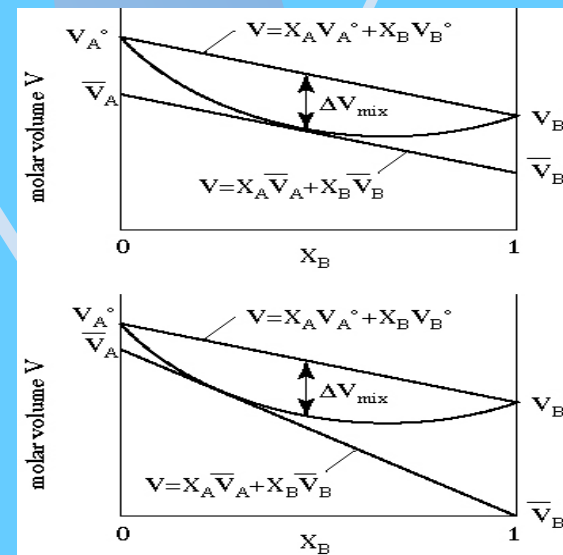
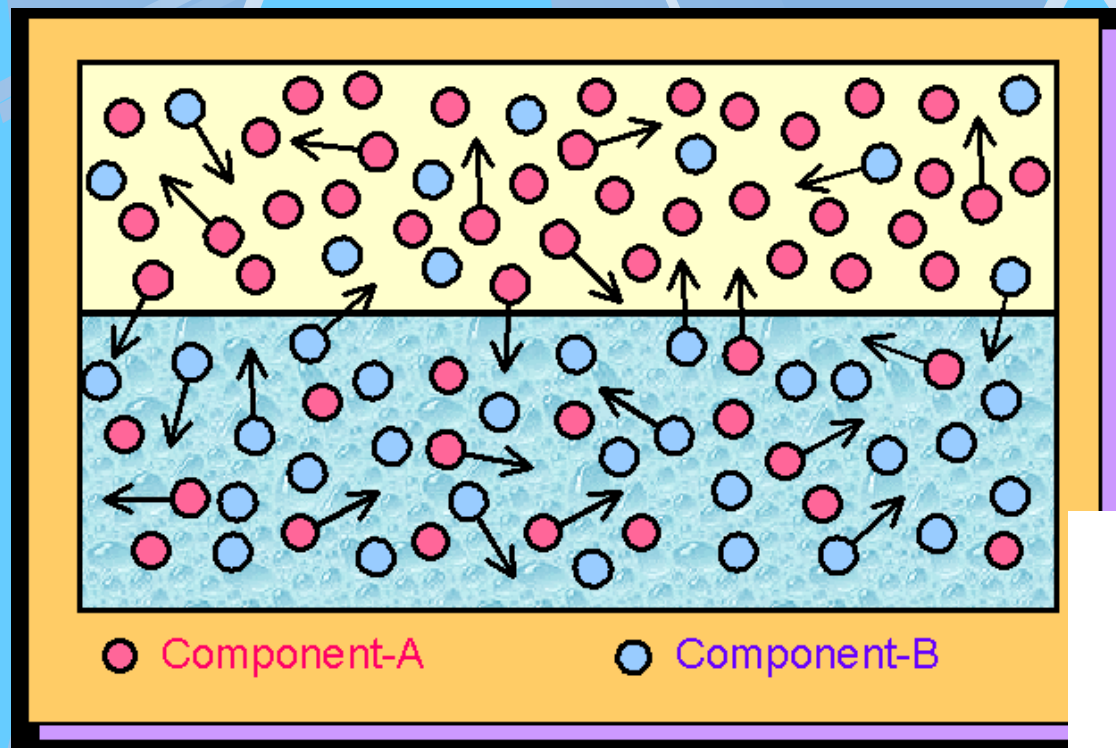
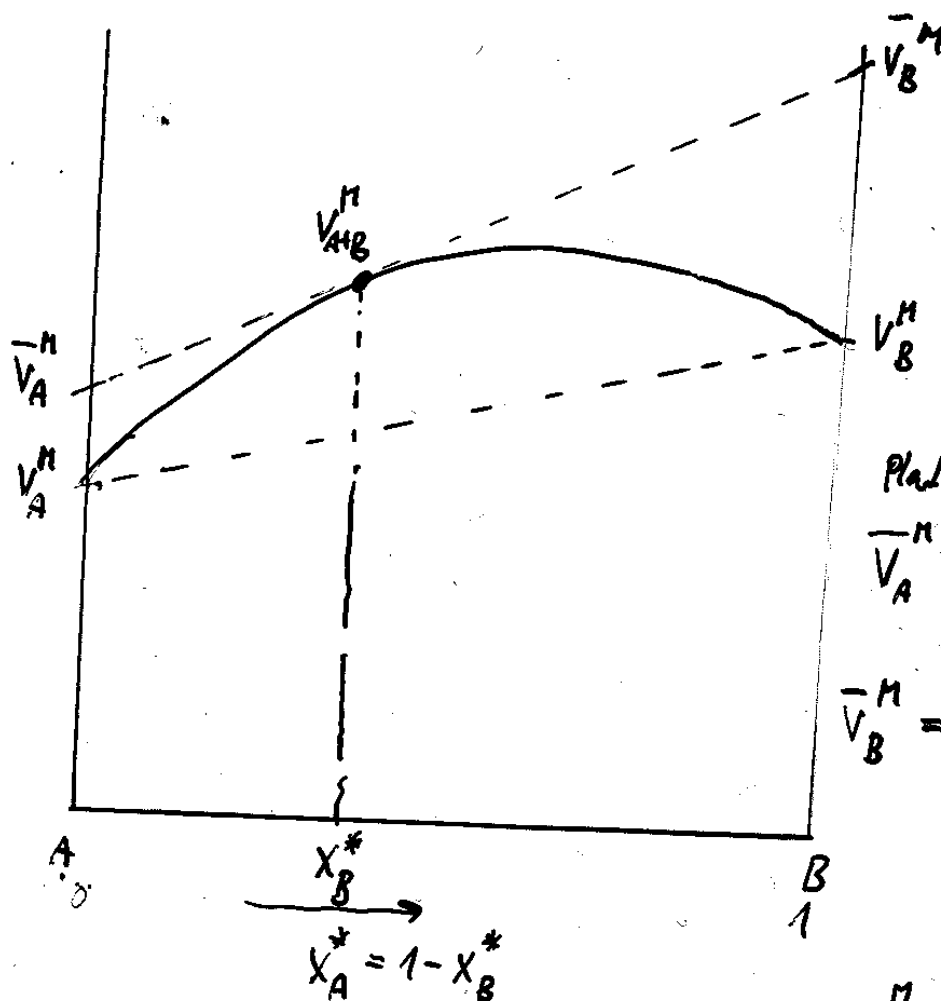


Rovnováha v binární soustavě



Parciální veličiny

$$V_{A+B}^M = X_A^* \cdot \bar{V}_A^M + X_B^* \cdot \bar{V}_B^M$$



Objemová
expanze při
smíšení

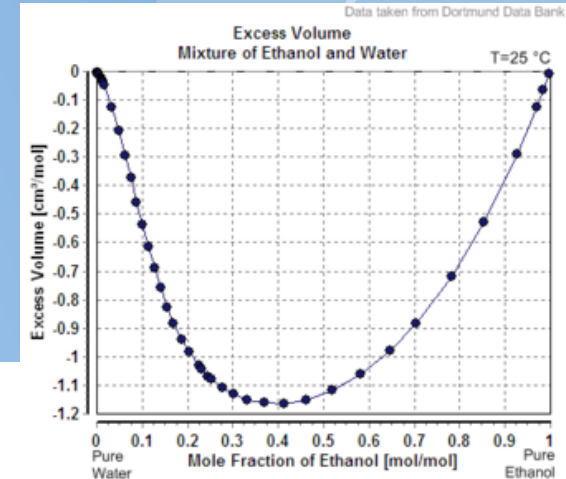
Platí:

$$\bar{V}_A^M = V_{A+B}^M + \left(\frac{dV_{A+B}^M}{dX_A^*} \right) \cdot X_B^*$$

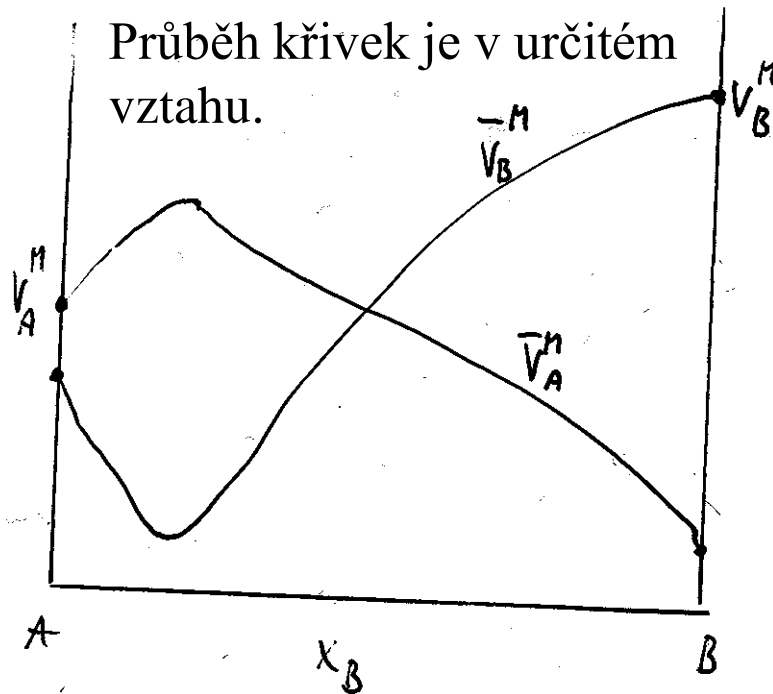
$$\bar{V}_B^M = V_{A+B}^M + \left(\frac{dV_{A+B}^M}{dX_B^*} \right) \cdot X_A^*$$

$$V_{A+B}^M = X_A^* \cdot \bar{V}_A^M + X_B^* \cdot \bar{V}_B^M$$

Reálný parciální objem H₂O- etanol



Objemová
kontrakce při
smíšení



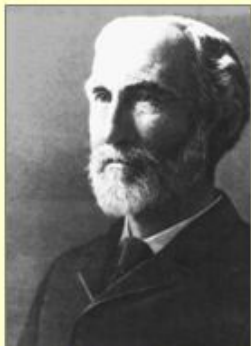
Gibbsova Duhemova rovnice

$$0 = \sum x_i dV_i^M =$$

$$0 = x_A^* dV_A^M + x_B^* dV_B^M$$

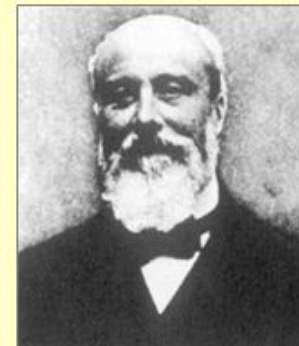
odvození Atkins kap. 8.1
vyd. 1982

$$V_{A+B}^M = x_A^* \bar{V}_A^M + x_B^* \bar{V}_B^M$$



J.W.Gibbs

Gibbsova-Duhemova rovnice a její odvození



P.M.M.Duhem

Z je extenzivní funkce

$$Z = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial Z}{\partial n_i} \right) n_i = \sum_{i=1}^N \bar{Z}_i n_i$$

Derivace součinu

$$dZ = \sum_{i=1}^N d\bar{Z}_i n_i + \sum_{i=1}^N \bar{Z}_i dn_i$$

$$\sum_{i=1}^N n_i d\bar{Z}_i = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^N x_i d\bar{Z}_i = 0$$

Úplný diferenciál Z

$$dZ_{[T,P]} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial Z}{\partial n_i} \right) dn_i = \sum_{i=1}^N \bar{Z}_i dn_i$$

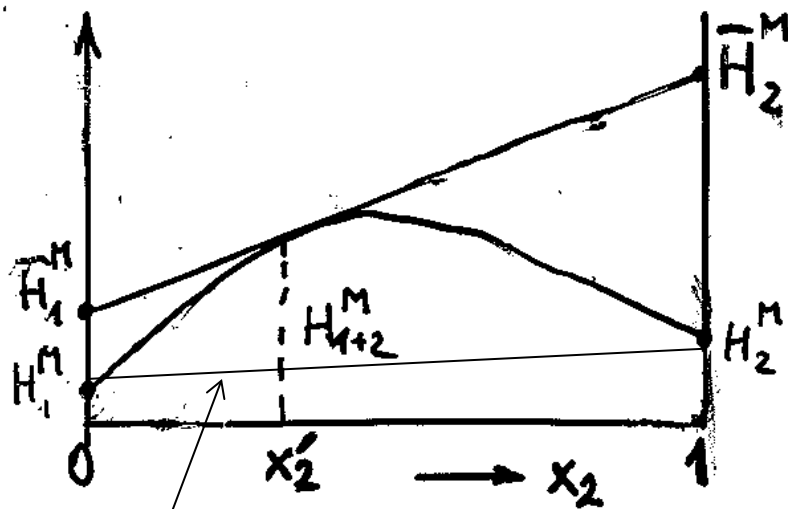
$$\sum_{i=1}^N x_i \left(\frac{\partial \bar{Z}_i}{\partial x_j} \right) = 0 \quad j = 1, \dots, N-1$$

Srovnej pro $Z \equiv V$

$$\phi = \chi_A^A \cdot dV_A^A + \chi_B^B \cdot dV_B^B$$

Parciální hodnoty TD funkcí

Vztah parciálních a integrálních molárních veličin:



$$\bar{H}_1^M = H_{1+2}^M + \left(\frac{dH_{1+2}^M}{dx_2} \right) \cdot x_2'$$

$$\bar{H}_2^M = H_{1+2}^M + \left(\frac{dH_{1+2}^M}{dx_2} \right) \cdot x_1'$$

$$H_{1+2}^M = x_1' \cdot \bar{H}_1^M + x_2' \cdot \bar{H}_2^M$$

platí i pro další TF: U, G, A, S
a též i jejich molární hodnoty

The entropy of the mechanical mixture

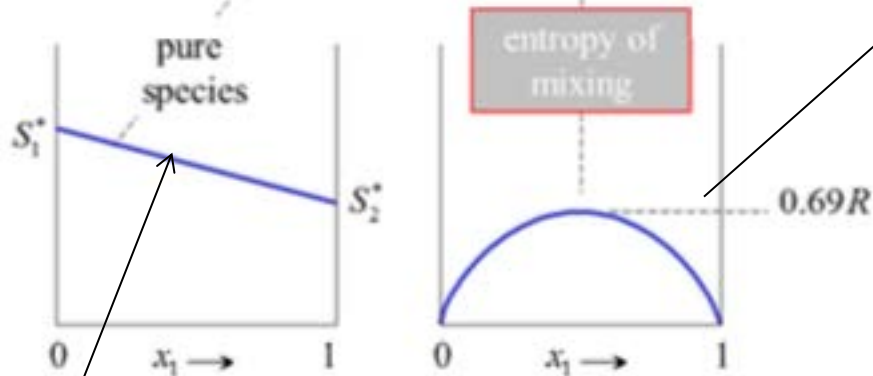
Entropy of ideal mixing

$$\Delta S_{mix} = -R(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

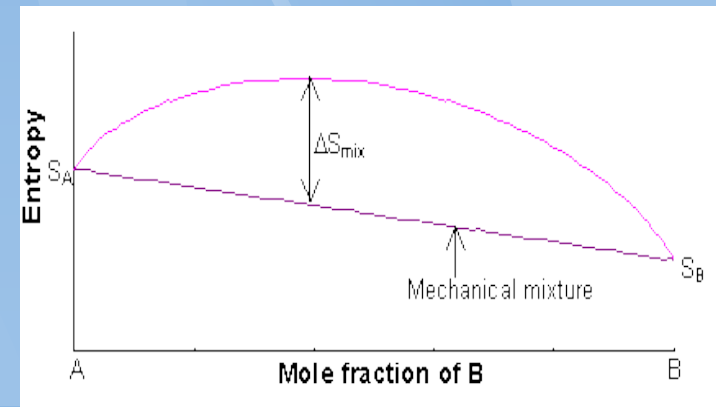
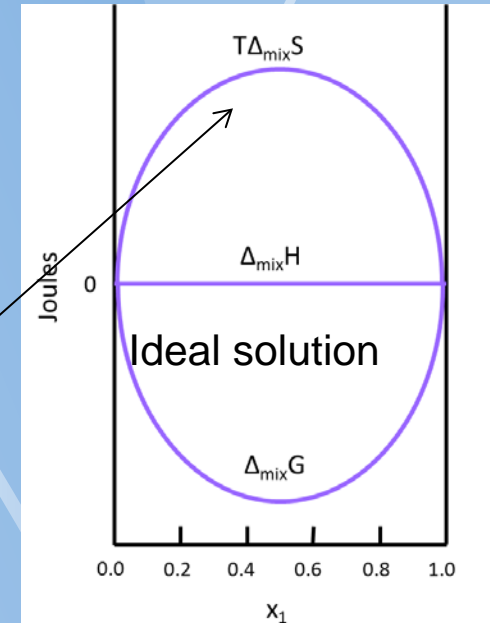
Ideal Mixture Entropy

species $S_1 = S_1^* - R \ln x_1$ $S_2 = S_2^* - R \ln x_2$

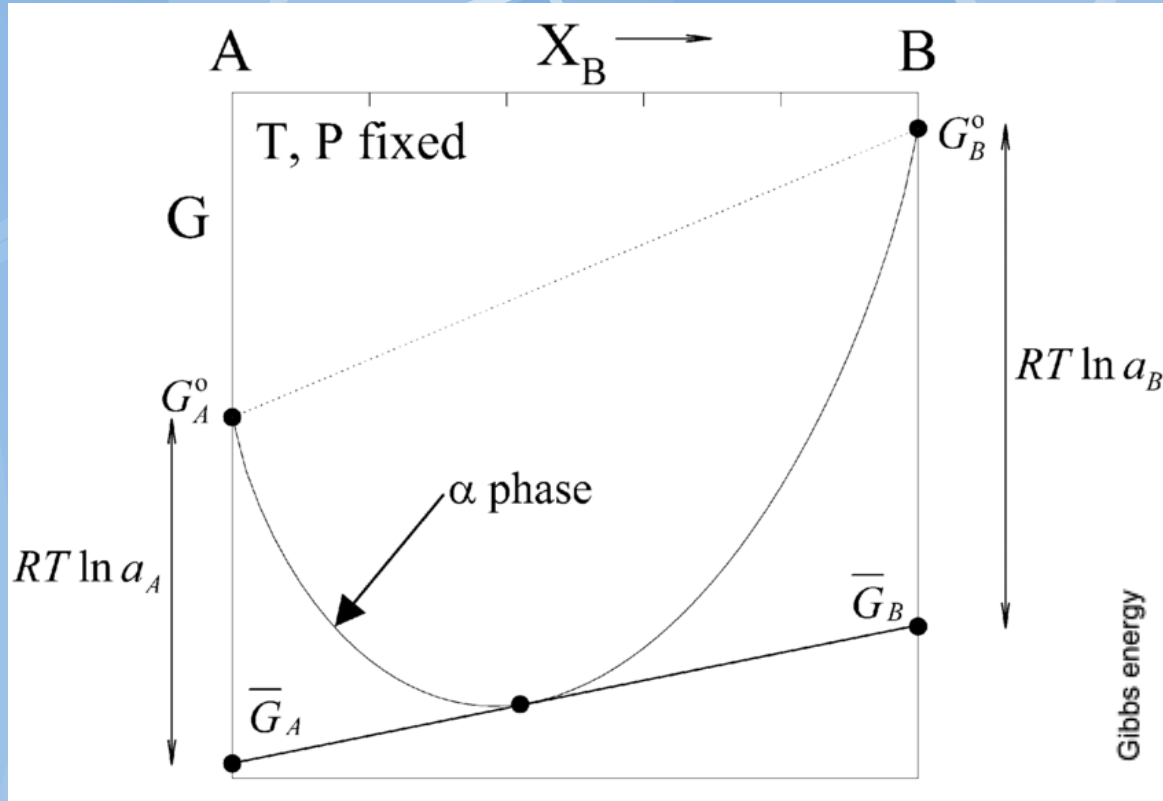
mixture $S = x_1 S_1 + x_2 S_2 =$
 $(x_1 S_1^* + x_2 S_2^*) - R(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$



