

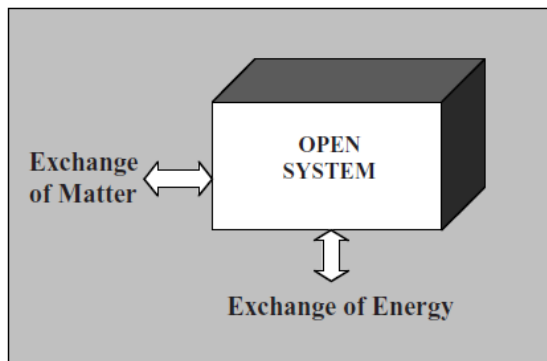
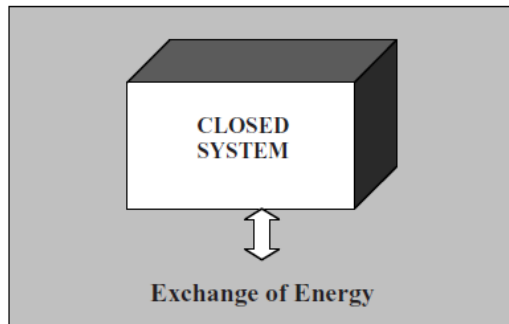
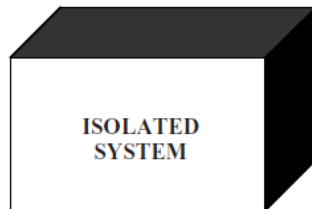
Stav sústavy, stavové správanie plynov a kvapalín

Prednáška 3.

Vypracoval: Ing. Martin Juriga, PhD.

Bratislava, október 2020

Stav sústavy



Prečo iba (l) alebo (g). Máme aj stavové správanie (s) ?

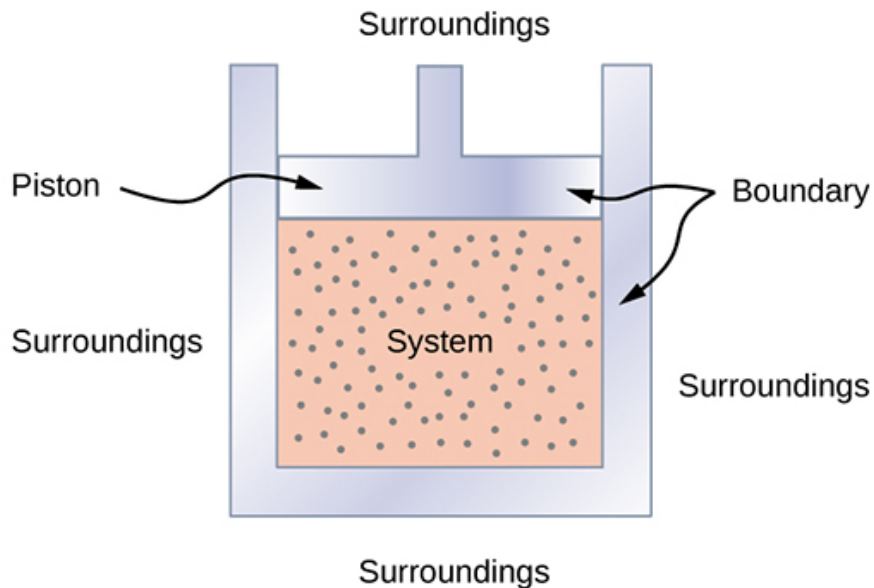
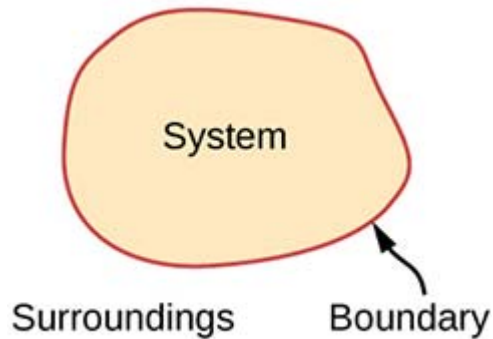
V sústave môžu prebiehať rôzne deje.

Tieto deje sa uskutočňujú v čase v ohraničenom priestore.

