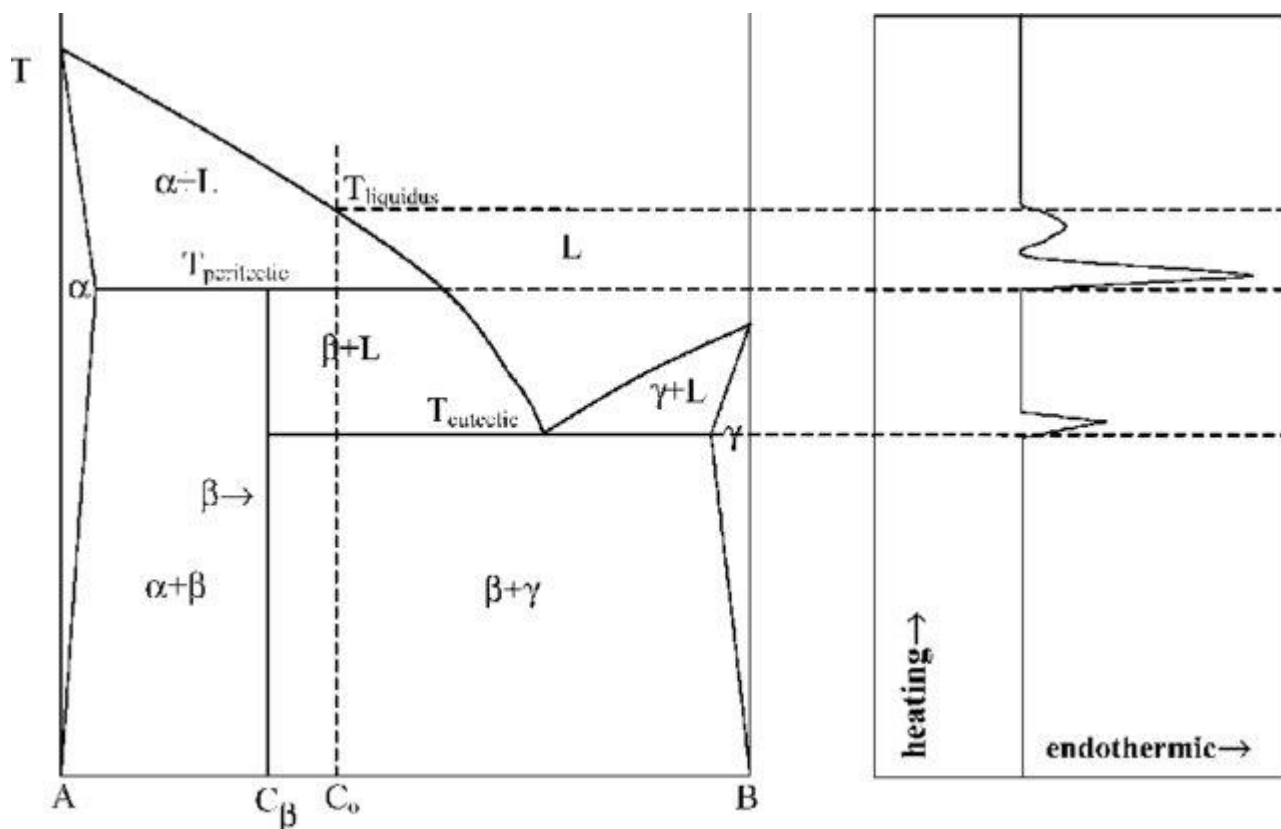
Studium fázových rovnováh v systémech pevná látka - kapalina

Chladicí křivky: připraví se kapalina (tavenina) definovaného složení a nechá se pomalu chladnout
Měří se pokles teploty v čase – zlom na chladicí křivce znamená průběh nějakého rovnovážného procesu (tuhnutí, rekrystalizace)



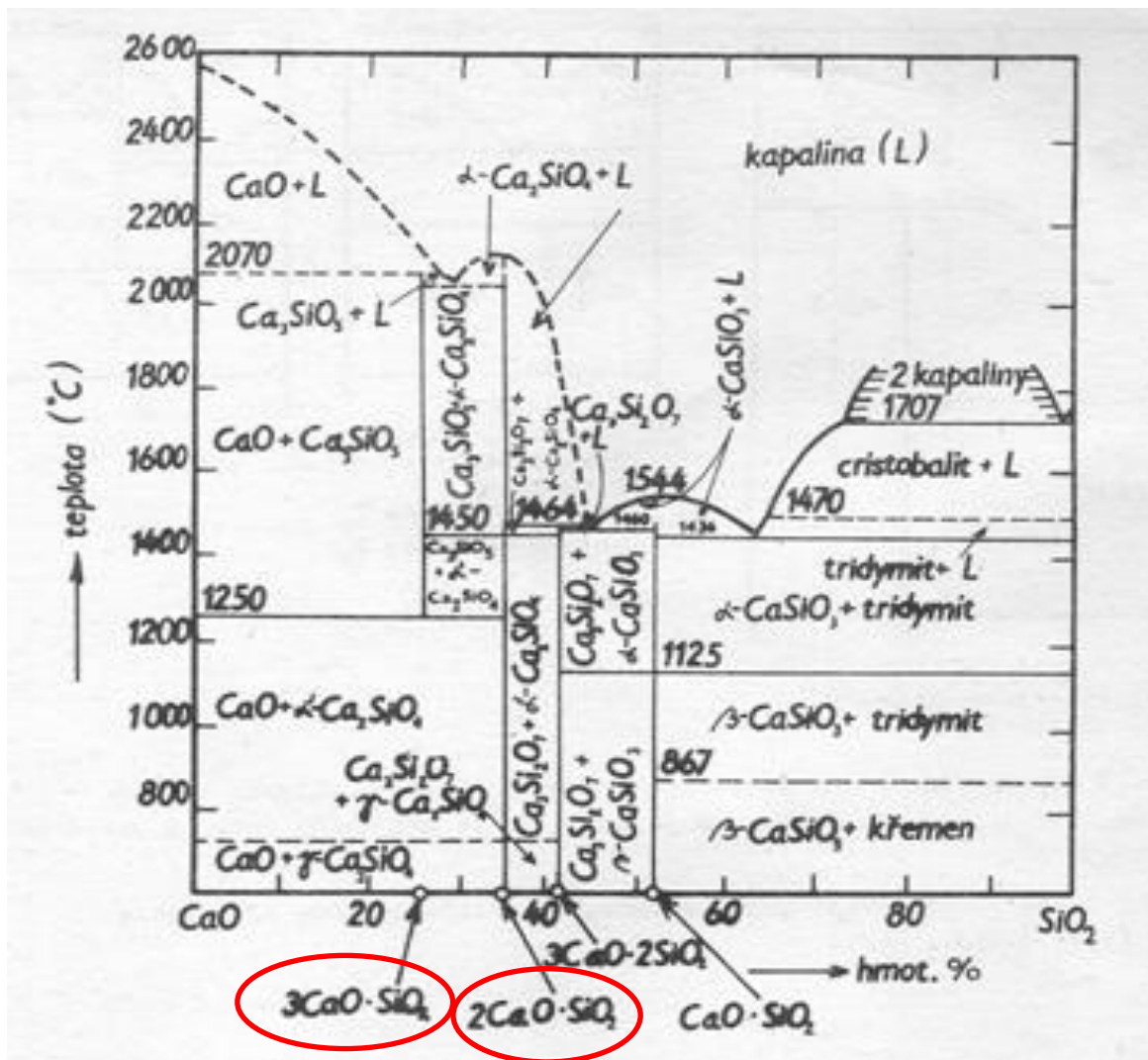
Studium fázových rovnováh v systémech pevná látka - kapalina