The entropy of the mechanical mixture



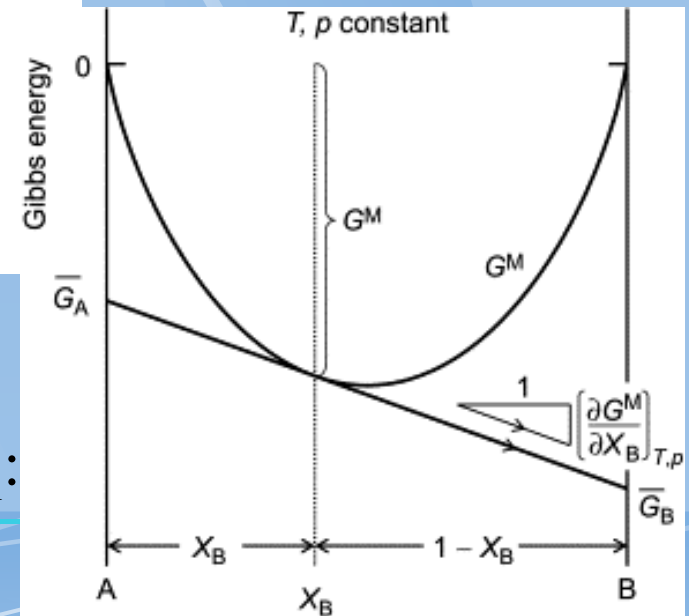
Partial Gibbs energy (binary mixture)



Ideal mixing:

$$a_i = x_i$$

Advantage of using x_i :



Chemical potential

4. Binary (two component) systems : The chemical potential

Chemical potential : governs the response of the system to adding component

Two component system need to consider *partial molar* μ_A and μ_B .

$$\text{Total molar Gibbs free energy} = -SdT + \mu_A X_A + \mu_B X_B \quad (+VdP)$$

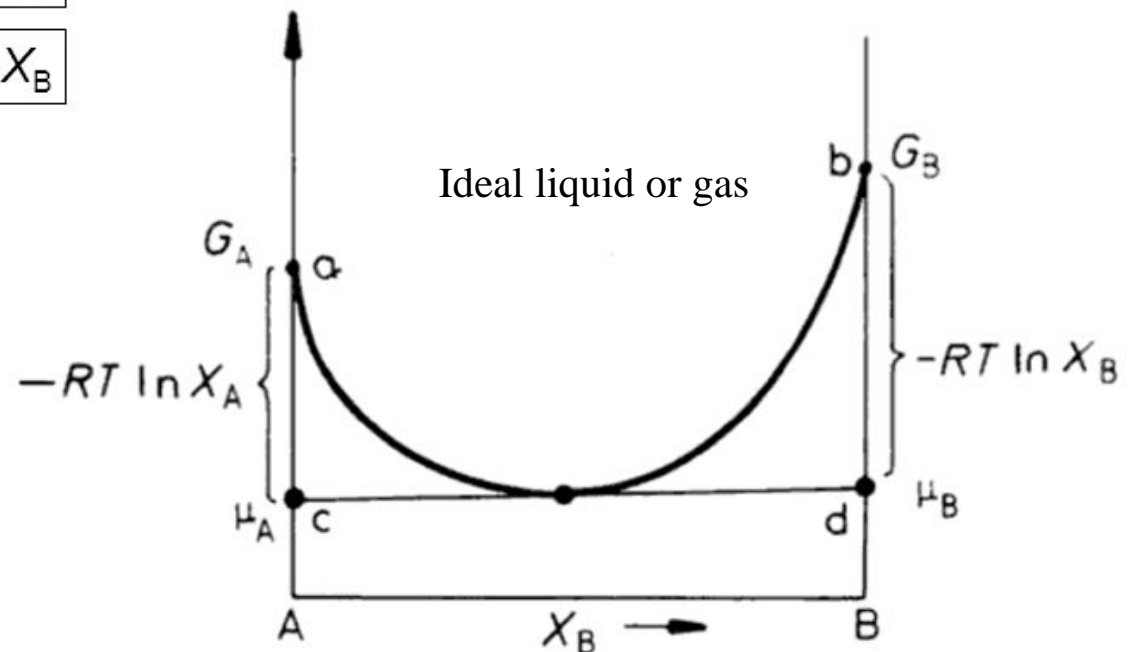
Je-li P,T konst

Simplified equations for an ideal liquid: $G = X_A \mu^A + X_B \mu^B$

$$\mu_A X_A = G_A + RT \ln X_A$$

$$\mu_B X_B = G_B + RT \ln X_B$$

I.e. μ_A is the free energy of component A in the mixture



Chemický potenciál

= je totéž co parciální molární Gibbsova energie

$$\mu_A = \bar{G}_A = \left(\frac{\partial G_{\text{alk}}}{\partial n_A} \right)_{T, n, n_i \neq A} \stackrel{\frac{\frac{1}{n_A} \cdot 1}{\frac{1}{n_A} \cdot n}}{=} \left(\frac{\partial G_{\text{alk}}^m}{\partial x_A} \right)_{T, n, x_i \neq A} \quad (*)$$

Aplikace:

a, Čistá látka:

$$\mu_A^j = G_A^m \leftarrow \text{molární}$$

$$G_A^j \leftarrow \text{struktura fáze } j$$

b, Směs id. plynů:

$$G_{\text{alk}}^m = \sum_i x_i G_i^0 = T \cdot \Delta S_{\text{mix}}$$

$$= \sum_i x_i G_i^0 + RT \cdot \sum_i x_i \ln x_i$$

viz klasická
termodynamika

dle vztahu (*)

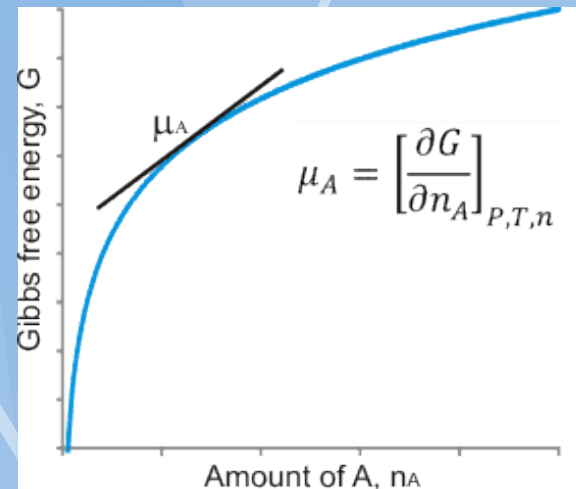
$$\mu_A^g = \mu_A^0 + RT \ln x_A$$

$$x_A = \frac{n_A}{n_c}$$

c, Neideální směs

$$a_A = f_A \cdot x_A$$

$$\mu_A^i = \mu_A^0 + RT \ln f_A \cdot x_A$$



Tlak par nad jednosložkovou soustavou - odpaření

V_1

Vacuum
 $n_g = 0$

č. látka n_l

T_1

$n_g < n_l \Rightarrow$

$Q = \Delta H_{vap}$

V_2

kovrov. tlak (atky)
 n_g^L

č. látka n_l^L

T_2

$n_g' = n_l^L$

mali $T_1 = T_2$ pak je třeba dodat teplo

přehled: $V_1 = V_2$

k diskusi: $V_2 \rightarrow \infty$

Diagramy: Představa: soustavy pod pístem n, T
- sáček igelitový

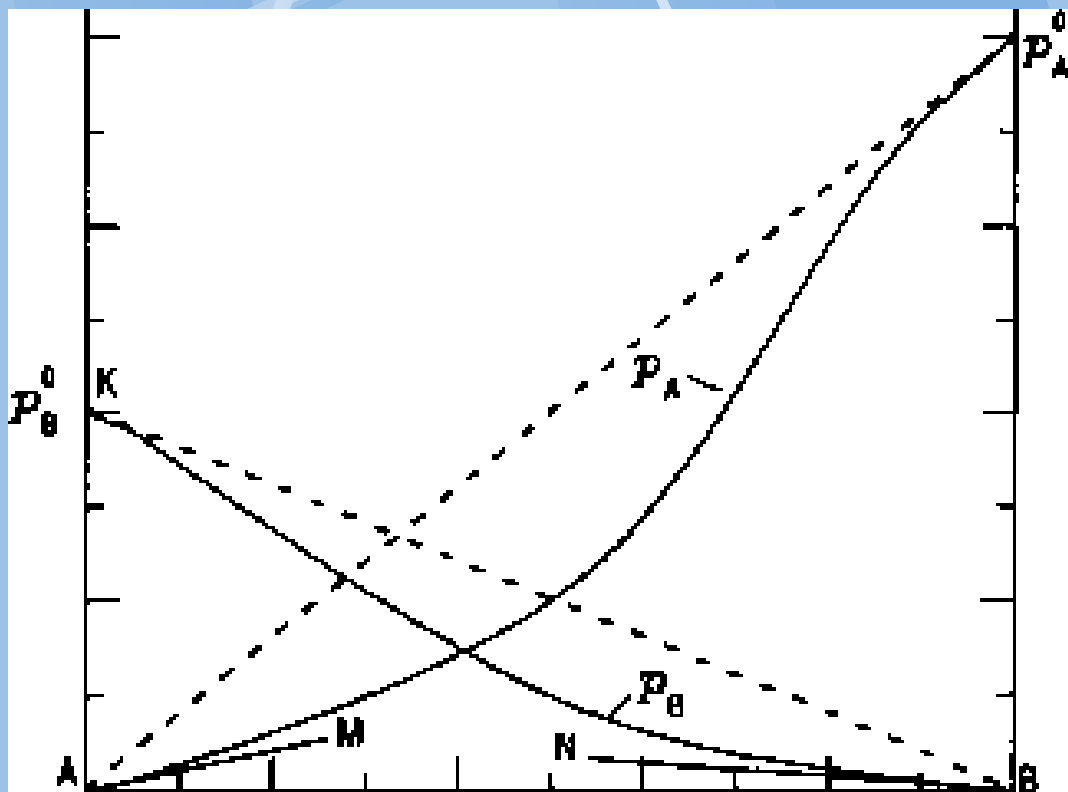
Vnitřní tlak je roven tlaku nad kapalinou. Ten zůstává stejný i v případě přítomnosti jiného plynu (chová-li se směs ideálně).

Nad čistou kapalinou se teploty T vytvoří páry, které mají tlak p^0 . Nad směsí mají tlak p_i .

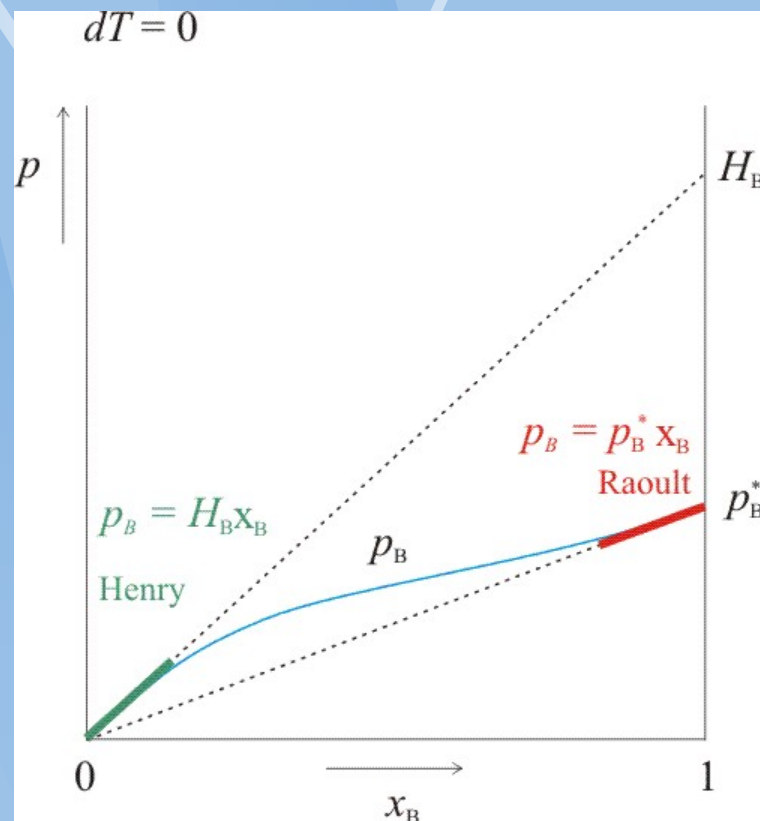
$$\frac{p_i}{p(0)} = f_i = a_i \gamma$$

$P(0) = 1 \text{ Atm} \dots \text{stand. tlak}$

Neideální binární plynná směs (při konst. Teplotě)



Záporná odchylka od RZ



Kladná odchylka od RZ

Magnetický příspěvek k Gibbsově energii

$$G^s(\text{magn.}) = G^{\text{hemag}} + G^{\text{mag}}$$

Hillert & Jantl

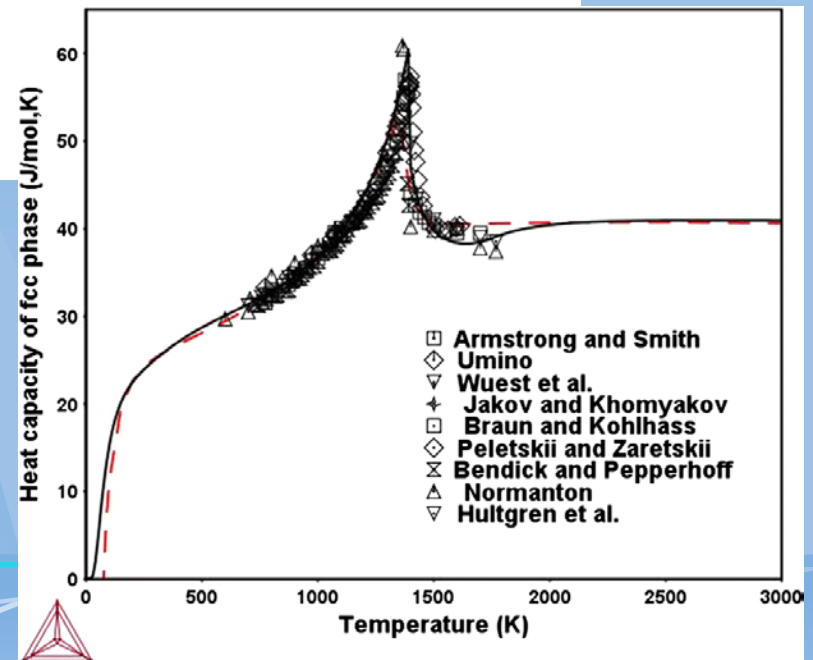
$$G^{\text{mag}} = RT \cdot \ln(\beta_0 + 1) \cdot g(z)$$

$$z = \frac{T}{T^*}$$

$$T^* = T_N \quad \text{nebo} \quad T_C$$

Neelova T Curie T

β_0 mag. moment.