Pod vplyvom týchto dejov sa všeobecne menia vlastnosti sústavy ako napr. teplota, tlak, objem, látkové množstvo, zloženie látky a pod. v závislosti od času a polohy.

Okamžité rozloženie látky a energie v sústave nazývame stavom sústavy.

Stav sústavy



Ak poznáme stav sústavy vieme určiť v danom čase:

- aké látky, v akom množstve sú prítomné v sústave,
- formy energie,
- Rozloženie - ak poznáme vlastnosti sústavy v závislosti od polohy v sústave/.

Stav sústavy je určený, ak poznáme všetky vlastnosti potrebné na jej úplný termodynamický opis

Koľko stavových veličín, ktoré opisujú stav sústavy, potrebujeme poznať na jednoznačné určenie stavu sústavy ?

Stav sústavy

$$I_i = f(I_a, I_b, x_a, x_b, \dots, x_i, \dots, x_k)$$

Teória termodynamiky na túto otázku sama odpovedať nevie, ale vychádza z empirického postulátu (ide o 5. postulát termodynamiky):

Na určenie ľubovoľnej intenzitnej veličiny v homogénnej sústave s K – zložkami ($i = A, B, C, \dots, K$) treba poznať zloženie sústavy a minimálne dve ďalšie intenzitné veličiny.

 I_i

- je závislou intenzitnou veličinou

 I_a, I_b

- sú nezávislé / ľubovoľné/ intenzitne veličiny

 $x_a, x_b, \dots, x_i, \dots, x_k$

a sú molové zlomky prítomných látok v sústave.

Stav sústavy

Tento minimálny počet nezávislých premenných sa vzťahuje na jednoduchú termodynamickú sústavu, ktorá má nasledujúce vlastnosti:

- je jednofázovou sústavou, ktorá môže byť homogénna/nehomogénna,
- sústava nie je pod vplyvom vonkajších síl (napr. elektrických, magnetických ...),
- v sústave možno zanedbať vplyv povrchových síl.

Nezávislé stavové veličiny (stavové premenné) všeobecne možno zvoliť ľubovoľnú stavovú veličinu. Z hľadiska praktickej aplikácie treba voliť také veličiny, ktoré sú priamo merateľné ako napr. tlak, teplota, objem a pod.

Stavová rovnica (stavová funkcia) je matematická forma, ktorá uvádza do vzťahu, nezávislé a závislé premenné stavové veličiny.

$$f(T, p, V) = 0$$

$$f(T, p, V_m) = 0$$

Stav sústavy

Stavov správanie môžeme charakterizovať aj pomocou veličín, ktoré sú špeciálne definované pre tento účel/ sú účelovo zvolené/, ktoré umožňujú porovnať správanie rôznych sústav.

$$\alpha_p = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$

$$\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$$

$$\beta_V = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$$

Súčiniteľ izobarickej rozťažnosti

α_p - vyjadruje relatívnu zmenu objemu (x 100 %) odpovedajúcej jednotkovej zmene teploty.

Súčiniteľ izotermickej stlačiteľnosti

κ_T - vyjadruje relatívnu zmenu objemu (x 100 %) odpovedajúcej jednotkovej zmene tlaku.

Súčiniteľ izochorickej rozpínavosti

β_V - vyjadruje relatívnu zmenu tlaku (x 100 %) odpovedajúcej jednotkovej zmene teploty.

Stav sústavy

Súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti

$$\Delta L = f(T)$$

$$\alpha_L = \frac{1}{L} \left(\frac{dL}{dT} \right)$$

vyjadruje
 ako st. mi zmení veľičnosť (L)
 pri zmene T

$$\alpha_L = \frac{1}{L} \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \Delta T \cdot \alpha_L$$

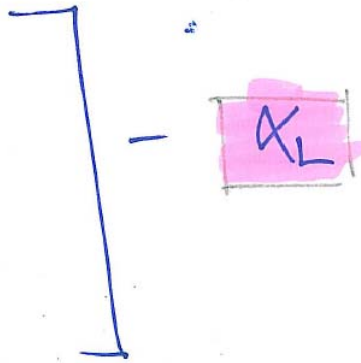
napr.:

CS: $13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

SS: $17,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

post TP: $250 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

diamant: $1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$



Súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti

α_L - vyjadruje relatívnu zmenu dĺžky (x 100 %) odpovedajúcej jednotkovej zmene teploty.