Pomocí diferenční skenovací kalorimetrie (DSC): připraví se směs požadovaného složení a postupně se taví. Měří se tepelný tok – výchylka znamená průběh fázové změny



Body z termické analýzy, kombinace s mikroskopií a fázovou analýzou = kompletní fázový diagram

System $\text{CaO} - \text{SiO}_2$.. silikátové cementy



Vznikají 4 sloučeniny:



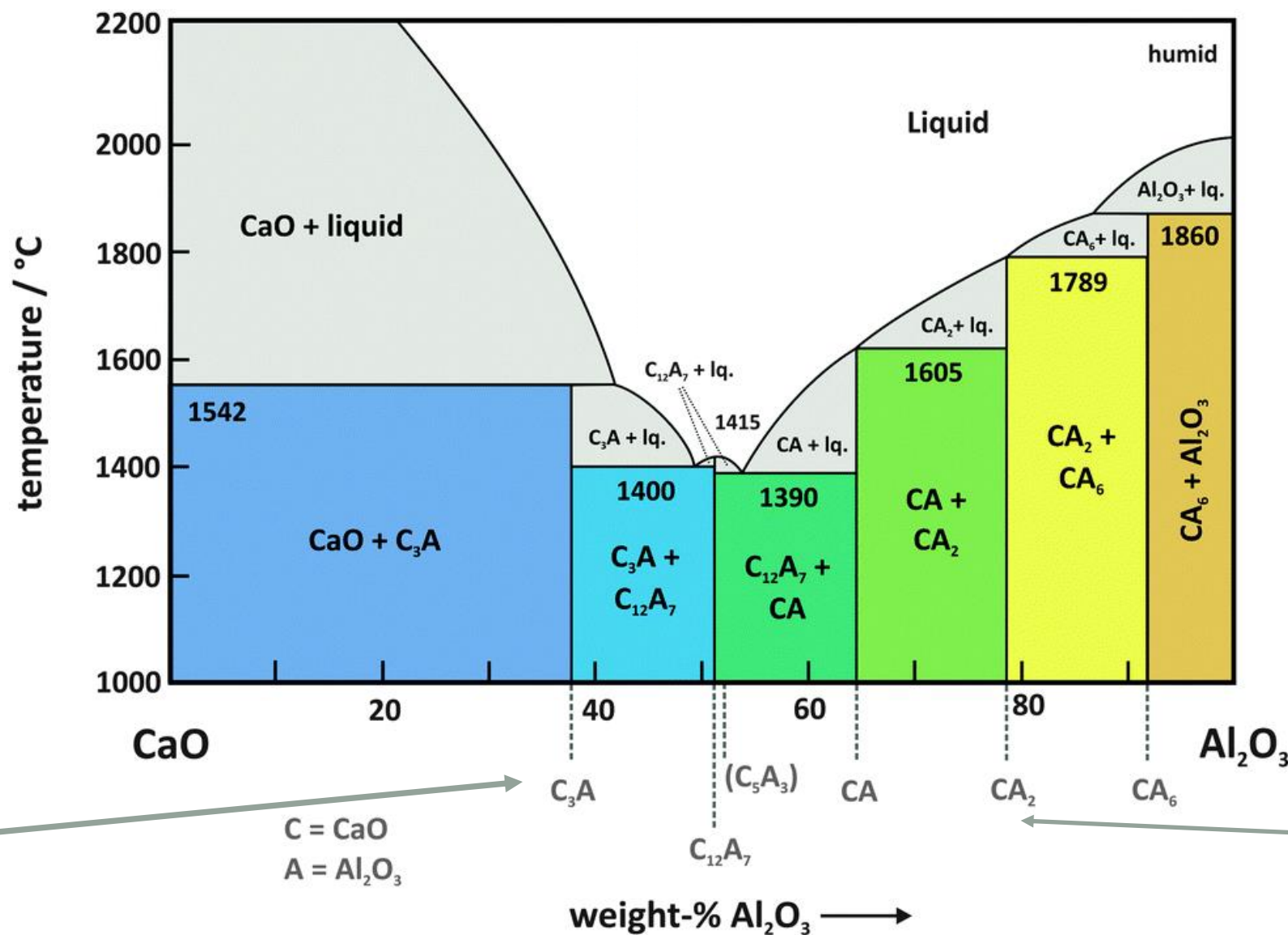
C_3S : stabilní pouze v oblasti 1250 – 2000 °C