Gibbsova energie fáze

$$G = H - TS$$

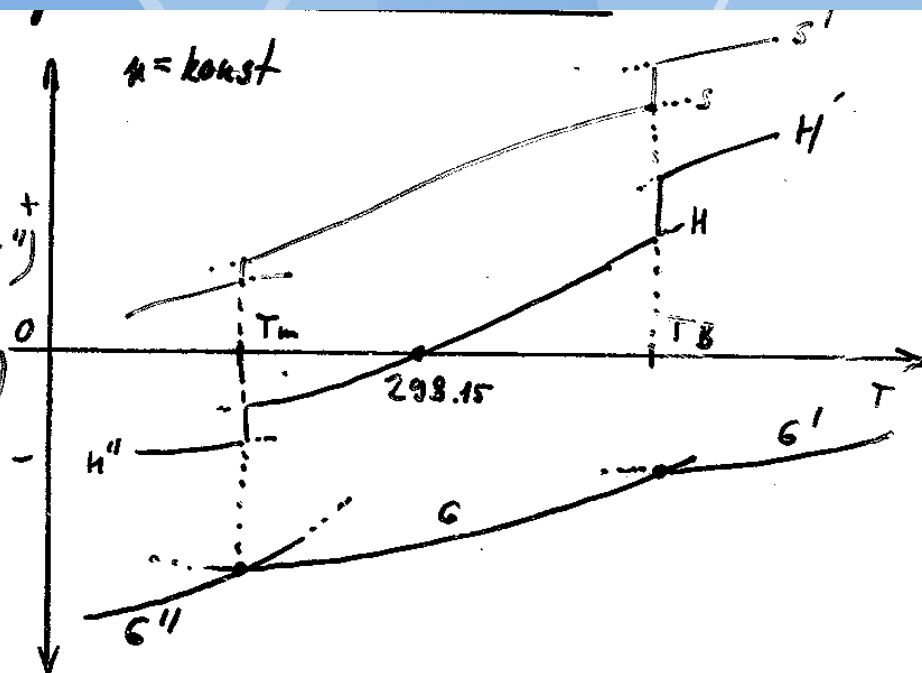
\uparrow viz výše
 \nearrow

shnutí:

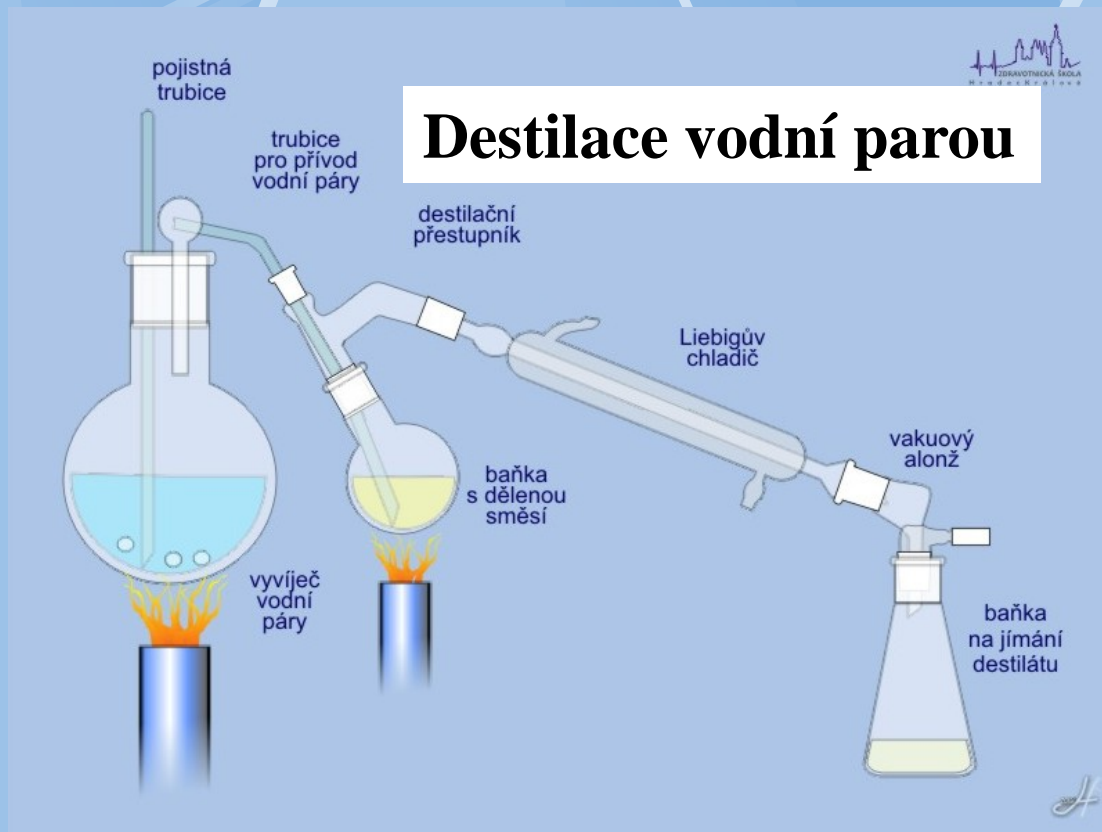
$$T = T_m : G = G'' \quad (H + T_m S = H'' + T_m S'')$$

$$T = T_B : G = G' \quad (H + T_B S = H' + T_B S')$$

$$G = G_T + G_{\text{mag}} + G_{\text{pks.}}$$

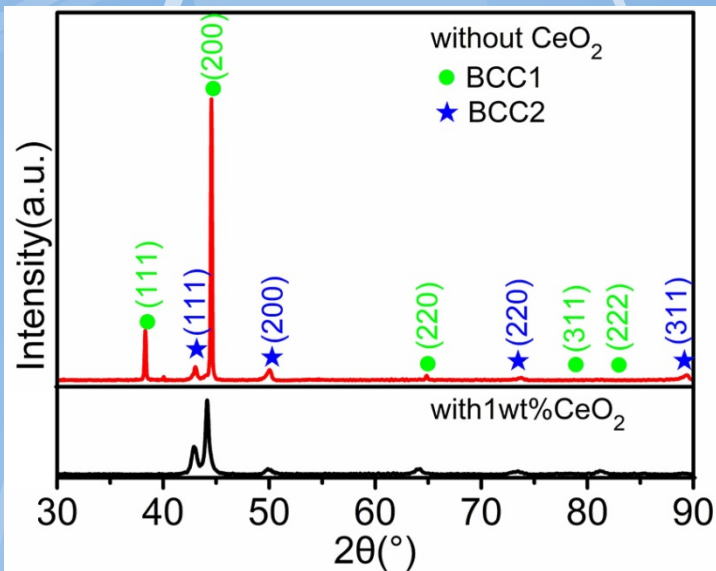


Odmísení stejných fází ve vícesložkových soustavách



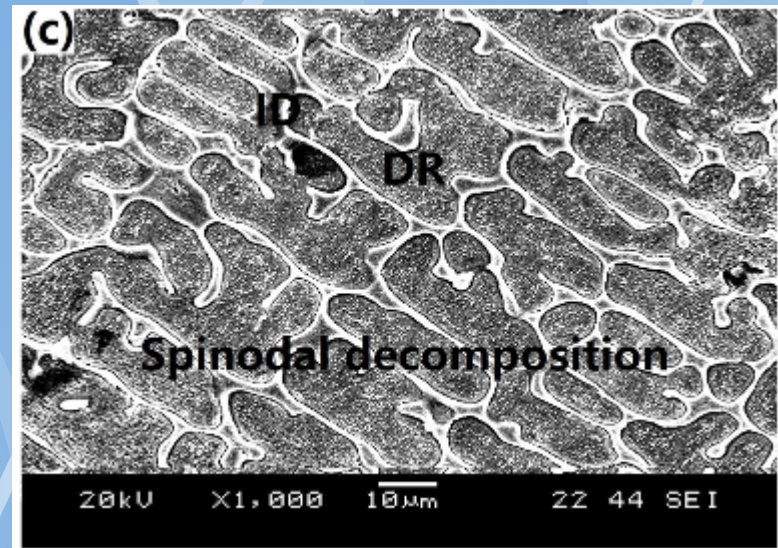
**Odmísení a
stratifikace
kapalin**

Odmísení v tuhé fázi typu BCC



XRD patterns of AlCoCuFeMnNi
without and with 1wt% CeO₂

HEACs

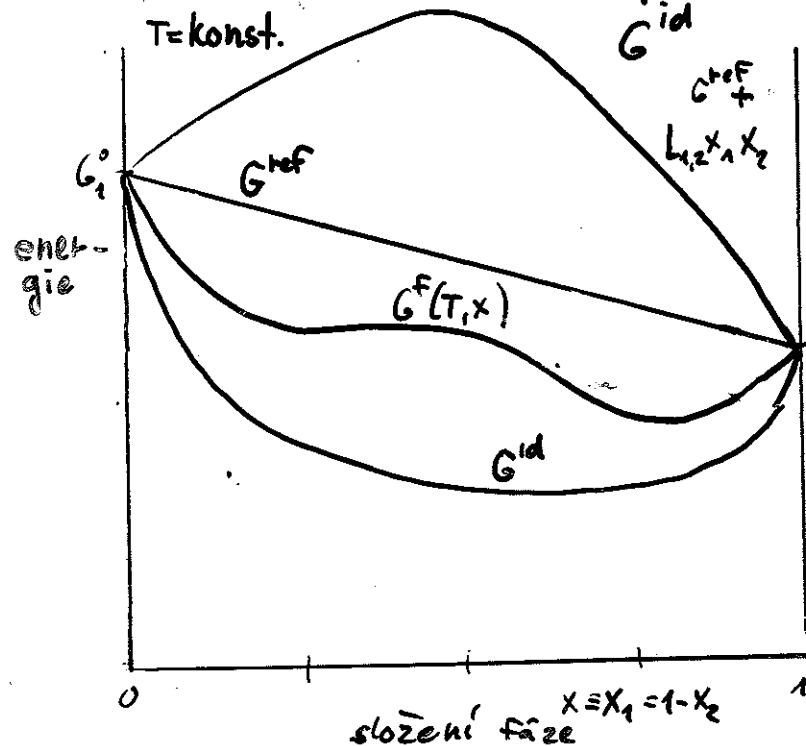


Deformace Gibbsovy molární energie směsí

V tuhé fázi – regulární model

Fáze o dvou složkách (užít regulární model fáze):

$$G^F(T, x_1, x_2) = \underbrace{x_1 G_1^0 + x_2 G_2^0}_{G^{\text{ref}}} + \underbrace{RT \cdot (x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)}_{-T \Delta S^{\text{id}}} + \underbrace{L_{1,2} \cdot x_1 \cdot x_2}_{G^E} \quad (1)$$



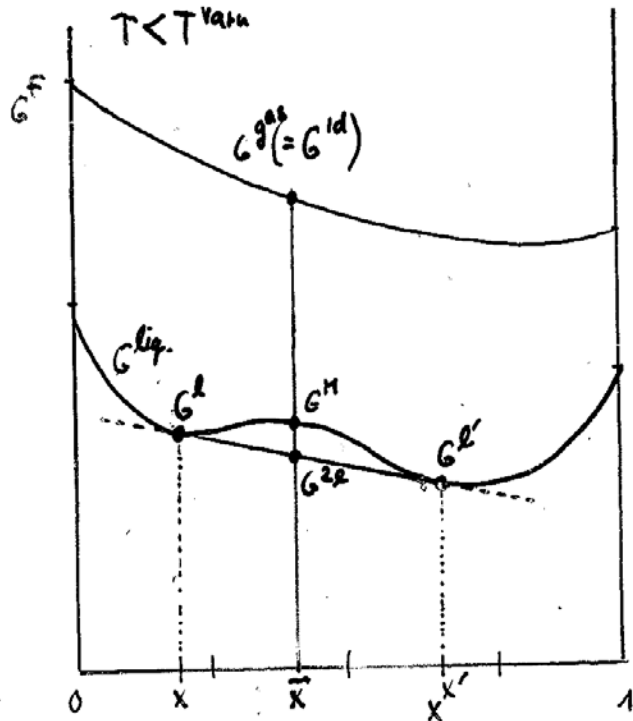
Pro určitý obor $L_{1,2}$ funkce $G^F(T, x)$ vykazuje 2 inflexní body:

$$\left(\frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \right)_T = 0 \quad (2)$$

1 pr. asymetrickosti:

$$L_{1,2} = (L_{1,2}^0 + L_{1,2}^1 (x_2 - x_1)) \quad (3)$$

Odmíšení



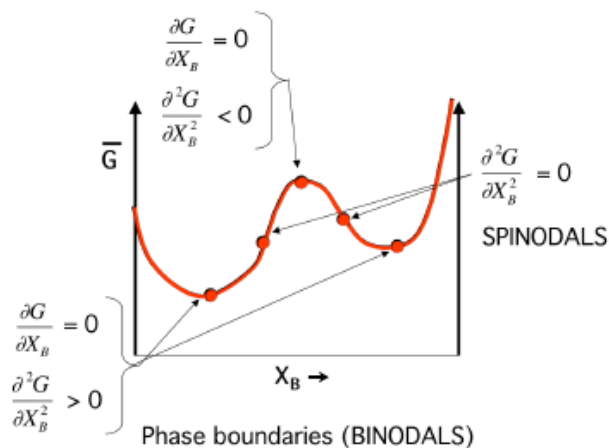
$G^{\text{g}} > G^{\text{H}} > G^{\text{2L}}$
 metastab. stavy stabilní stav

$$G^{\text{2L}} = p^{\text{L}} \cdot G^{\text{L}} + p^{\text{L}'} \cdot G^{\text{L}'} \quad (4)$$

$$1 = p^{\text{L}} + p^{\text{L}'} \quad (5)$$

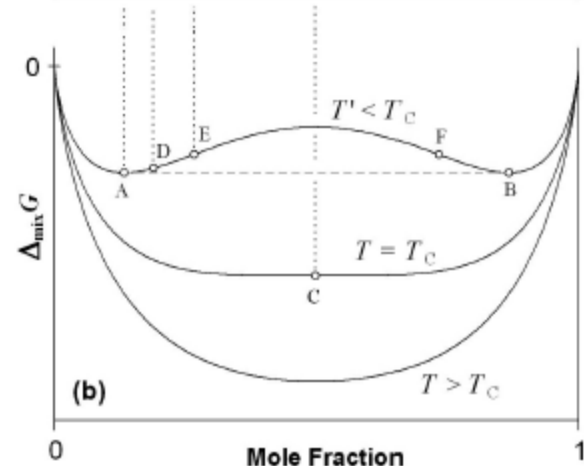
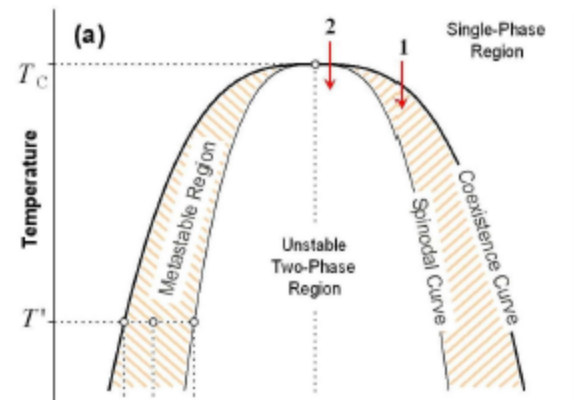
ze zákona zachování
 hmoty (pákové pravidlo):

$$p^{\text{L}} = \frac{X' - \bar{X}}{X' - X} \quad (6)$$



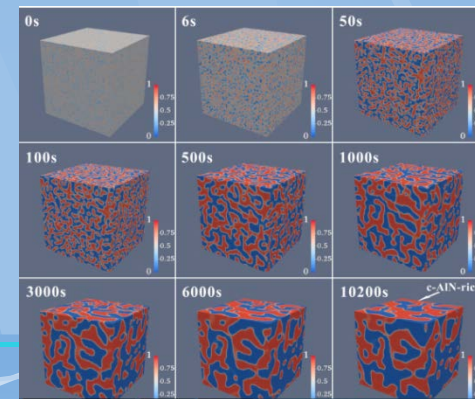
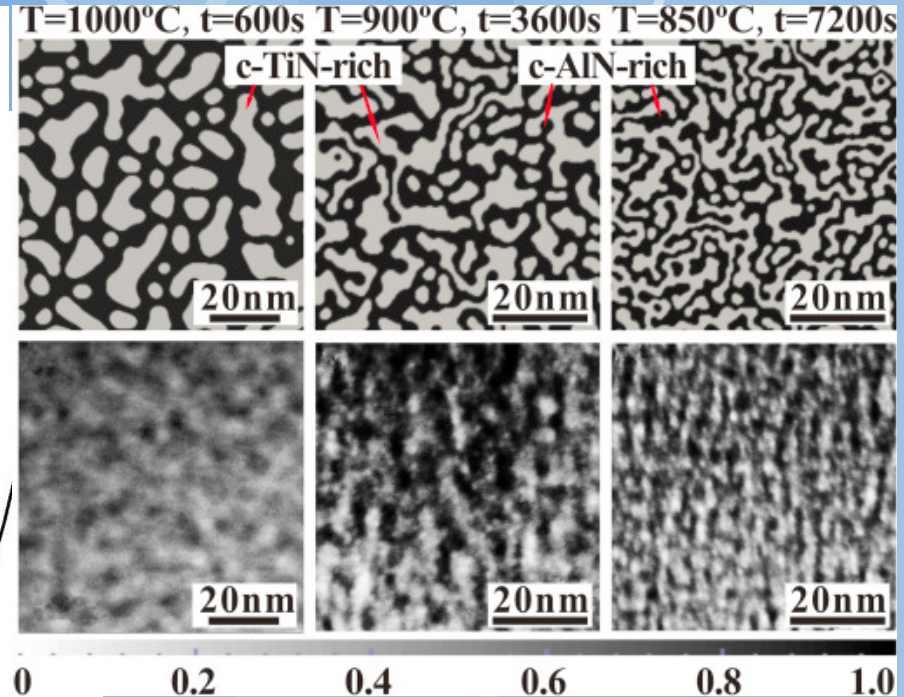
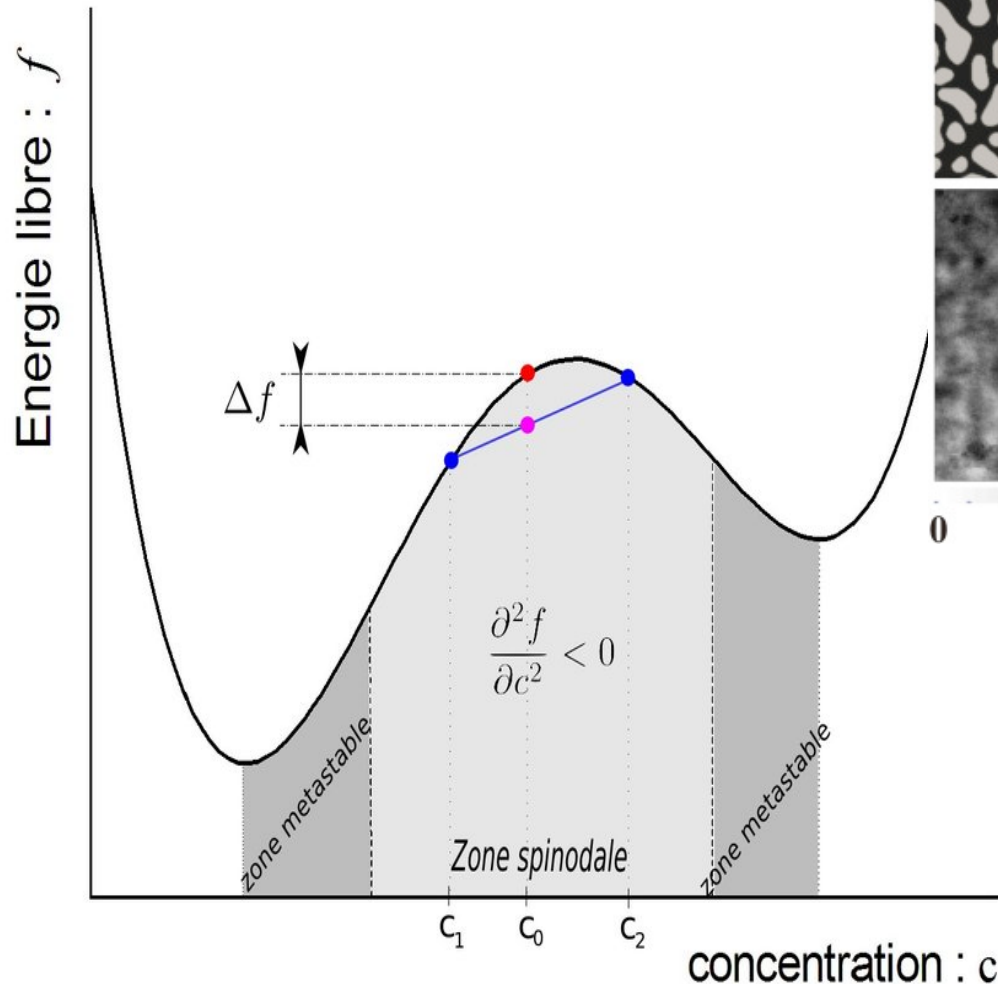
Spinodála: GM koncových bodů spinodál, které spojují inflexní body G_m).