~ podobá sa na
 Súčiniteľ izobarickej rozťažnosti - α_p

Stav sústavy

Ke α_L vynecháme 100% dostaneme
 Relatívnu zmenu dĺžky pri zmene o 1°C
 napr. CS: $13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 100\% = \underline{\underline{13 \cdot 10^{-4}\%}}$

$$l_m = 1000 \text{ mm} \quad \left| \frac{1000}{100} = \frac{x}{13 \cdot 10^4} \right| \quad \% \text{ peráčet}$$

$$x = \frac{13}{100} = 0,013 \text{ mm}/^\circ\text{C}$$

Pre $100^\circ\text{C} \rightarrow \boxed{1,3 \text{ mm}}$

alebo:

$$\Delta L = L_0 \cdot \Delta T \cdot \alpha_L = 1000 \cdot 100 \cdot 13 \cdot 10^{-6}$$

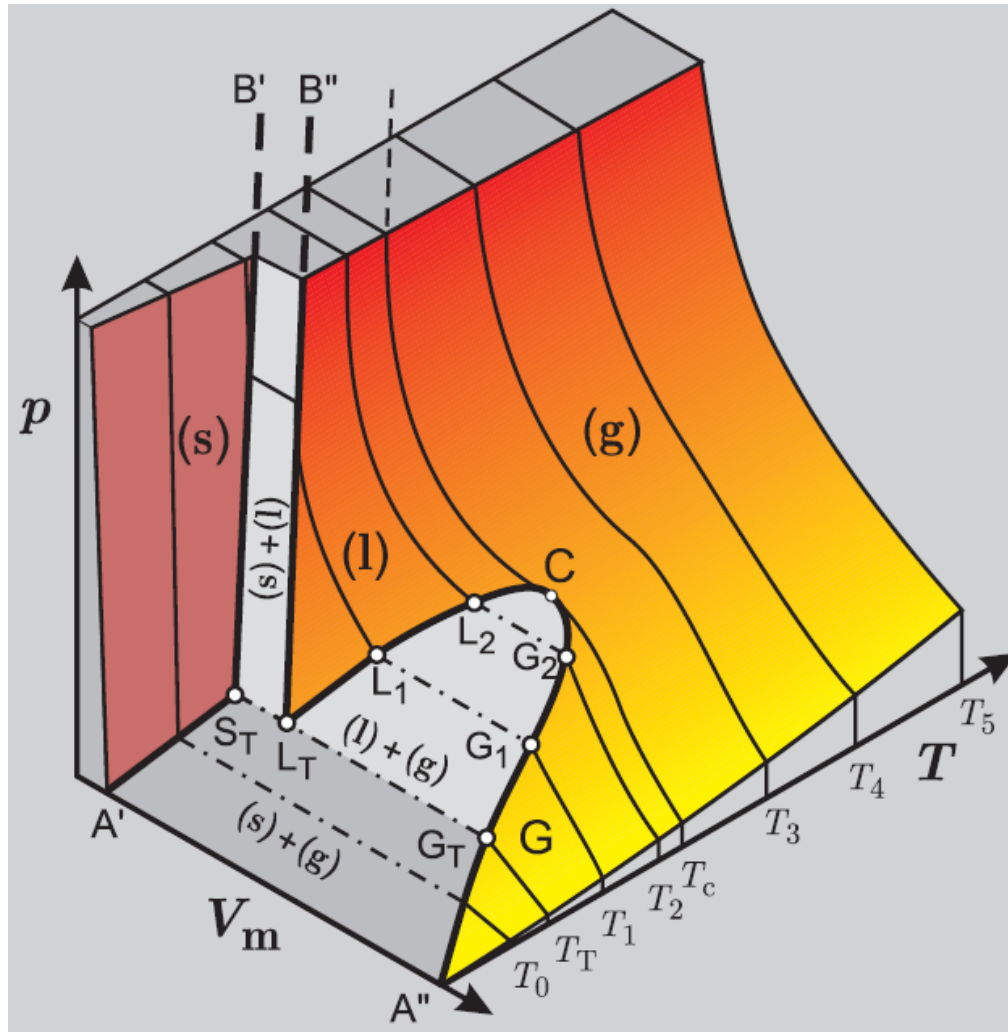
$$= \boxed{1,3 \text{ mm}}$$

Súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti

α_L - vyjadruje relatívnu zmenu dĺžky (x 100 %) odpovedajúcej jednotkovej zmene teploty.