Rozpad alitu při 1250 °C



*Aby se nestihl rozpadnout,
musí se slínek
rychle ochladit*

System $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$.. hlinitanové cementy



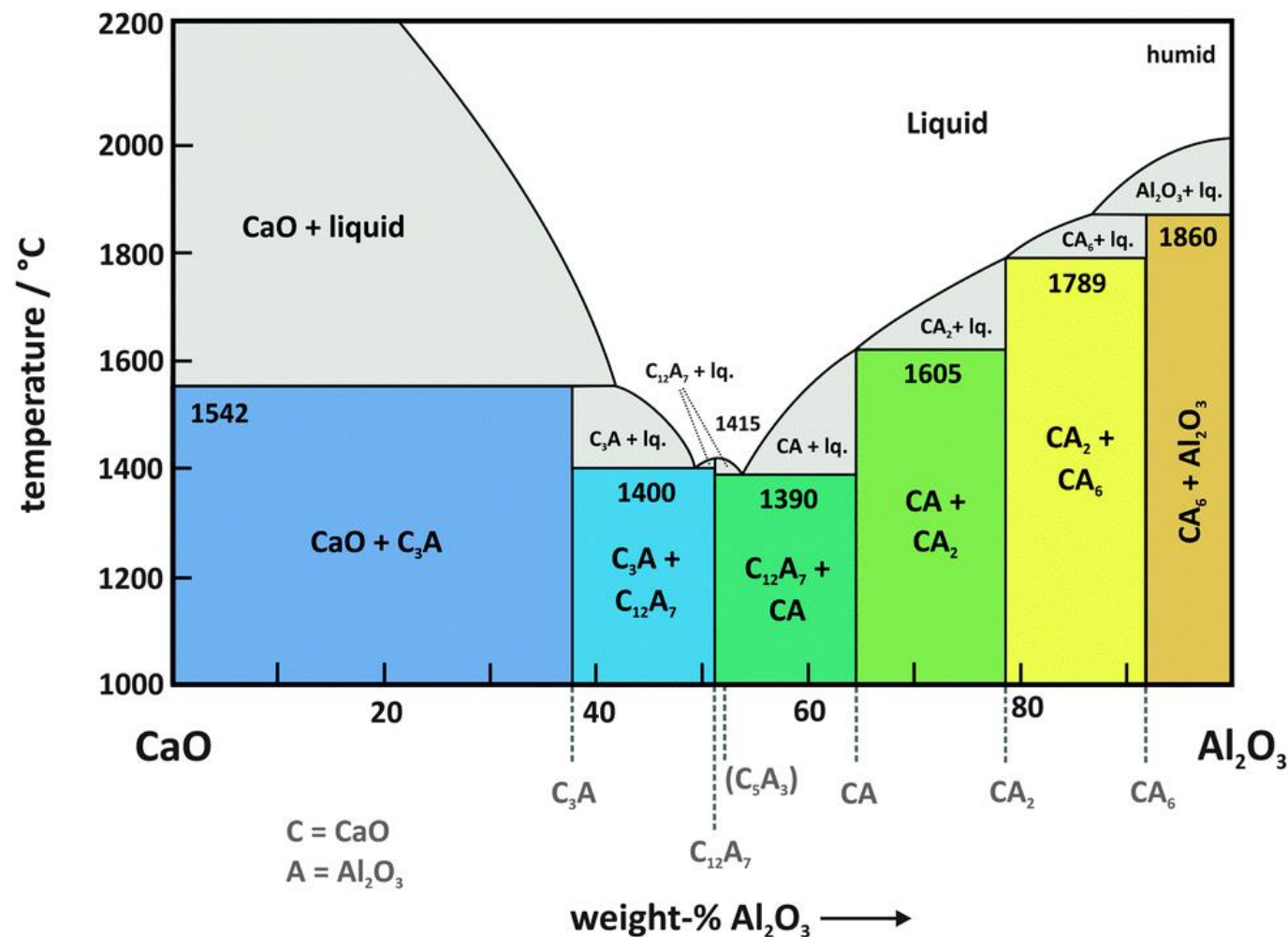
C_3A ..součást
portlandského
cementu

CA a CA_2
hlavní složky
hlinitanových
cementů

Hlinitanový cement se vyrábí tavením směsi vápence (čistý CaCO_3) a bauxitu (85 % Al_2O_3 , 5 % SiO_2 , 10 % H_2O).
 Určete složení produktu, který vzniká při tavení 40 kg vápence a 60 kg bauxitu.
 Jaká teplota materiálu musí být při výrobě dosažena?