Binodála: GM koncových bodů hranice vzájemné rozpustnosti.



Bezbarierová nukleace spinodálního rozpadu

Typical microstructure evolution of spinodal decomposition:

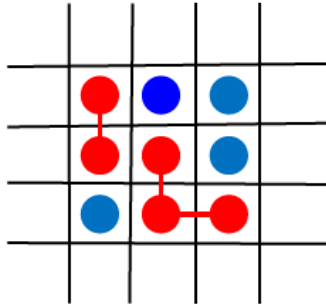


Simulation of spinodal decomposition:

Gm pro Pro polymery

Deriving the Entropy of Mixing with Flory-Huggins Theory

Imagine a Square Lattice Where Two Different Species (Blue and Red) Are Present



Here, we start out in a manner that is similar to as Lecture 1.7; however, we will now make the red species part of a polymer chain.

Moreover, we will shift from mole fractions to volume fractions. In doing so, we will state that a segment of the polymer chain will occupy the same volume as that of the small (i.e., solvent) molecule. This causes the volume fractions to be:

$$\phi_b = \frac{m_b}{m_b + Nm_r}; \phi_r = \frac{Nm_r}{m_b + Nm_r}$$

In doing so, it can be shown that the change in entropy for a polymer chain upon mixing is:

$$(\Delta S_m)_r = -k \ln \phi_r$$

In a similar manner, the change in entropy for the solvent upon mixing is:

$$(\Delta S_m)_b = -k \ln \phi_b$$

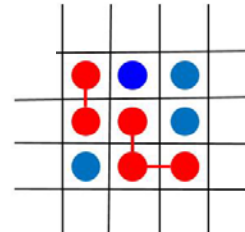
Multiplying by the number of molecules of each type and summing yields the total change:

$$\Delta S_m = -k[m_r \ln \phi_r + m_b \ln \phi_b]$$

ϕ_i ...volume fraction of specie i

Enthalpy and Free Energy of Mixing with Flory-Huggins Theory

Imagine a Square Lattice Where Two Different Species (Blue and Red) Are Present



The derivation for the enthalpy of mixing for the Flory-Huggins Theory is the **same** as that of the Regular Solution Theory because there was the assumption of interactions does not depend on the fact of whether the two neighboring sites were linked or not. As such, one must just change the molar fractions to volume fractions to yield the following.

$$\Delta H_m = \phi_r \phi_b \chi kT$$

This allows us to make the same substitution as before for the free energy.

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T \Delta S_m$$

$$\frac{\Delta G_m}{kT} = \phi_r \phi_b \chi + \left[\frac{\phi_r}{N} \ln \phi_r + \phi_b \ln \phi_b \right]$$

Moreover, this expression can be extended to blends of polymers where there are N_r segments of the red polymer and N_b segments of the blue polymer. This yields:

$$\frac{\Delta G_m}{kT} = \phi_r \phi_b \chi + \left[\frac{\phi_r}{N_r} \ln \phi_r + \frac{\phi_b}{N_b} \ln \phi_b \right]$$

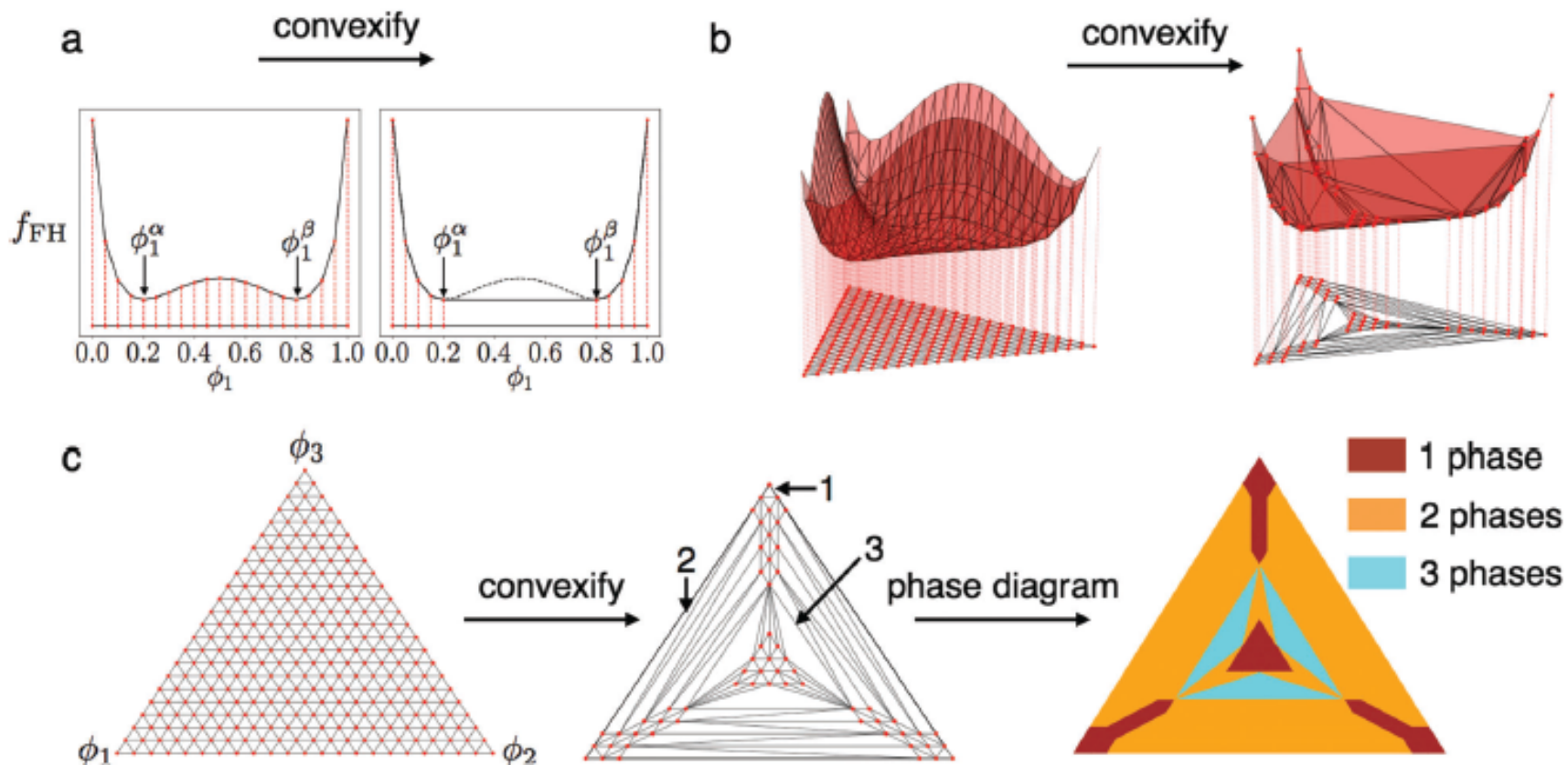


Fig. 1 Construction of phase diagrams based on finding the convex hulls of free energy functions for (a) binary and (b and c) ternary mixtures. (a) The original free energy function (black solid line in left) and the convexified one using the common tangent construction (black solid line in right) for a binary mixture with Flory interaction parameter $\chi_{12} = 2.31$. Red dots and lines correspond to a discrete approximation of the free energy function evaluated on a uniform grid (left) and to the convex hull of the free energy function (right). Red points are projected to the abscissa (composition space). Short projected segments from the convex hull correspond to single phase regions, while long projected segments correspond to two phase ones. (b) Discrete approximation of the free energy function (left) and its convex hull (right). (c) Projected triangles from the original free energy function (left) and from the convex hull (middle). The number of stretched sides for projected triangles corresponds to the number of coexisting phases for the composition points that reside within such triangles. This information is used to construct the ternary phase diagram (right).

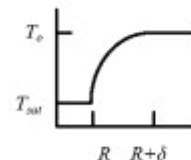
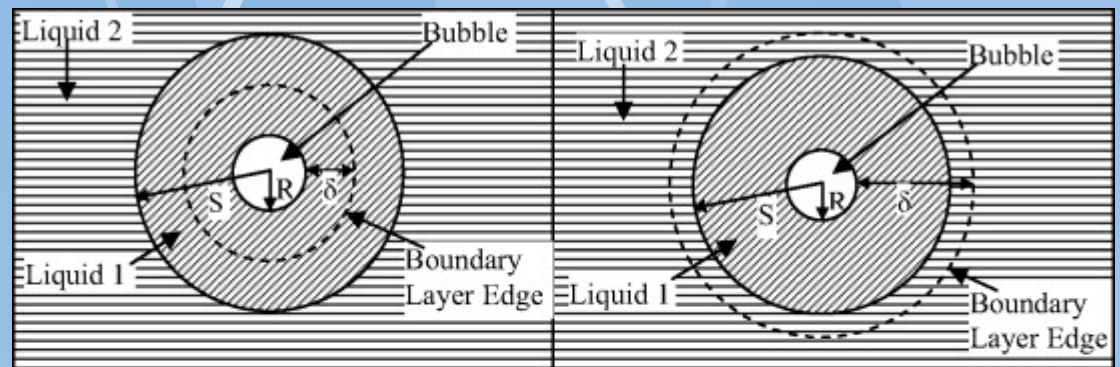
Rovnováha nemísitelných kapalin

Nemísitelnost:

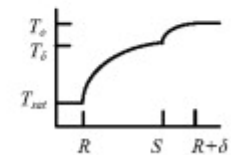
polární a nepochární kapaliny..... nutno popisovat různými modely pro Gm (asociáty, ionty,...)

Energii a povrchové napětí rozhraní mezi nemísitelnými kapalinami nelze zanedbat pro modelování Gm.

Var nemísitelných kapalin

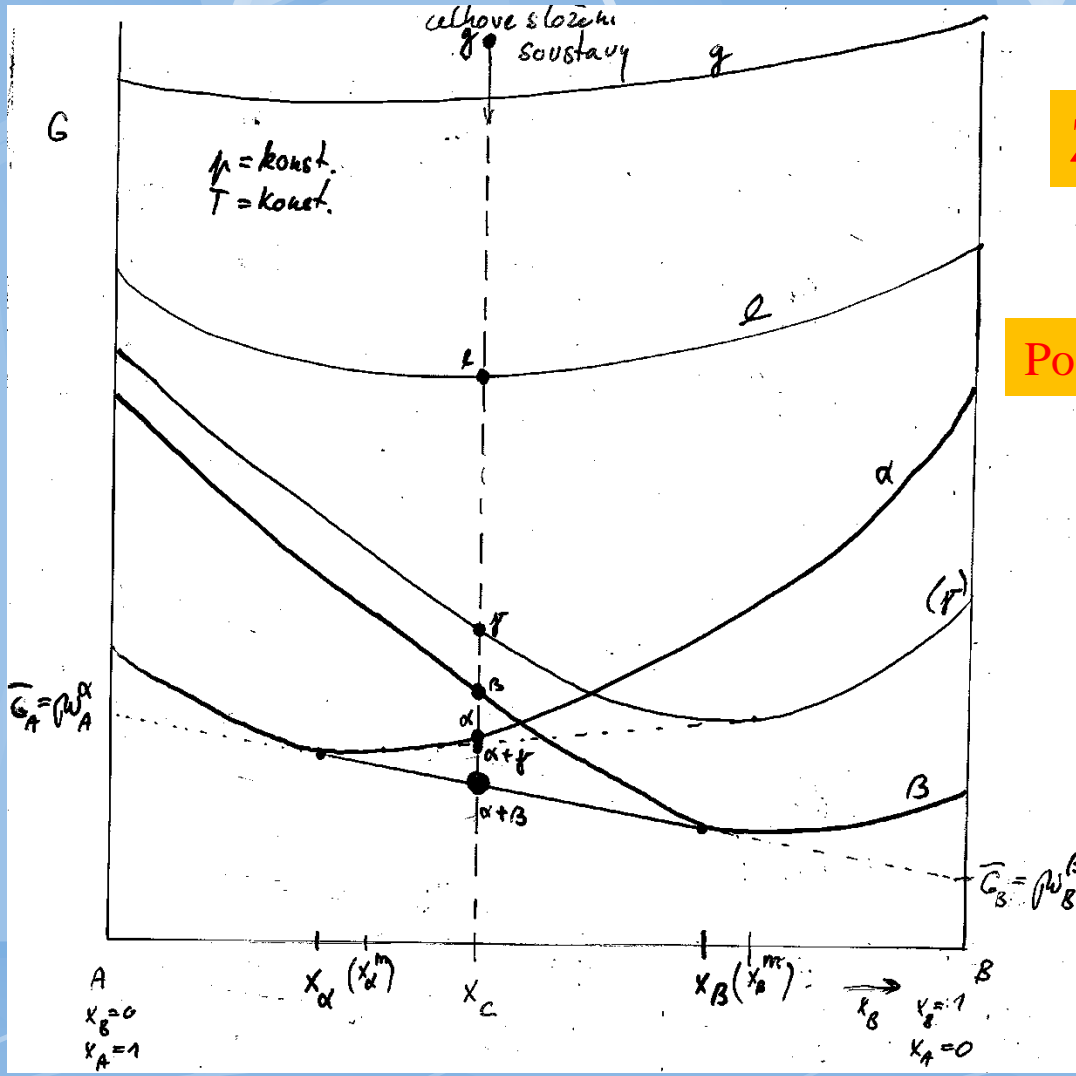


(a)



(b)

Termodynamické důvody vzniku fázové rovnováhy



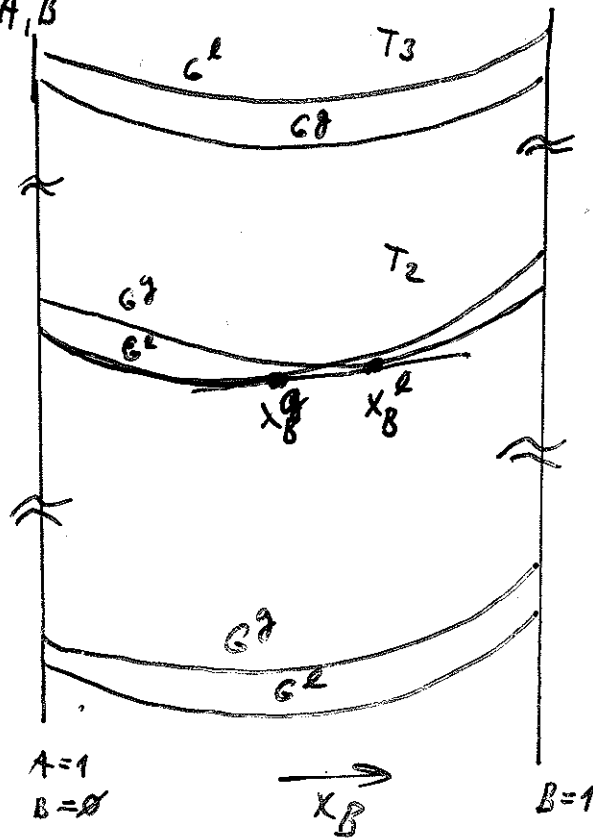
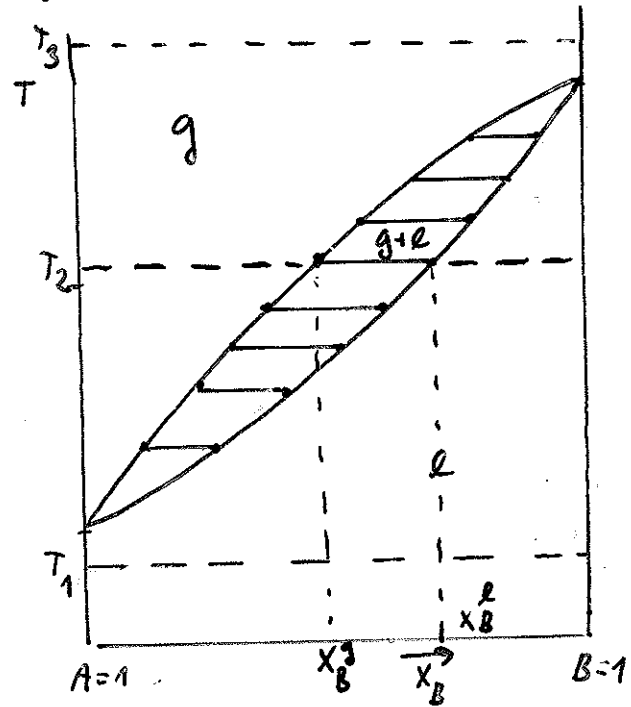
Získání řešení

Integrační podm. FR $\min G_c$ hledá
Diferenciální podm. FR $p_i^\alpha = p_i^\beta$ ($i=1,2$)
Podmínky (řešení soustavy rovnic s podmínkami)

- zákon zachování hmoty
- stechiometrie
- neutralita (zachování náboje)

Ideální binární FR

g (ideální) - l (neideální) složky A, B



- Závěry:
1. pro úplnou separaci je třeba ∞ destilací
 2. Pokud má diagram extrém (azeotrop) získáme destilací čistou složku + azeotrop
 3. Destilace "z baňky do baňky" nestací k úplné separaci složek. Složení destilátu i výchozí směsi se plynule mění