~ podobá sa na
 Súčiniteľ izobarickej rozťažnosti - α_p

Stav sústavy



$$f(T, p, V_m) = 0$$

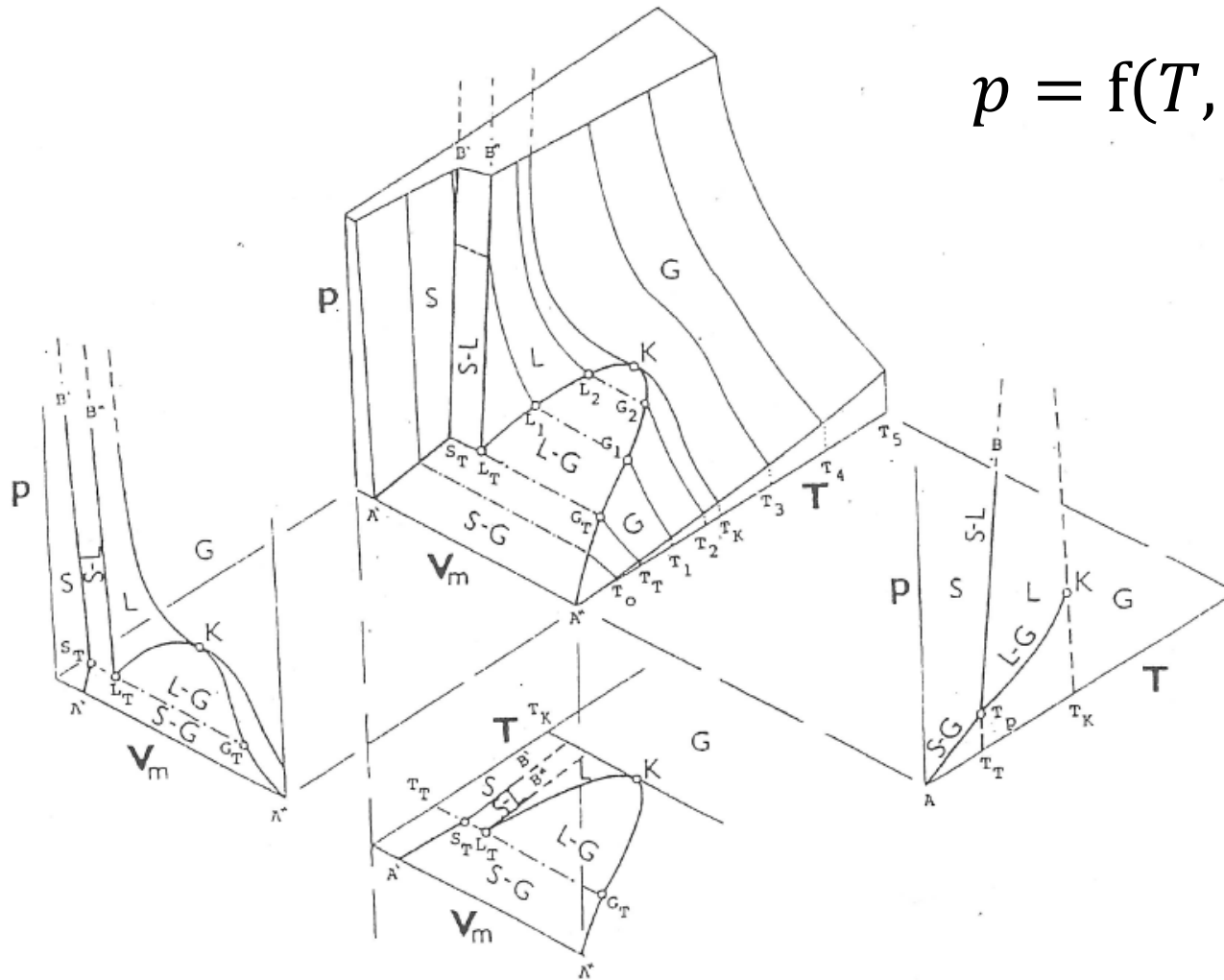
Ako viem túto rovnicu interpretovať ?