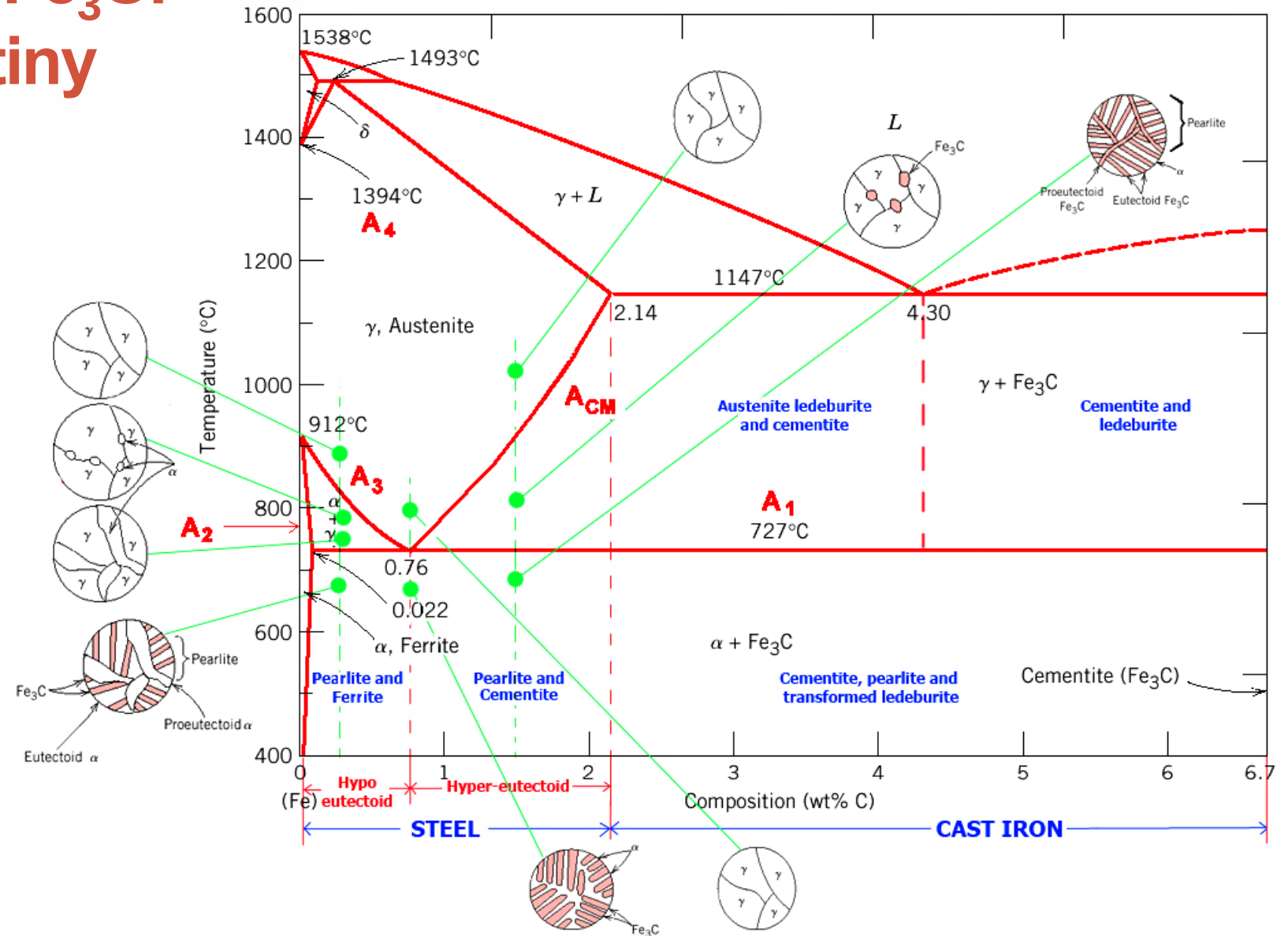
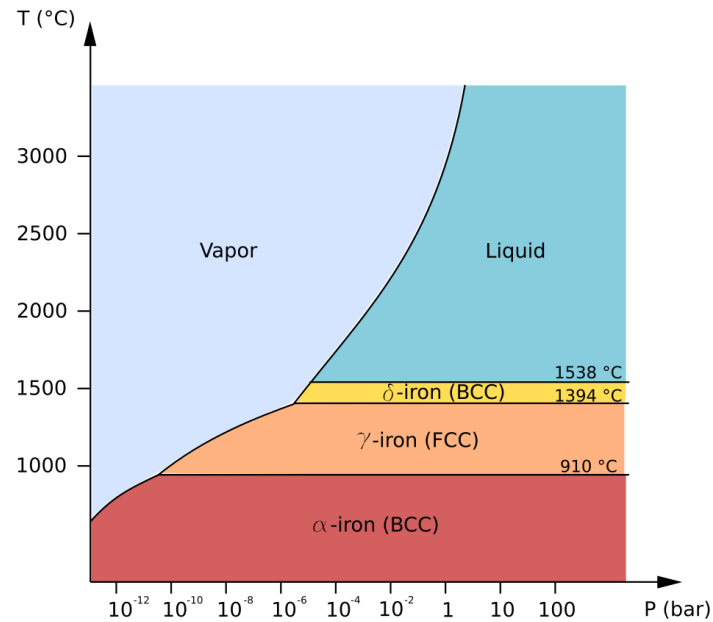
$$M_{\text{CaCO}_3} = 100 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{CaO}} = 56 \text{ g/mol}$$



Fázový diagram Fe-Fe₃C: základ pro oceli a litiny

Alotropické modifikace železa:



Zakreslujte:

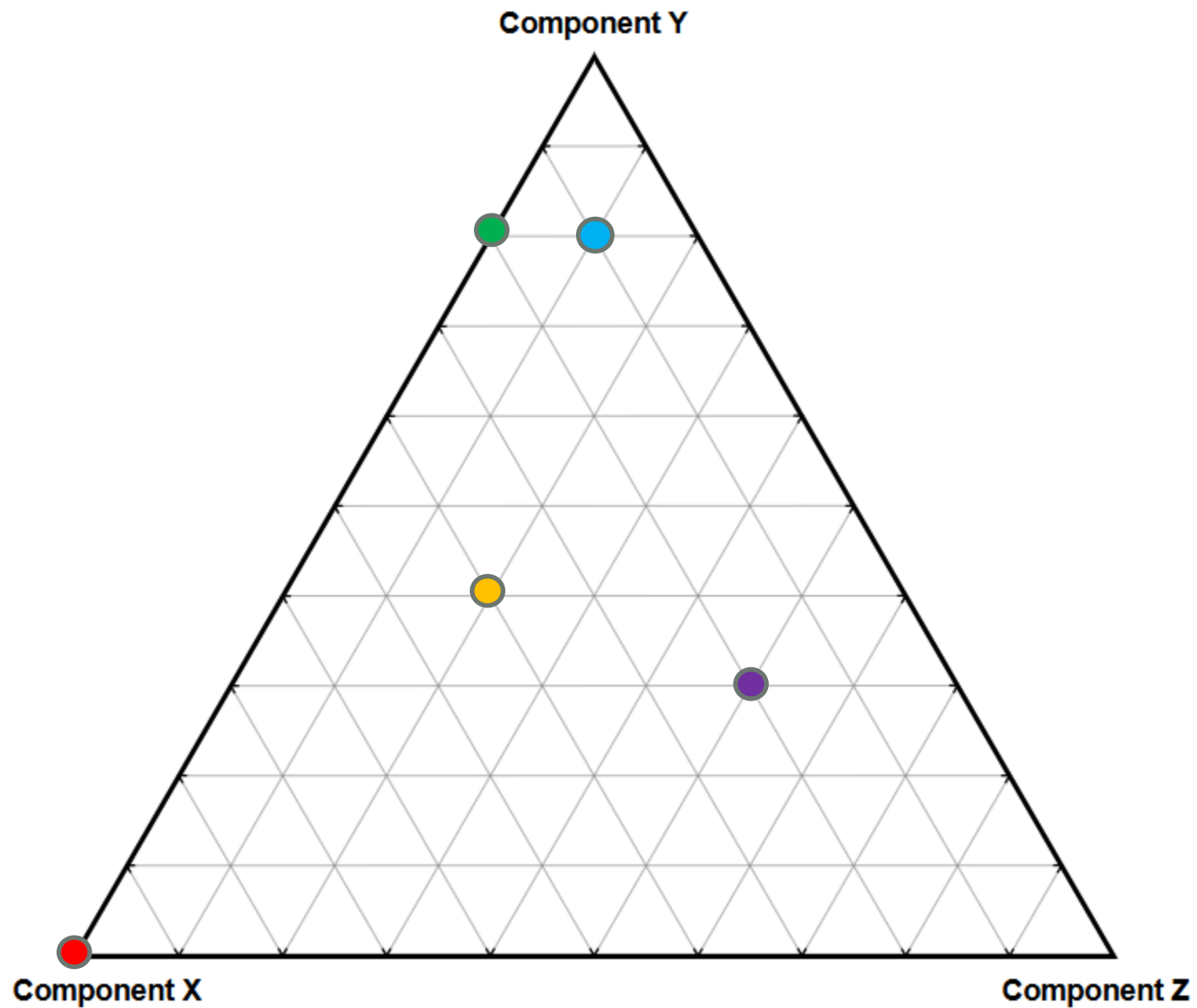
100 % X

20 % X, 80 % Y

10 % X, 80 % Y, 10 % Z

20 % X, 30 % Y, 50 % Z,

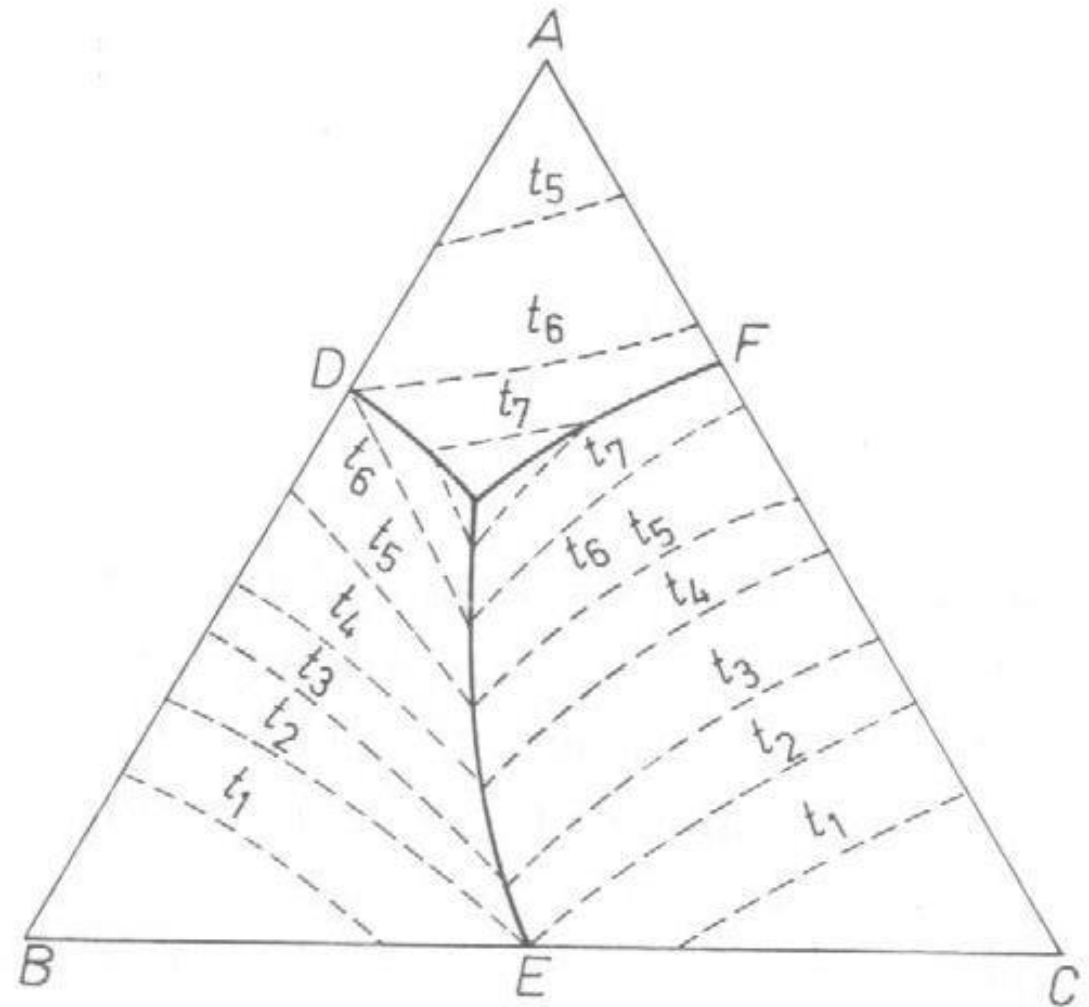
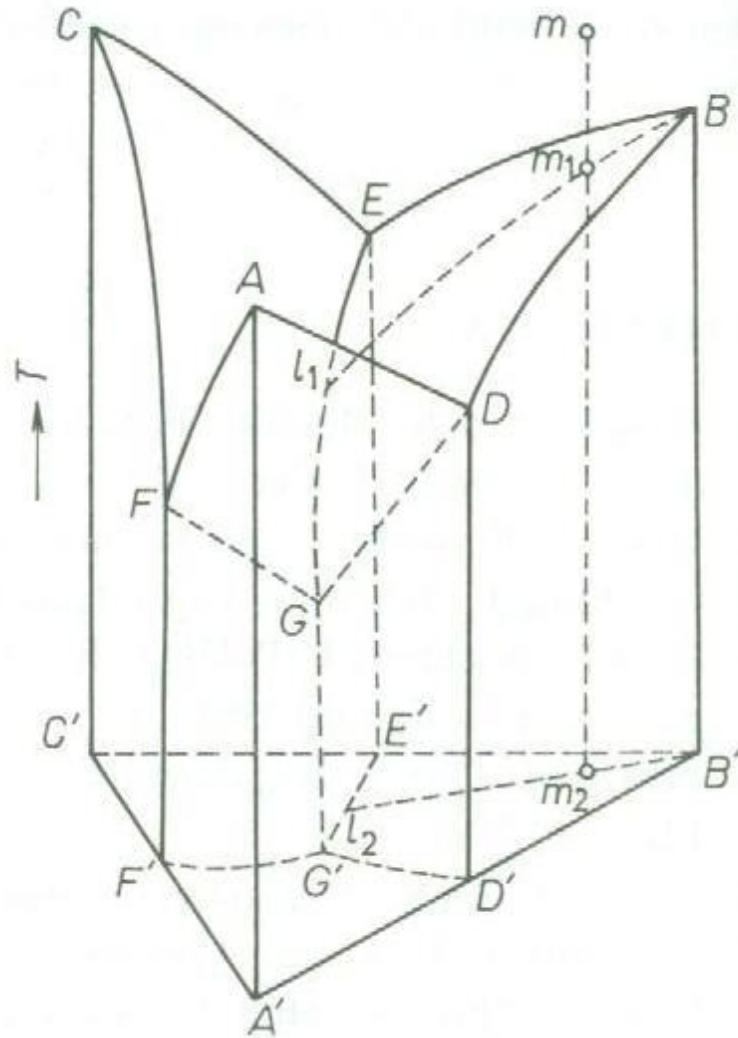
40 % X, 40 % Y, 20 % Z