Aktivita složek v binárních diagramech

$$a_A^\alpha = a_A^\beta, \quad a_B^\alpha = a_B^\beta \quad (1.47)$$

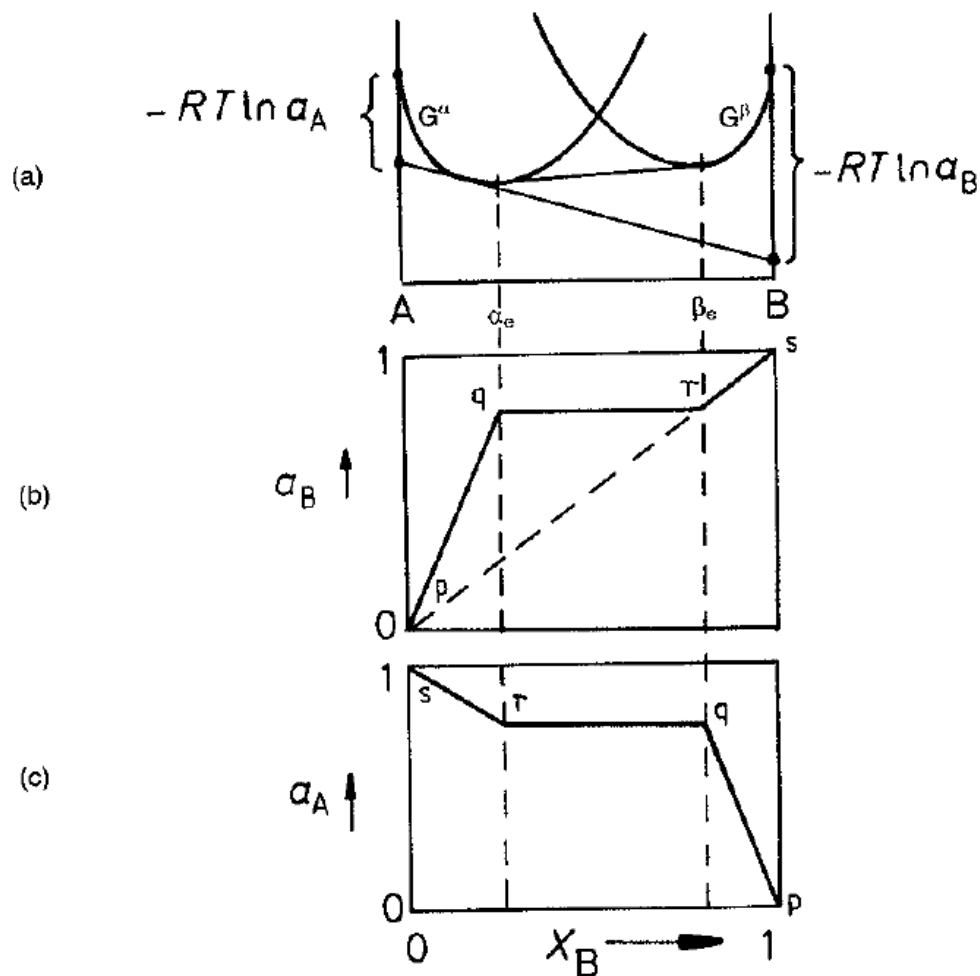
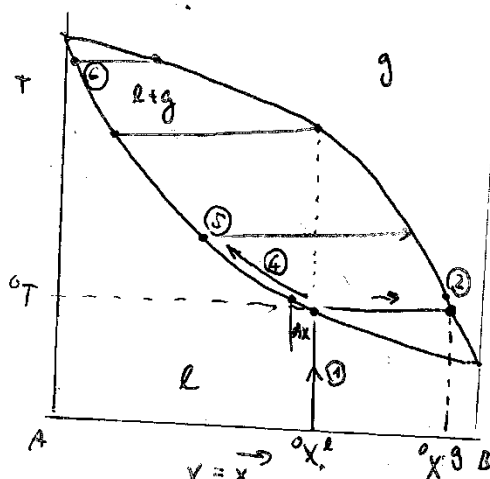


Fig. 1.28 The variation of a_A and a_B with composition for a binary system containing two ideal solutions, α and β .

Destilace - rovnováha l-g

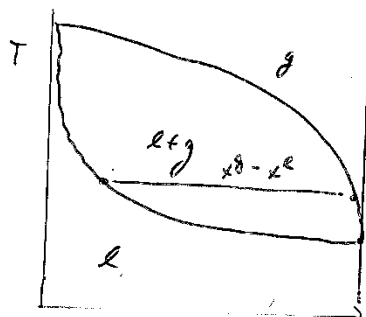
Destilace z baňky do baňky



- ① ohřev kapaliny
- ② složení rovnovážné páry $x^g = x^l$ (přídloha)
- ③ změna o dx
- ④ změna složení v baňce
- ⑤ ~~pozor!~~ složení v přídloze se mění
- ⑥ stop (dál nemá smysl) (má efektivní pokračovat)

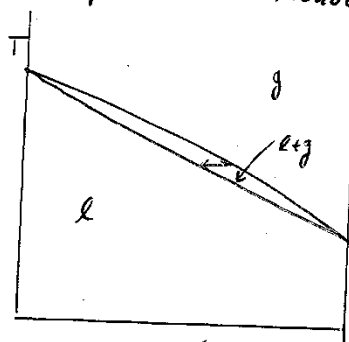
$$\ln \frac{n_{\text{poč}}}{n_{\text{kon}}} = \int_{x_{\text{poč}}}^{x_{\text{kon}}} \frac{1}{x^g - x^l} dx$$

Dobrá dělitelnost

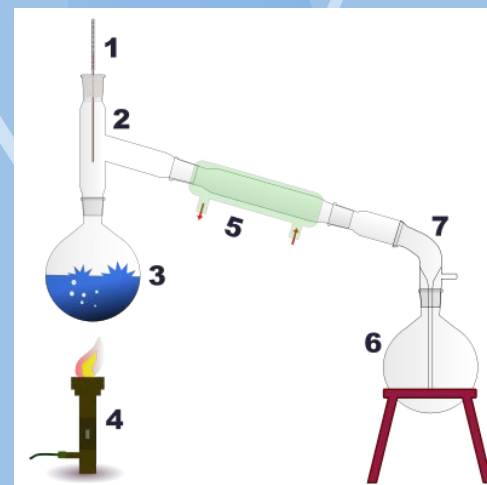
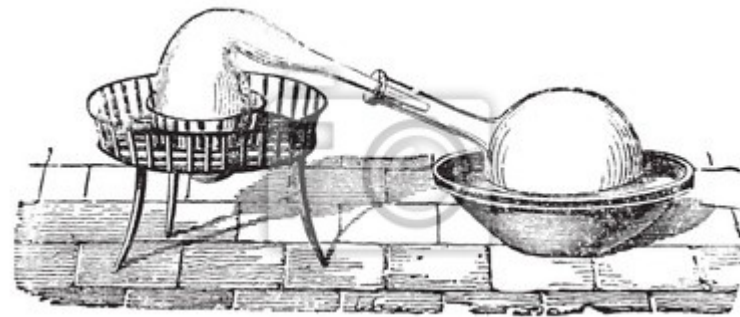


tyto křivky G^g a G^l

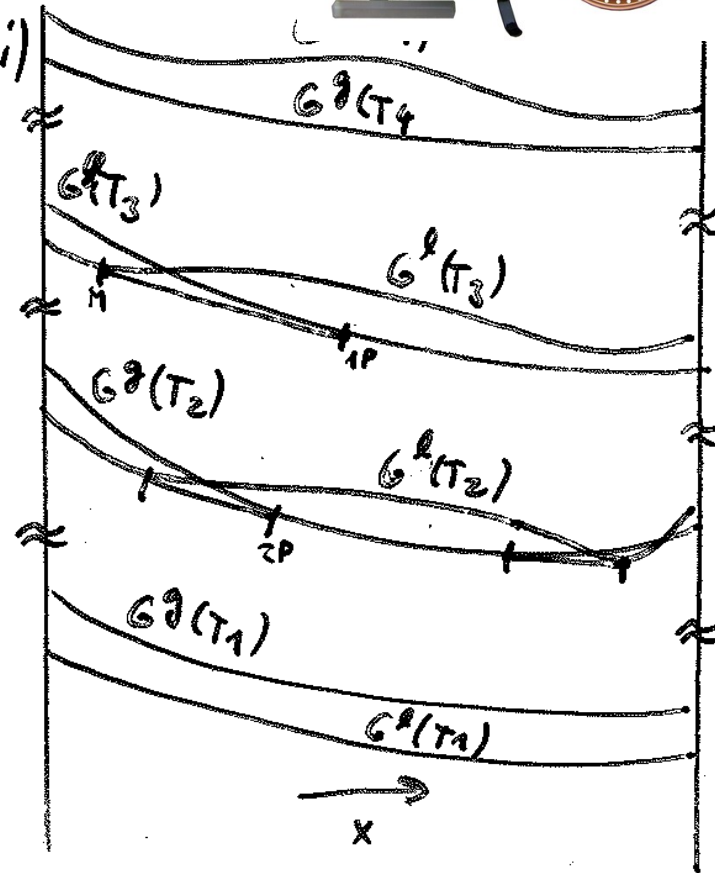
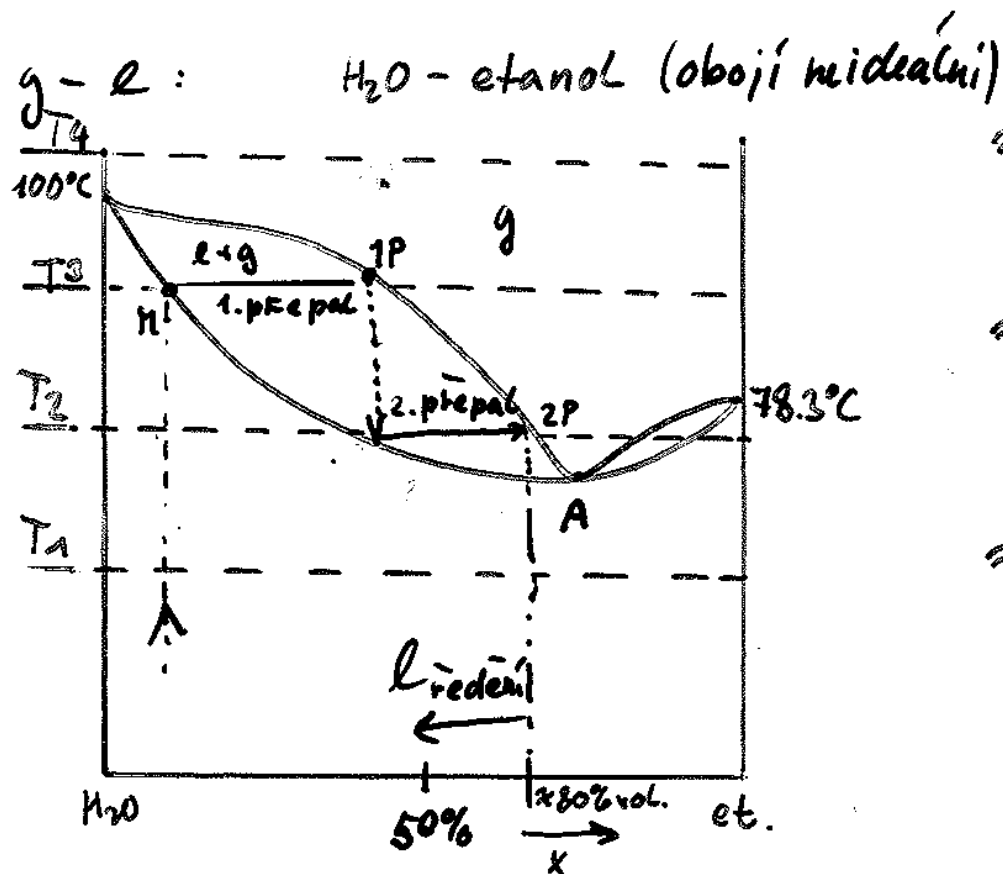
Špatná dělitelnost



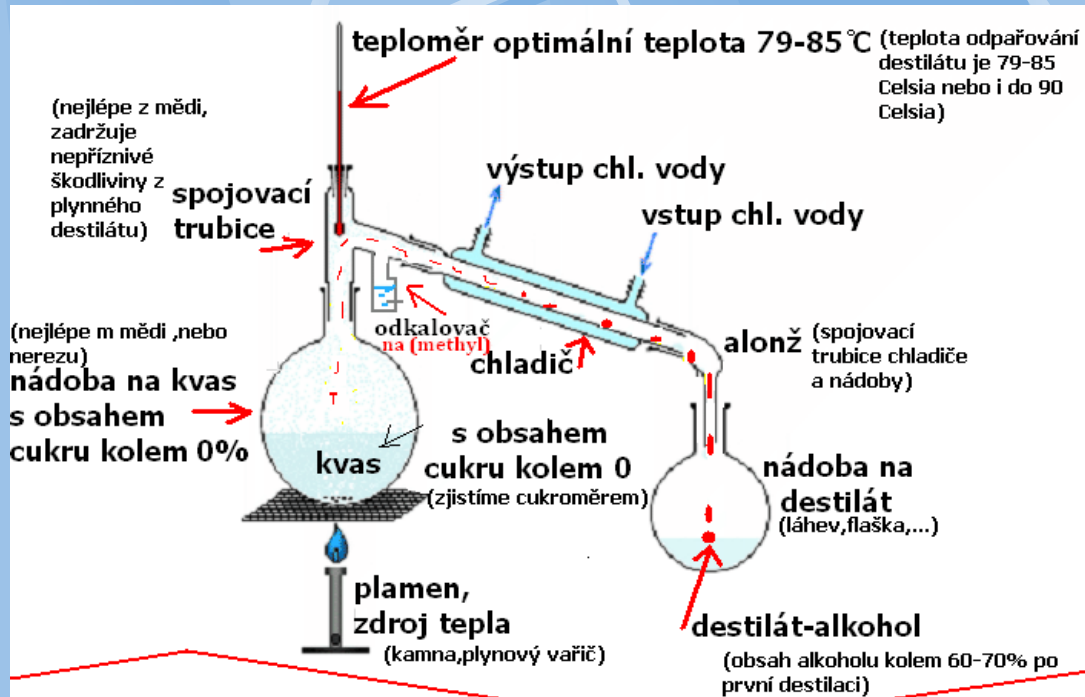
(malý rozdíl T_{min} složek)



Binární FR s azeotropem



Praktická destilace

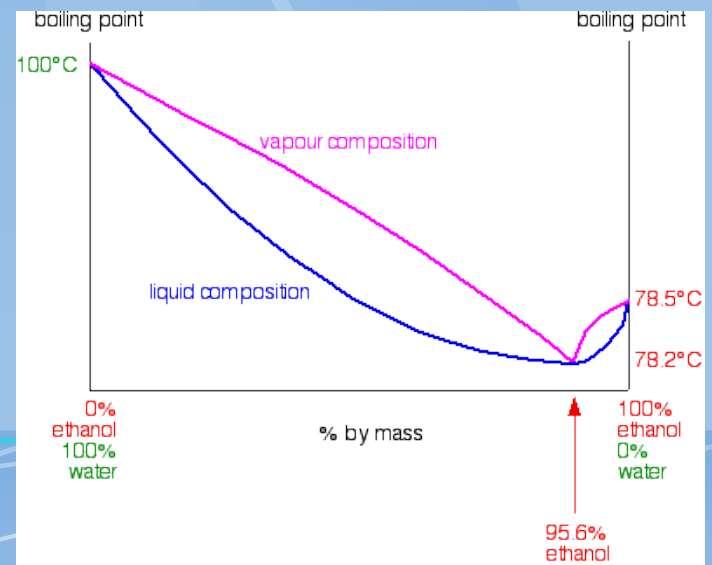
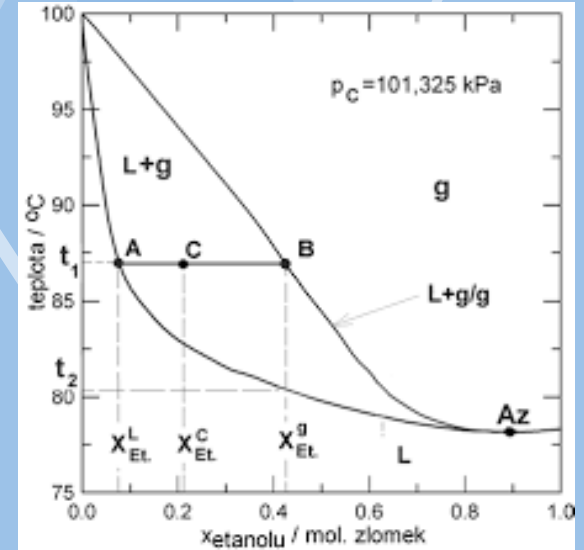


DOBRU CHUŤ !!
BON APPÉTIT !!
SMACZNEGO !!
¡BUEN PROVECHO !
BON EETLUS !

孟兰盆胃口 !
head isu!
ทานให่ร่อยนบะ!
Poftă bună!

Приятного аппетита!
DOBAR TEK !
SELAMAT MAKAN !
召し上がれ !

صادق!
באן אפעטיט!
वॉन भूख!