Závislosť tlaku reálnej jednozložkovej sústavy na teplote a mólovom objeme.

$$p = f(T, V_m)$$

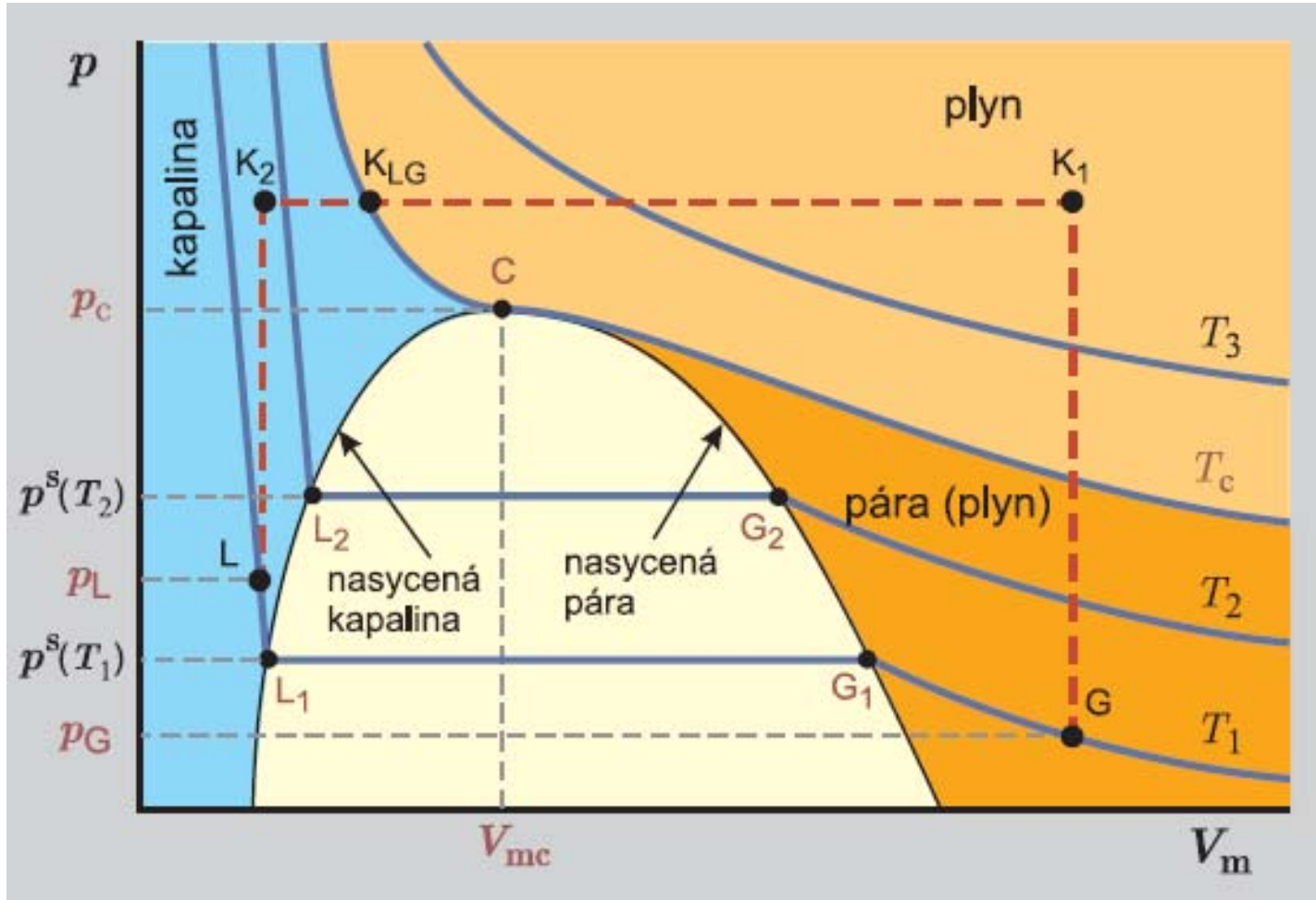