Ternární fázové diagramy

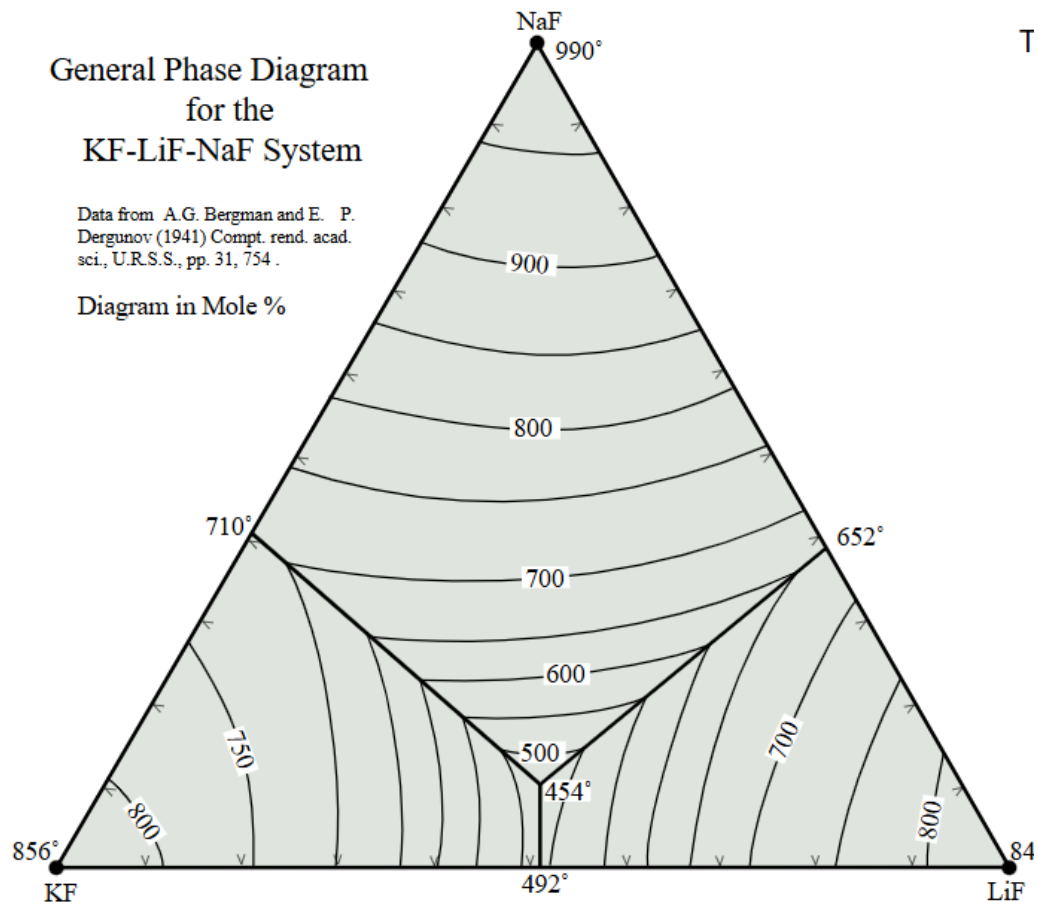
3 složky + teplota: 3D nebo „vrstevnice“