Experiment

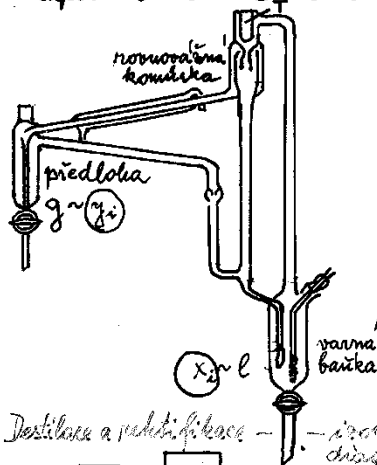
Heterogenní rovnováhy v soustavě o dvou složkách

Rovnováhy 2 fází:

Rovnováha kapalina – plyn

Zdroj termodynamických dat o kapalně-fází

Experimentální zařízení – Gillespieův přístroj



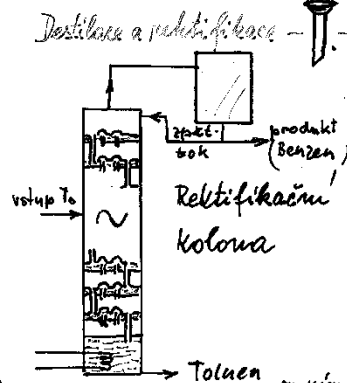
Při nízkých tlacích (vhl. k p_K)
se plynná fáze chová ideálně.

$$\mu_{gi} = \mu_{gi}^0 + RT \ln y_i$$

Pro kapalnou fázi platí:

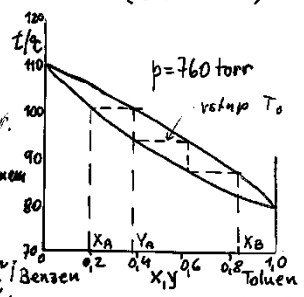
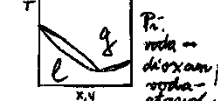
$$\mu_{li} = \mu_{li}^0 + RT \ln f_i x_i$$

Z podmínky $\mu_{gi} = \mu_{li}$ stanovíme f_i
(viz dále)



izotermická rovnováha
diagramu

Typ diagramu sestaven

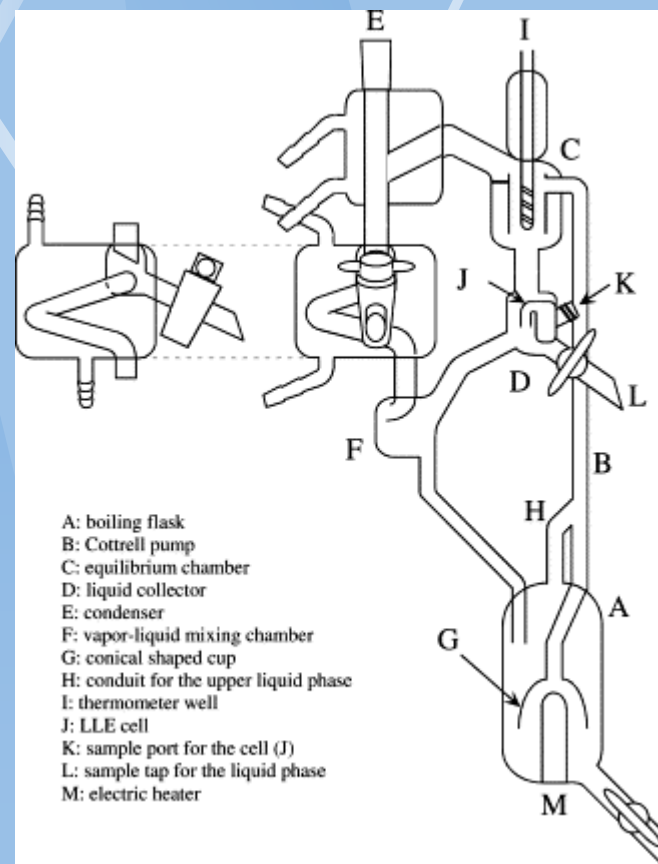


Počet teoretických pater

Frakcionovaná destilace

$$\ln \left(\frac{m_{\text{poč}}}{m_{\text{kon}}} \right) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx_1}{y_1 - x_1}$$

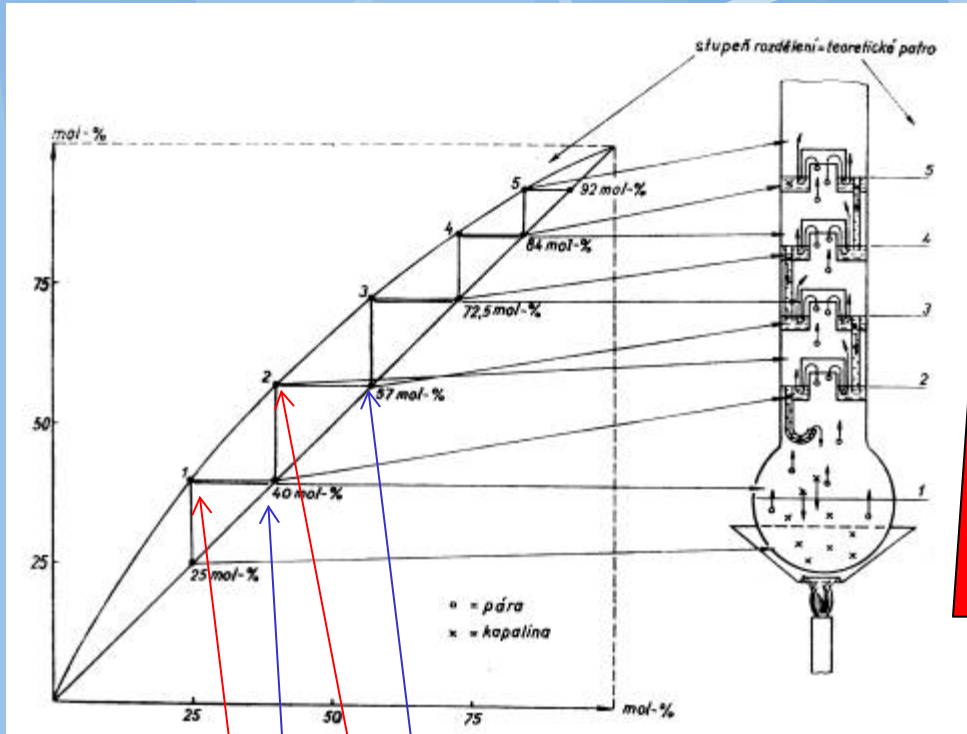
Antitropická směs
maximum vrátka [miner. kyseliny - voda]



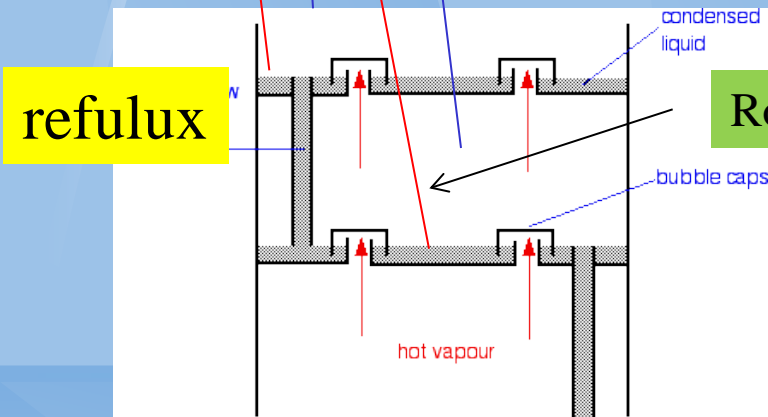
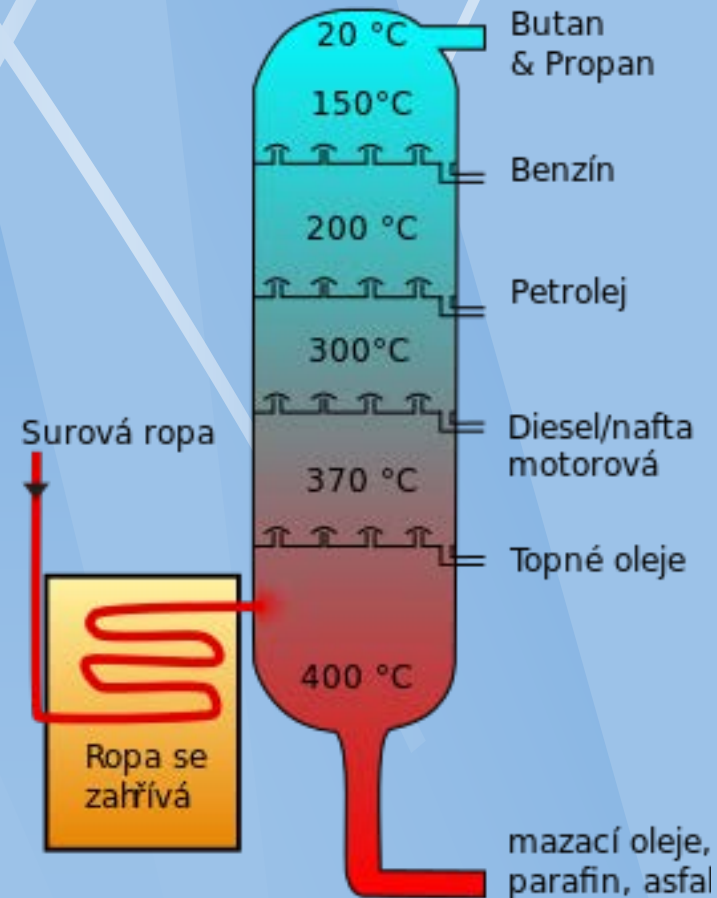
- A: boiling flask
- B: Cottrell pump
- C: equilibrium chamber
- D: liquid collector
- E: condenser
- F: vapor-liquid mixing chamber
- G: conical shaped cup
- H: conduit for the upper liquid phase
- I: thermometer well
- J: LLE cell
- K: sample port for the cell (J)
- L: sample tap for the liquid phase
- M: electric heater

Stanovení složení
koexistujících fází (liquid-
gas)

Reálná kolona



Destilace ropy



Kontinuální proces

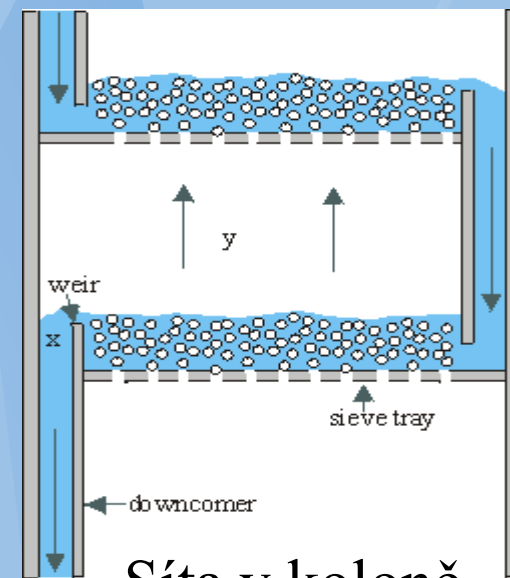
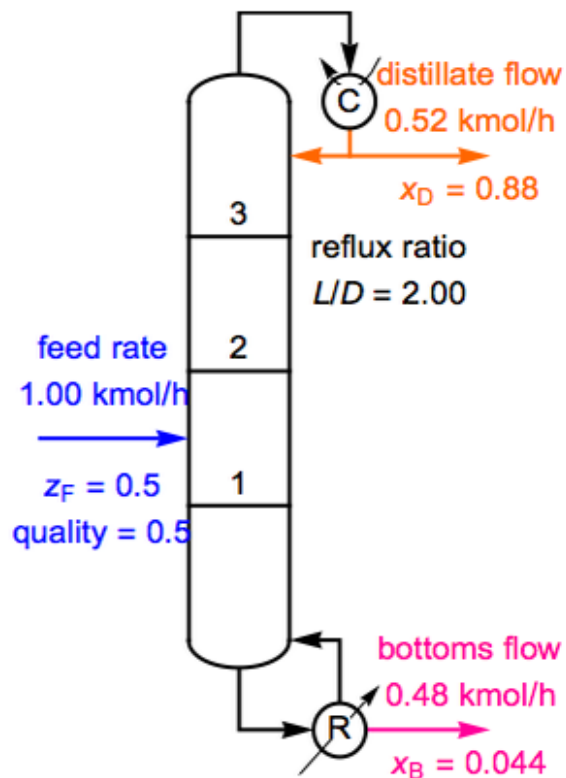
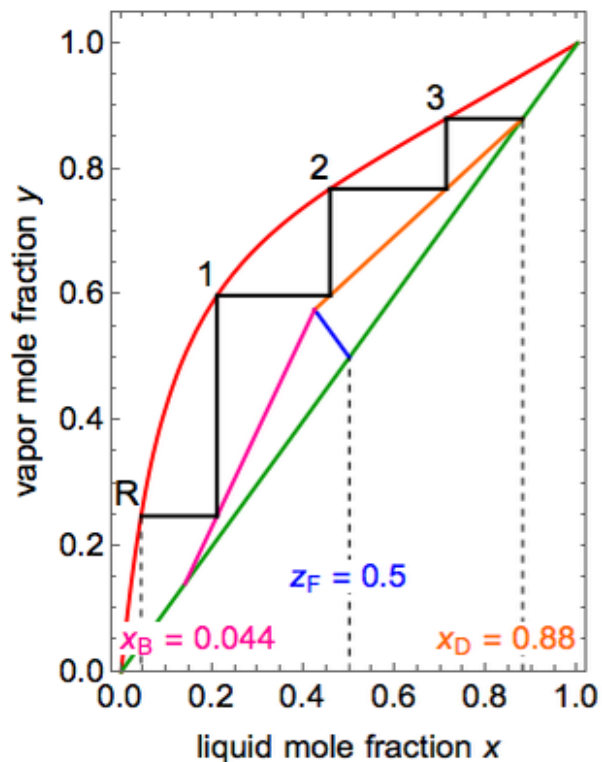
Technologie

view process flow diagram ☒ number stages top to bottom bottom to top

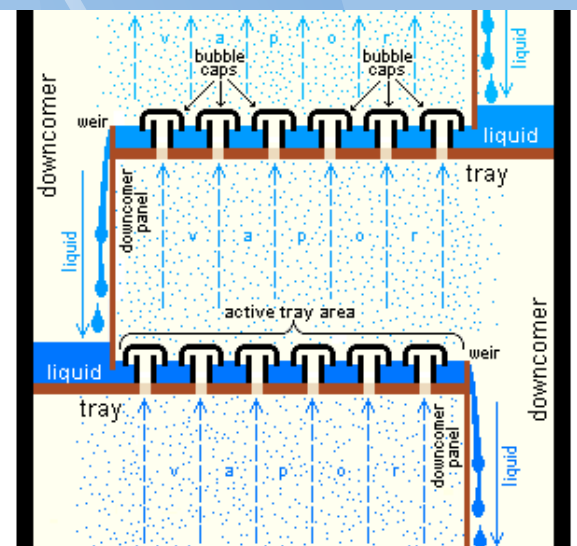
external reflux ratio L/D

mole fractions: distillate x_D desired bottoms x_B

equilibrium stages needed = 4 (including reboiler)

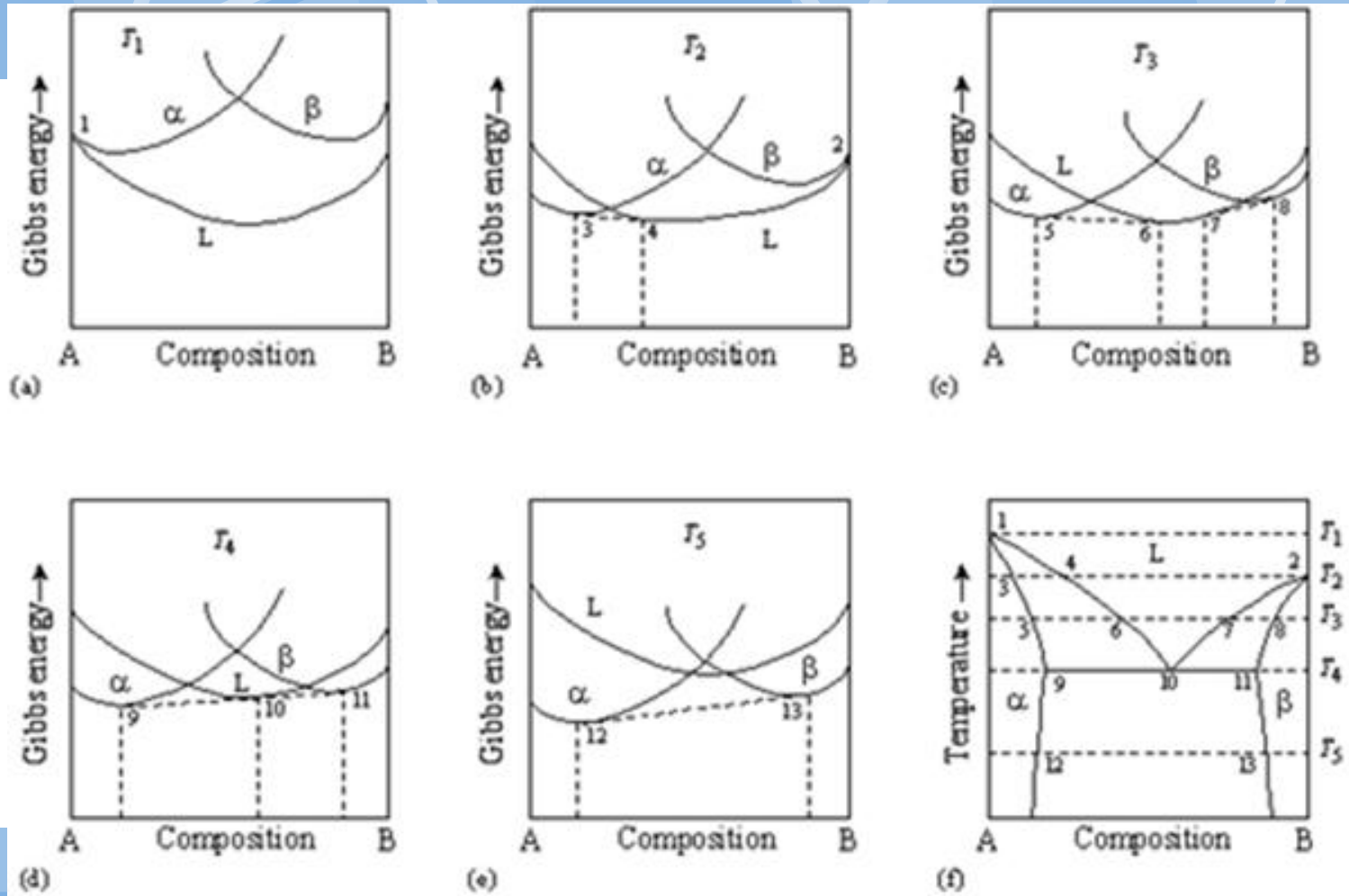


Síta v koloně

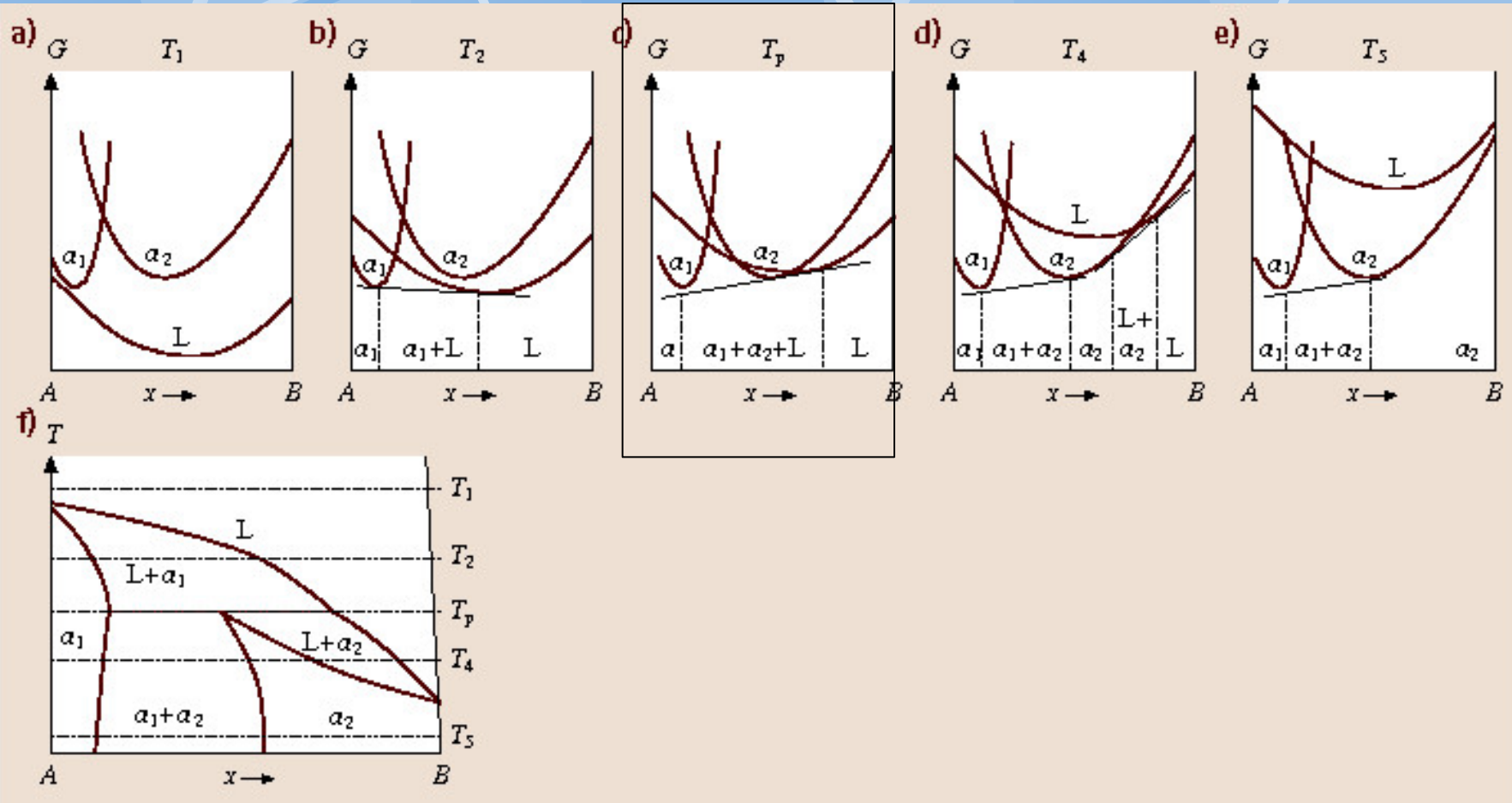


kloboučky v koloně

Třífázová rovnováha v binární soustavě



Peritectic equilibrium



• Eutectic-type invariant reactions

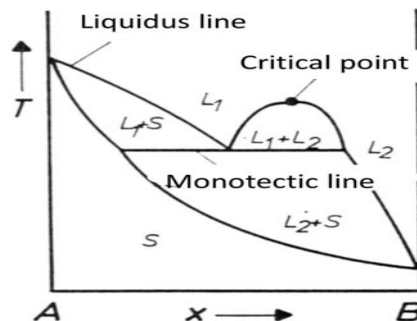
1. Eutectics: $l \rightarrow s_1 + s_2$
2. Monotectics: $l_2 \rightarrow l_1 + s$
3. Eutectoids: $s_2 \rightarrow s_1 + s_2$
4. Catatectics: $s_1 \rightarrow l + s_2$

• Peritectic-type invariant reactions

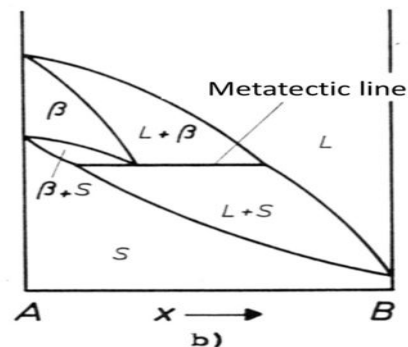
1. Peritectics: $l + s_2 \rightarrow s_1$
2. Syntectics: $l_1 + l_2 \rightarrow s$
3. Peritectoids: $s_1 + s_3 \rightarrow s_2$

INVARIANT POINTS				
	Invariant Point	Reaction	Example	System
	Eutectic	$l \rightleftharpoons \alpha + \beta$ $l \rightleftharpoons S_1 + S_2$		Ag - Cu Pb - Sn
	Eutectoid	$\gamma \rightleftharpoons \alpha + \beta$ $S_1 \rightleftharpoons S_2 + S_3$		Fe - C Al - C
	Peritectic	$l + \alpha \rightleftharpoons \beta$ $l + S_1 \rightleftharpoons S_2$		Cu - Zn
	Peritectoid	$\beta + \alpha \rightleftharpoons \gamma$ $S_1 + S_2 \rightleftharpoons S_3$		Al - Ni Cu - Zn
	Metatectic	$\alpha \rightleftharpoons l + \beta$ $S_1 \rightleftharpoons l + S_2$		U - Mn
	Monotectic	$l_1 \rightleftharpoons \alpha + l_2$ $l_1 \rightleftharpoons S_1 + l_2$		Cu - Pb
	Syntectic	$l_1 + l_2 \rightleftharpoons \alpha$ $l_1 + l_2 \rightleftharpoons S_1$		K - Zn Na - Zn

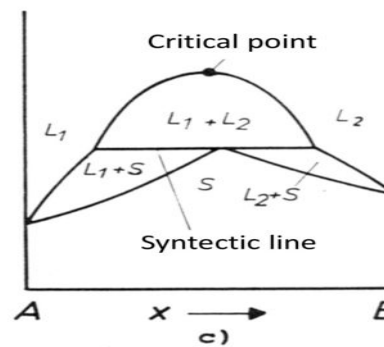
Types of binary diagrams



Monotectic reaction
 $L_1 \rightleftharpoons L_2 + S$

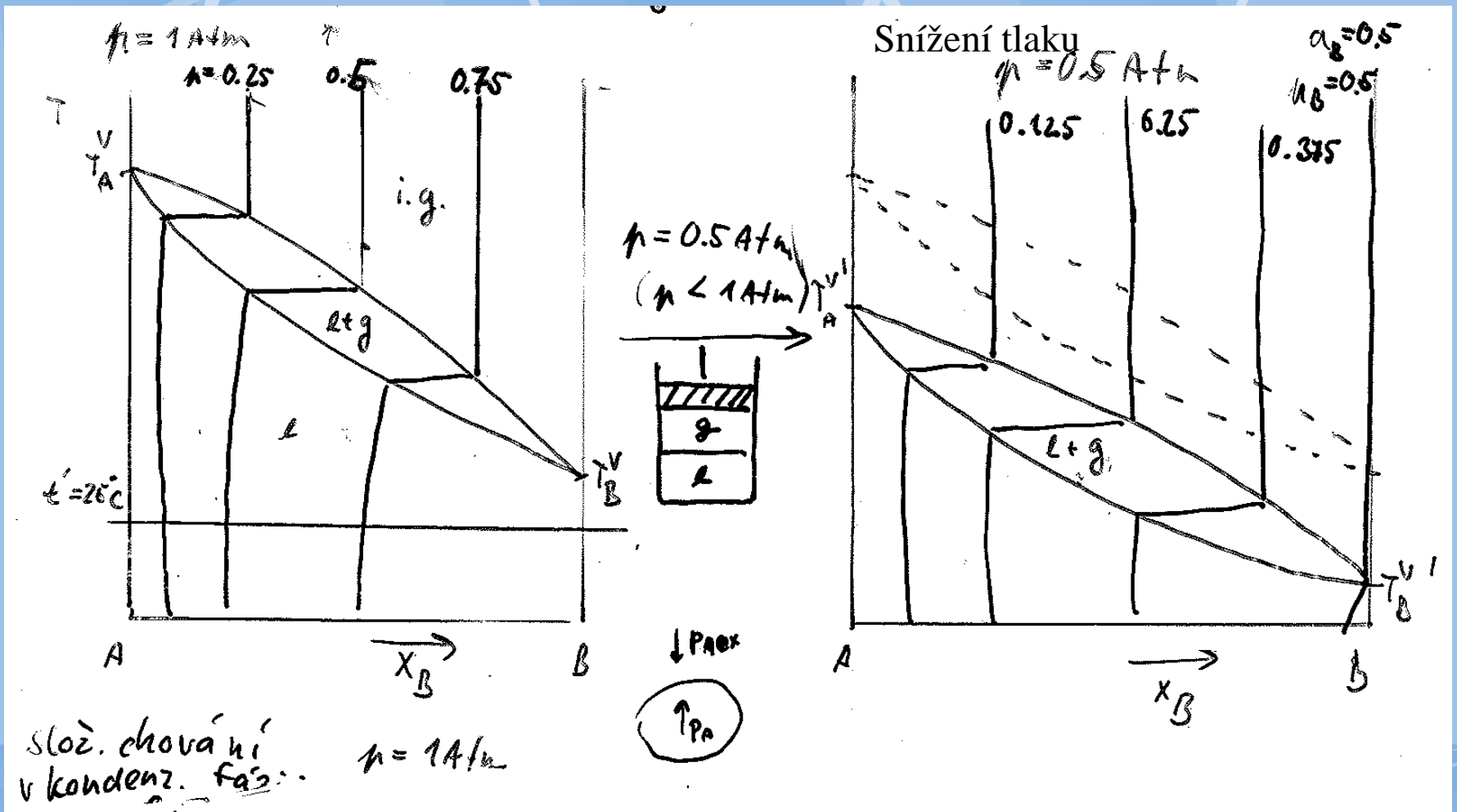


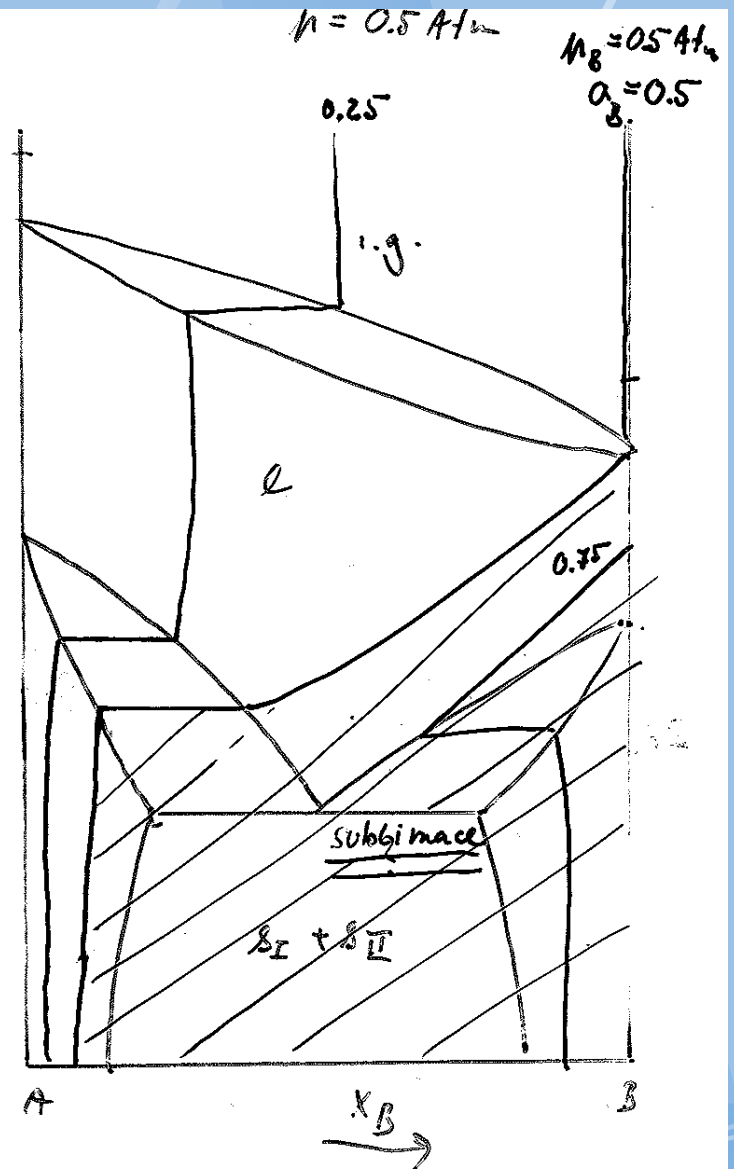
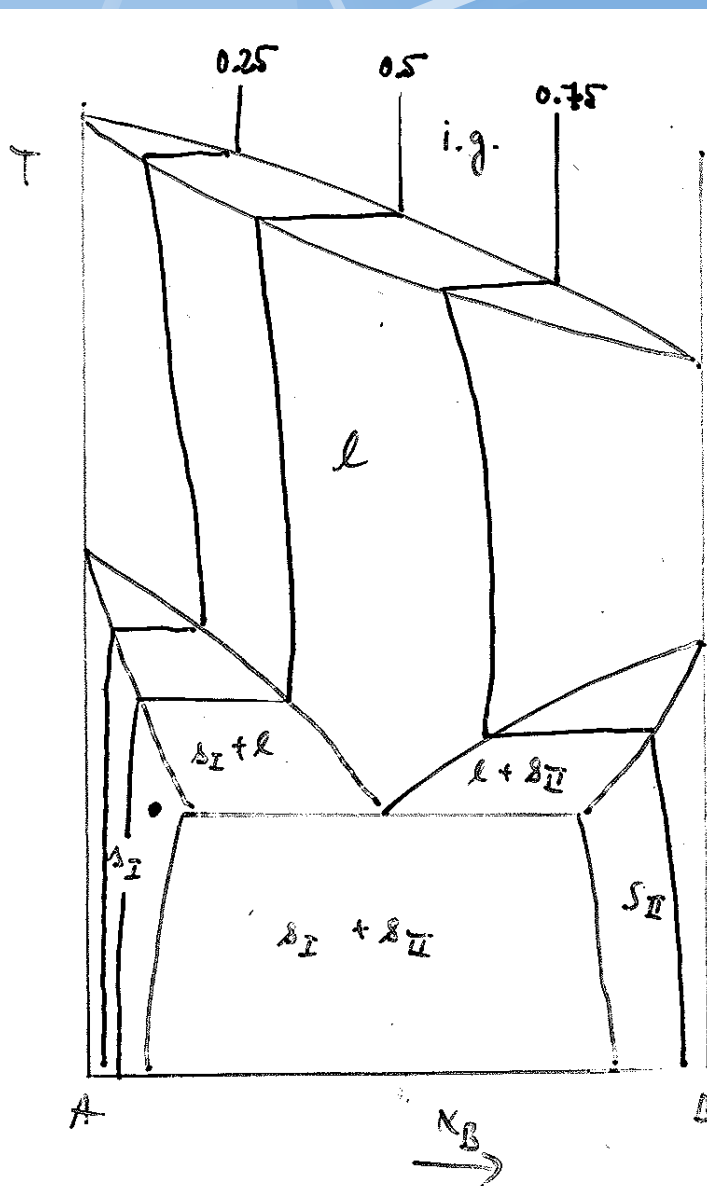
Metatectic reaction
 $\beta \rightleftharpoons L + S$



Syntectic reaction
 $L_1 + L_2 \rightleftharpoons S$

Rovnováha l-g a vnější tlak

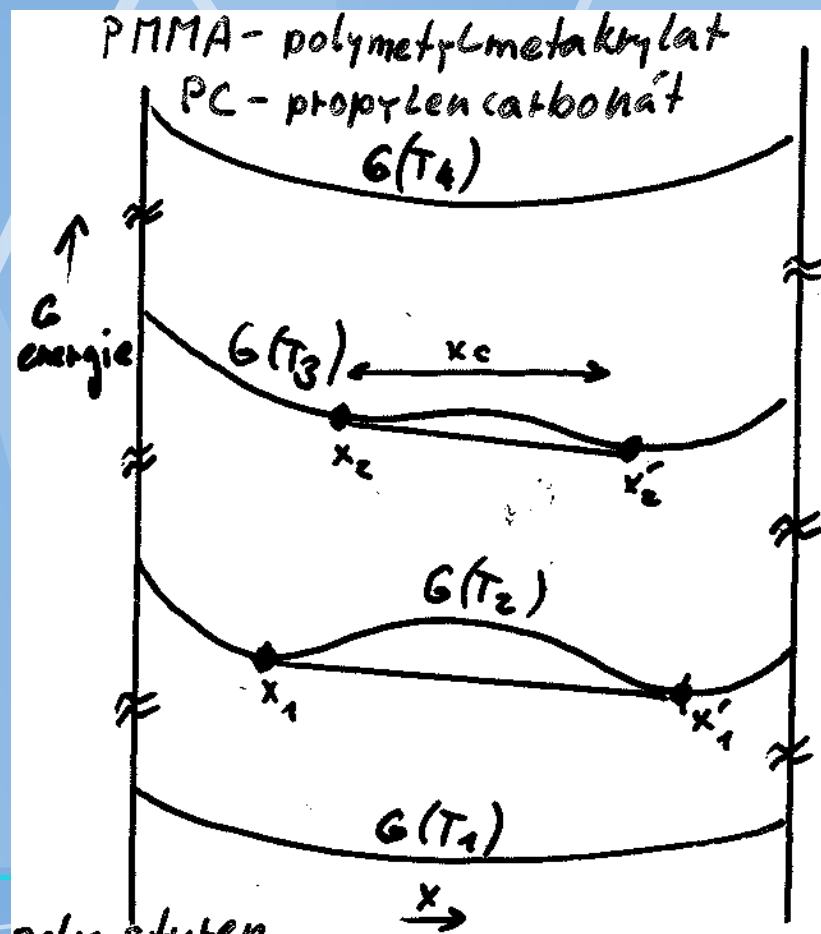
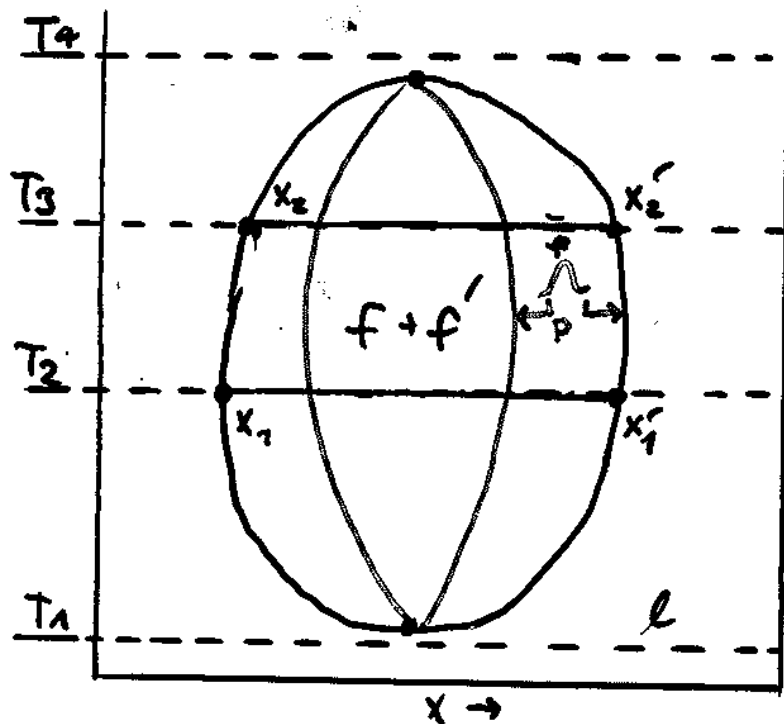