A, B, C: teploty tání čistých složek

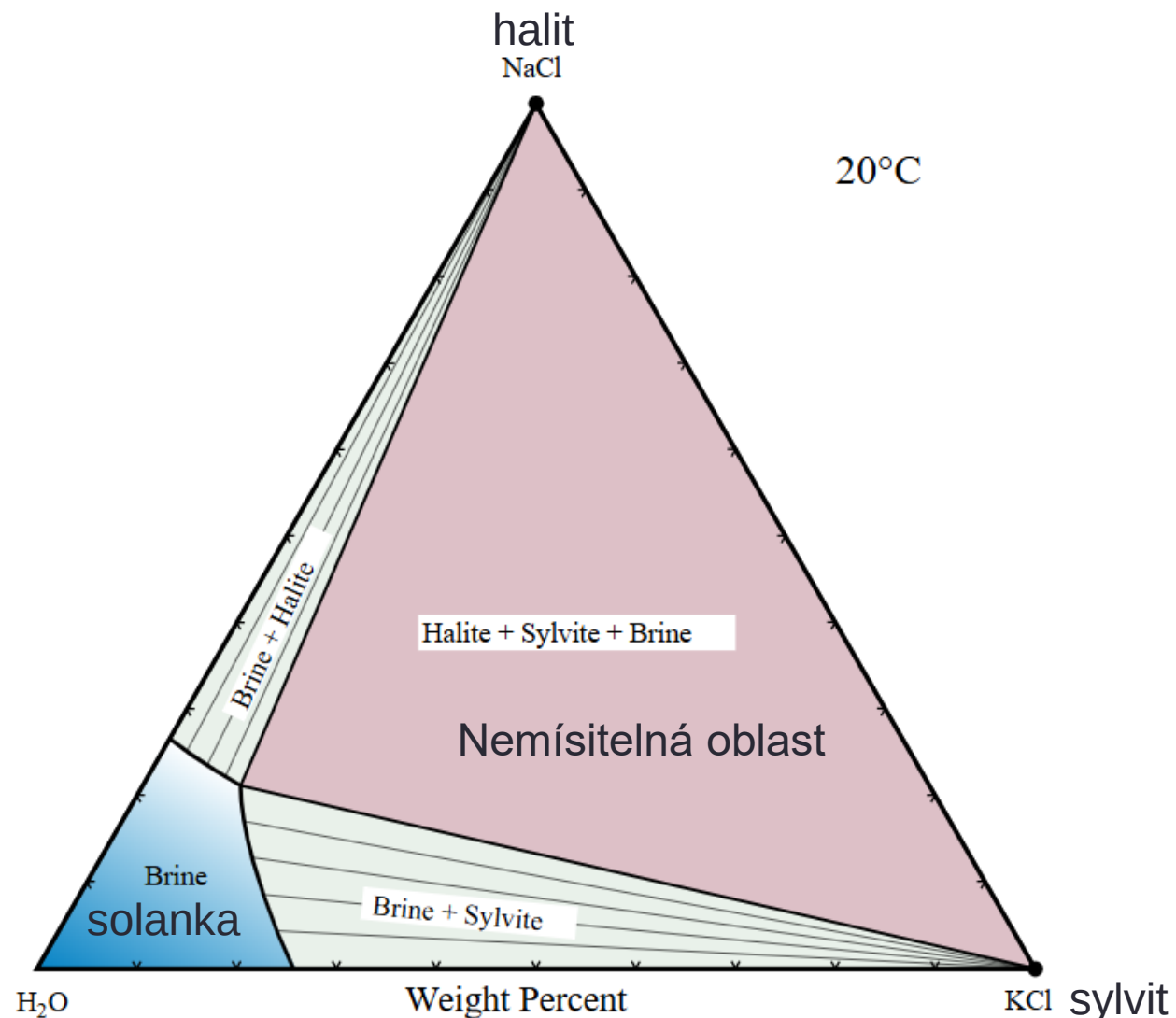


Ternární fázový diagram

„FLINAK“ – směs fluoridů – tavenina - elektrolyt pro zpracování jaderného odpadu



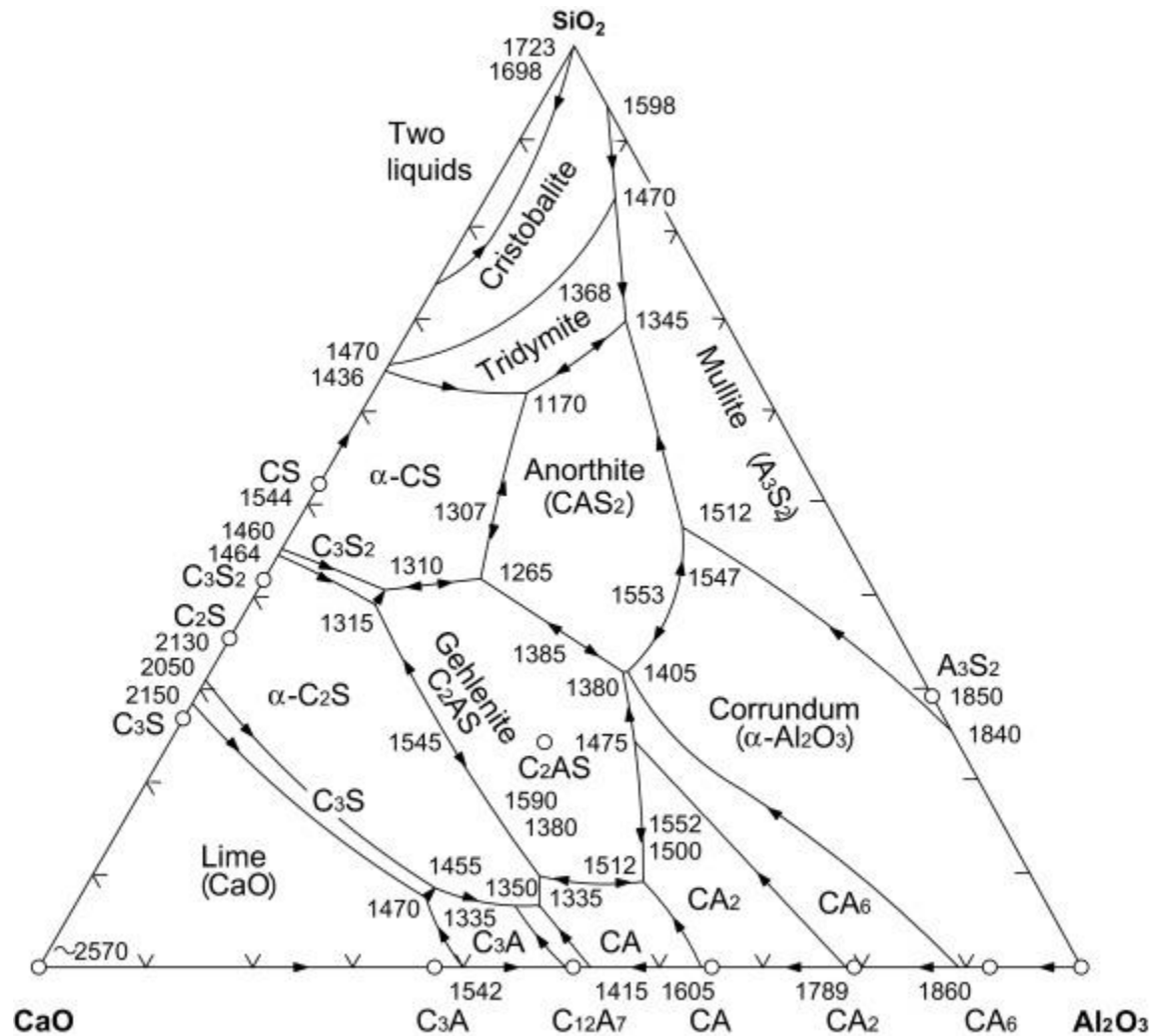
Závislost teploty tání směsi na složení



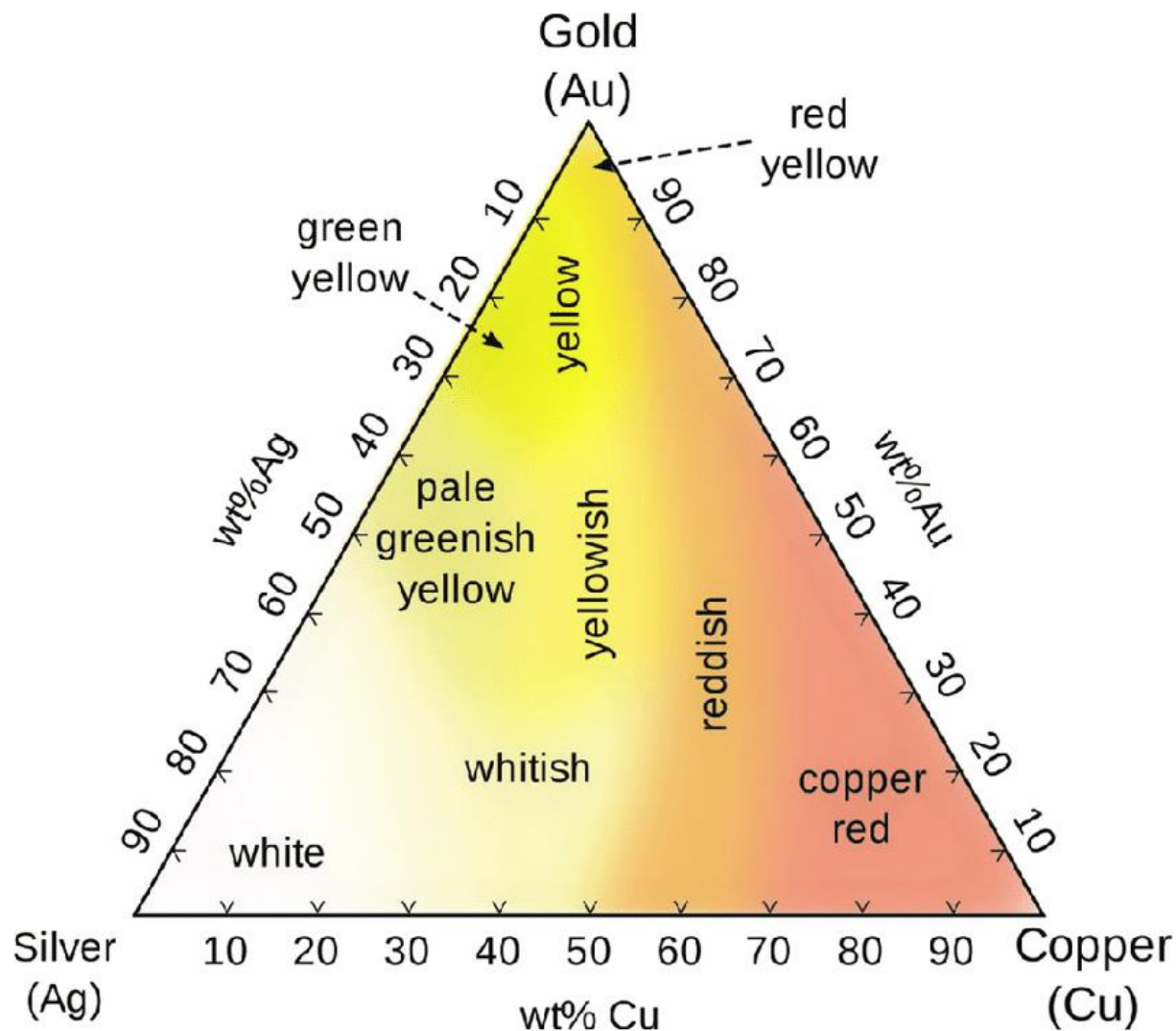
Dvě soli a voda: rozdělování směsí solí

Ternární fázový diagram

Oblast vymezení krystalizace různých minerálů



Barva slitin Au-Ag-Cu



Výukové cíle

- Pohyb ve dvousložkovém diagramu kapalina – pevná látka
- Výpočty s pákovým pravidlem
- Vynášení složení v ternárním diagramu