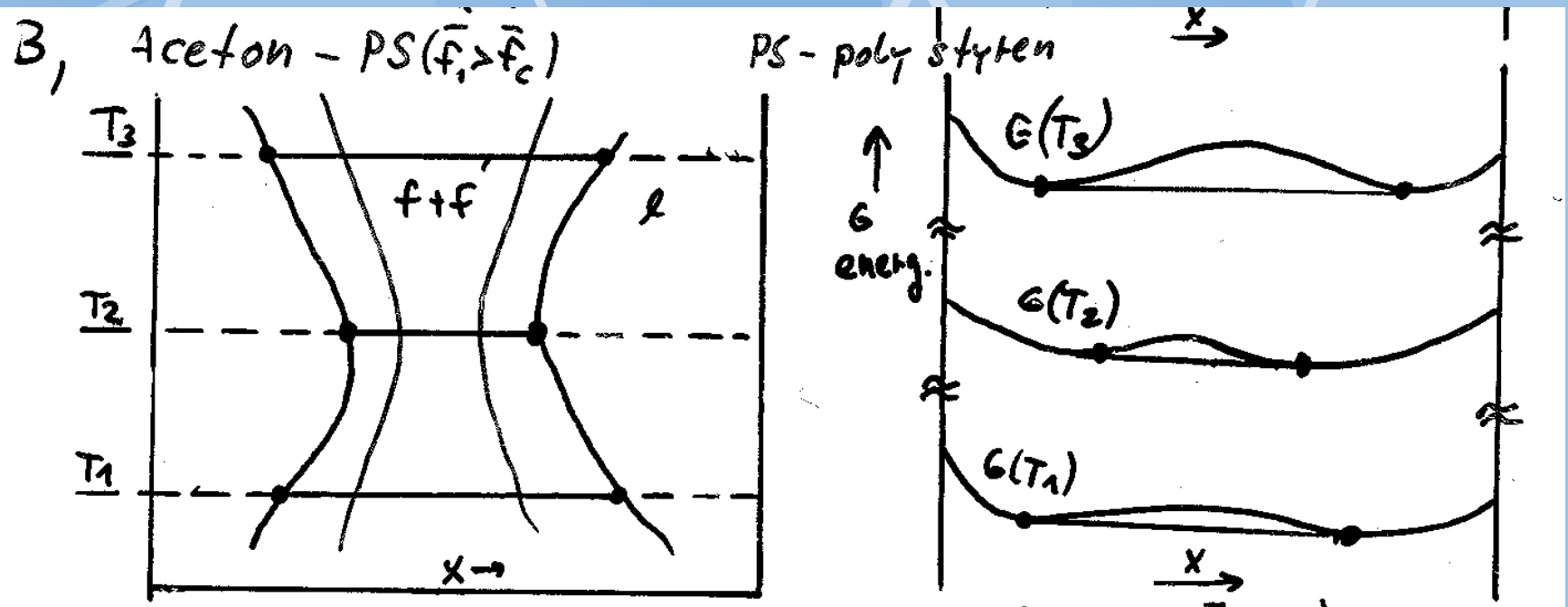
FR organických látek a polymerů

θ diagram

A, $\frac{\text{H}_2\text{O} - \text{nikotin}}{\text{modra}} \times \frac{\text{PMMA} - \text{PC}}{\text{zelená}}$

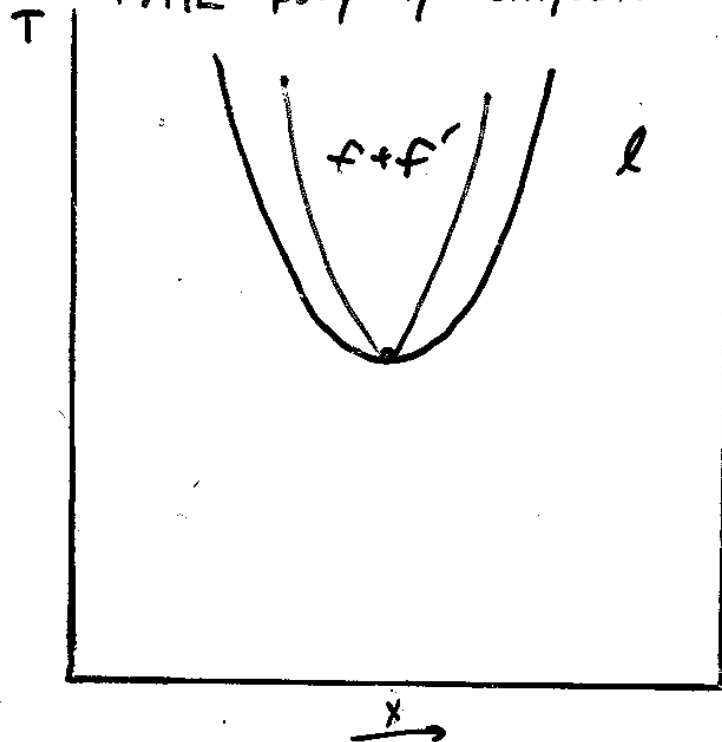


χ diagram

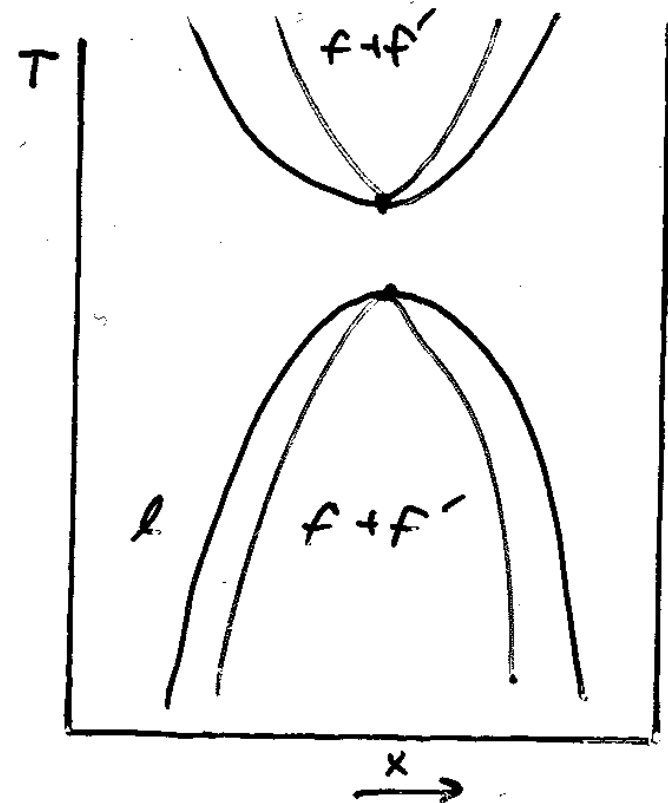


FD s horní a dolním kritickým bodem

C, H_2O - triethylamin x PVME - PS
PVME - polyvinylmethylether

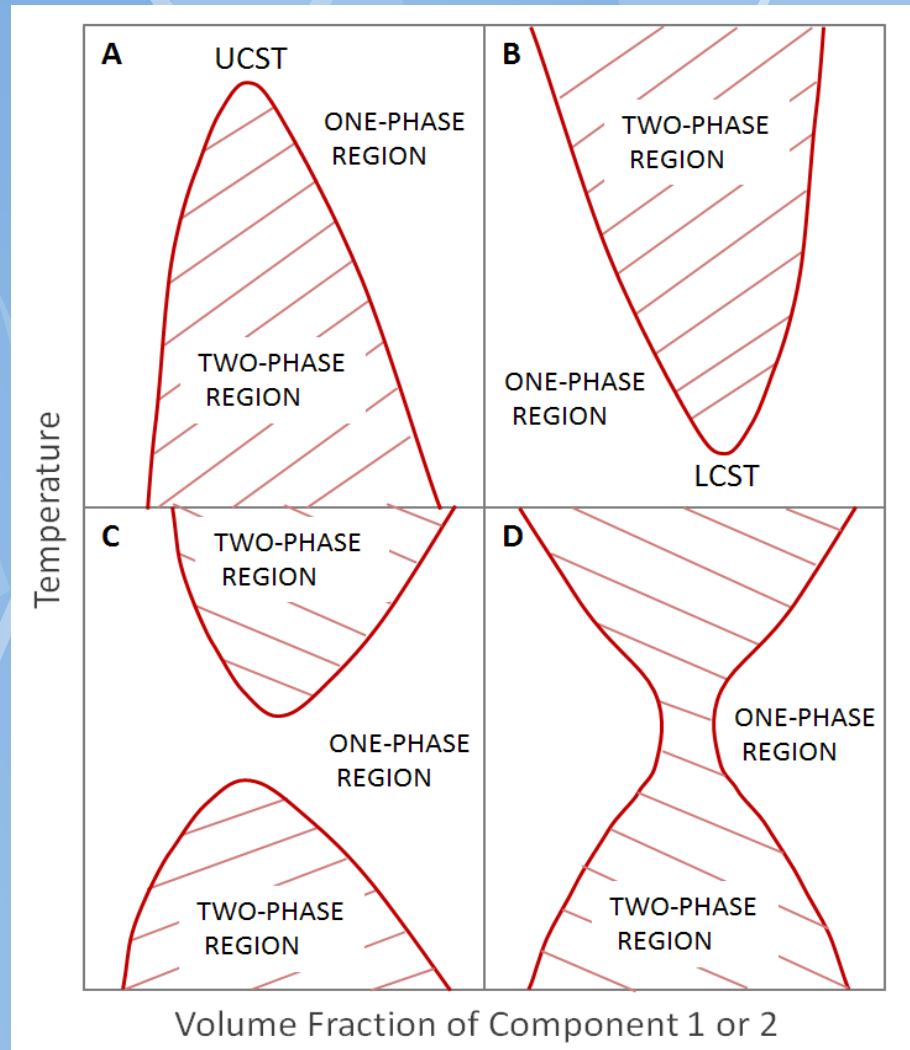


D, Aceton - PS ($f_2 < f_c$)



Typu FD směsí polymerů (souhrn)

The classical Flory-Huggins theory of mixing predicts only one region of immiscibility with an upper critical solution temperature. However, for some polymer blends, there are two regions of immiscibility; one is characterized by an upper critical solution temperature (UCST) and the other by a lower critical solution temperature (LCST). A third polymer blend system shows one continuous region of immiscibility extending from low to high temperatures with miscibility at (very) low and high polymer volume fractions.



Experimentálně měřitelná termodynamická data

A, Měřitelné termodynamická data:

- měrná tepla ($C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$, $C_P = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P$ - mimo $T_{\text{fáz.př.}}$)
 - latentní tepla fázových přeměn
 - reakční a směšovací tepla
 - koeficienty délkové a objemové roztažnosti
 - rovnovážné konstanty chemických reakcí, EMN článků.
 - tevre páry,
- } kalorimetrie

B, Fázová data

- rozpustnosti
- chemické složení fází v rovnováze
- podíly fází
- aktivity složek (parciální tlaky složek)

Základní názvosloví fázových diagramů

Fázový diagram: geometrické znázornění fázových dat (fázových oblastí, hranic, ...) soustavy v závislosti na vnějších proměnných (p, T) a složení soustavy.

Fázový diagram znázorňujeme obvykle jako 2D kresbu
(konst.: $p, T, x_i, x_i/x_j, \dots$)

Označování: př.: A-B-C-D ($n = \dots, T = \dots, x_B/x_C = \dots$)

Fázová oblast: geometrické místo bodů (oblast) fázového diagramu, v níž se nemění počet fází

Označování: př.: $(s+l), (\alpha+\beta+n_3c), (l+l'), \dots$

Hranice fázové oblasti: geom. místo bodů (hranice), která odděluje různé fázové oblasti.

Označování: př.: $s/(s+l), \alpha/(\alpha+\beta), l'/(l+l'), (\alpha+l)/(\alpha+\beta+l), \dots$

Tie-angle: Geometrický útvar, který vznikne nekratším spojením bodů o souřadnicích daných chem. složením, p a T koexistujících fází. Tie-Line (konoda), Tie-triangle, Tie-square, ...

Označování: viz fázové oblasti

Hranice rozpustnosti: geom. místo bodů (hranice), které spojuje body ve fázovém diagramu, jejichž jedna souřadnice udává maximální hodnotu koncentrace zvolené složky aniž by došlo ke vzniku nové koexistující fáze. \equiv vybraná hranice fáz. obl.

Plocha Liquida: geom. místo bodů, které udávají minimální teplotu jednofázové kapalně fáze.

Plocha Solidu: geom. místo bodů, které vyjadřují složení pevné fáze v koexistenci s kapalnou fází.

Diskuse

Anomálie vody : <http://www.lsbu.ac.uk/water/explan4.html>

The heat of fusion of water with temperature exhibits a maximum at -17°C

Water has over twice the specific heat capacity of ice or steam

The specific heat capacity (CP and CV) is unusually high

The specific heat capacity CP has a minimum at 36°C

The specific heat capacity (CP) has a maximum at about -45°C

The specific heat capacity (CP) has a minimum with respect to pressure

The heat capacity (CV) has a maximum

High heat of vaporization

High heat of sublimation

High entropy of vaporization

The thermal conductivity of water is high and rises to a maximum at about 130°C

Chemický potenciál

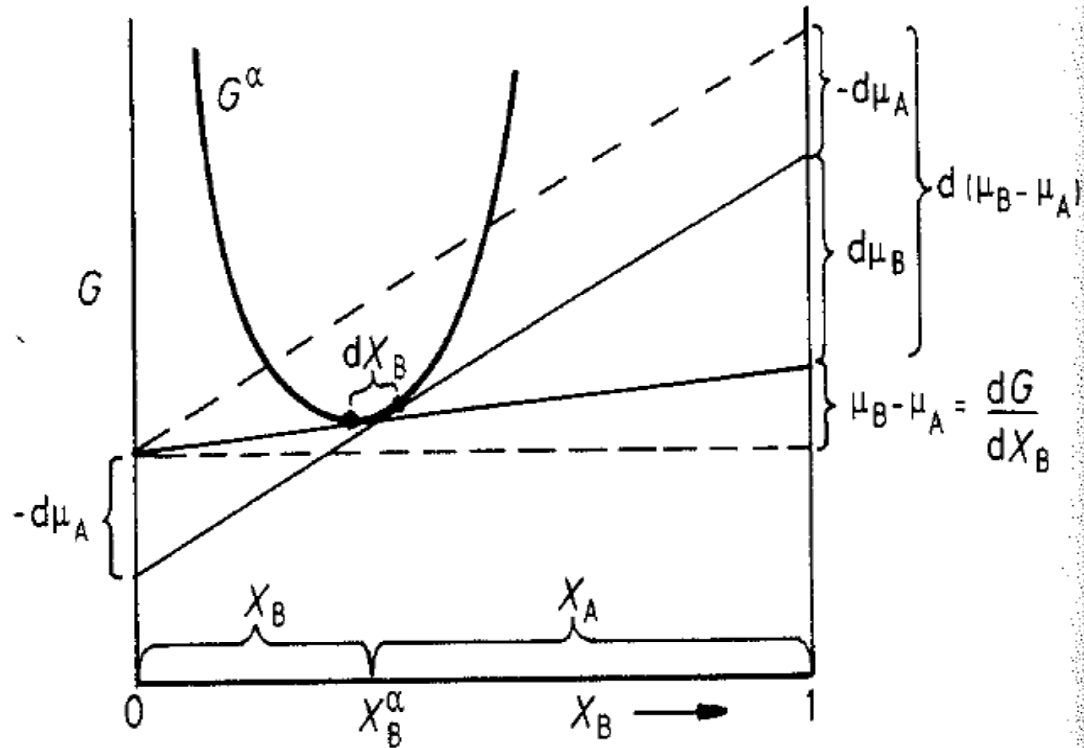
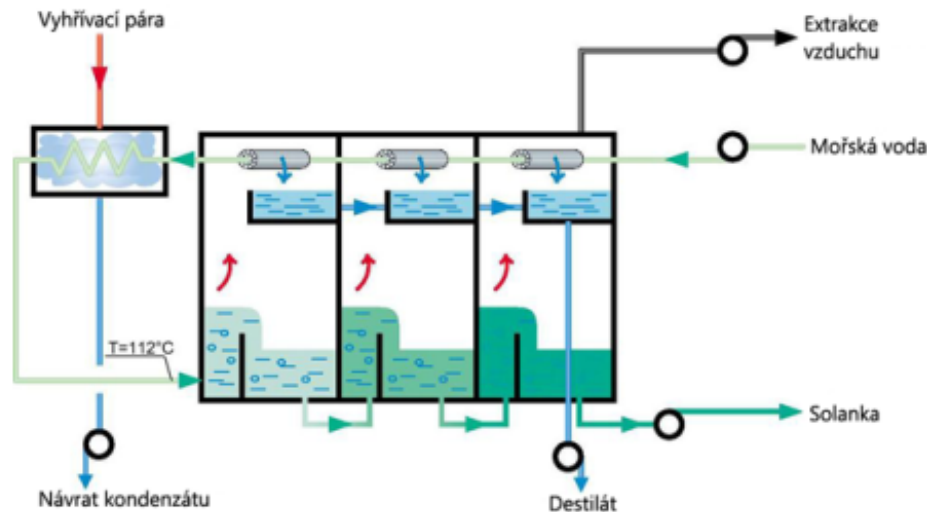


Fig. 1.46 Evaluation of the change in chemical potential due to a change in composition. (After M. Hillert, in *Lectures on the Theory of Phase Transformations*, H.I. Aaronson (Ed.), ©The American Society for Metals and The Metallurgical Society of AIME, New York, 1969.)

Odsolování vody

Vícestupňová destilace

Pokud chceme **snížit energetickou náročnost destilace**, je třeba využít odpadní teplo. Teplo, které se uvolní při kondenzaci vodní páry, je pochopitelně možné využít pro další destilaci, základní problém je ale v tom, že slaná voda se vaří při trochu vyšší teplotě, než je teplota kondenzace čisté vody (čím vyšší obsah soli, tím vyšší je bod varu). Bod varu vody je však silně závislý na tlaku. Nabízí se proto jednoduché řešení – **použít řadu za sebou zařazených destilačních komor** a snižovat v nich tlak tak, aby kondenzující voda z předchozího stupně dokázala přivést k varu vodu v následujícím stupni.



Vícestupňová destilace

Některá opravdu **velká destilační zařízení** na tomto principu pracují třeba v Saudské Arábii.

<https://www.nazeleno.cz/technologie-1/odsolovani-vody-destilace-vymrazovani-kompres-a-dalsi.aspx>