Stav sústavy

$$p = f(T, V_m)$$



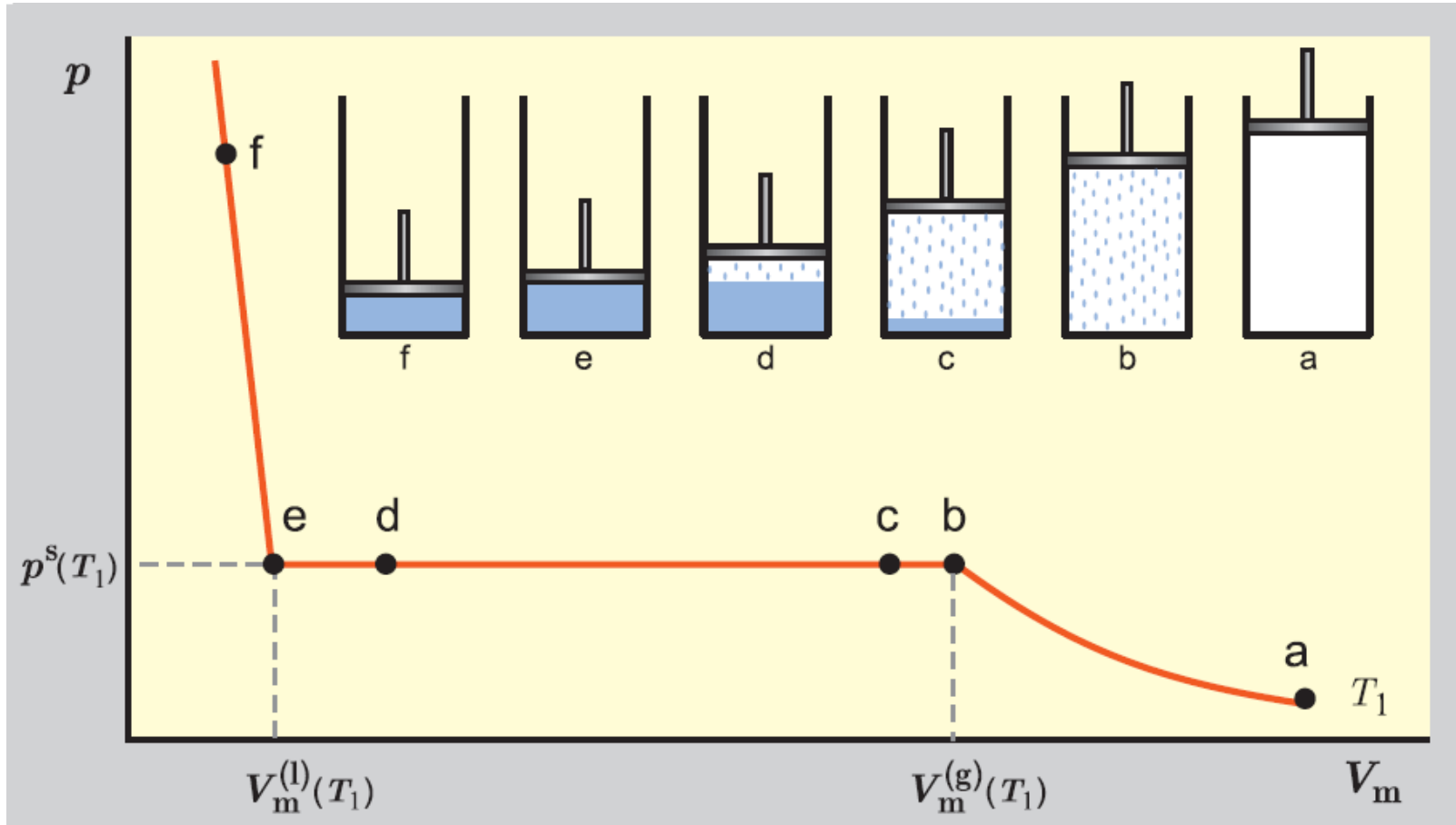
Stav sústavy

$$p = f(T, V_m)$$

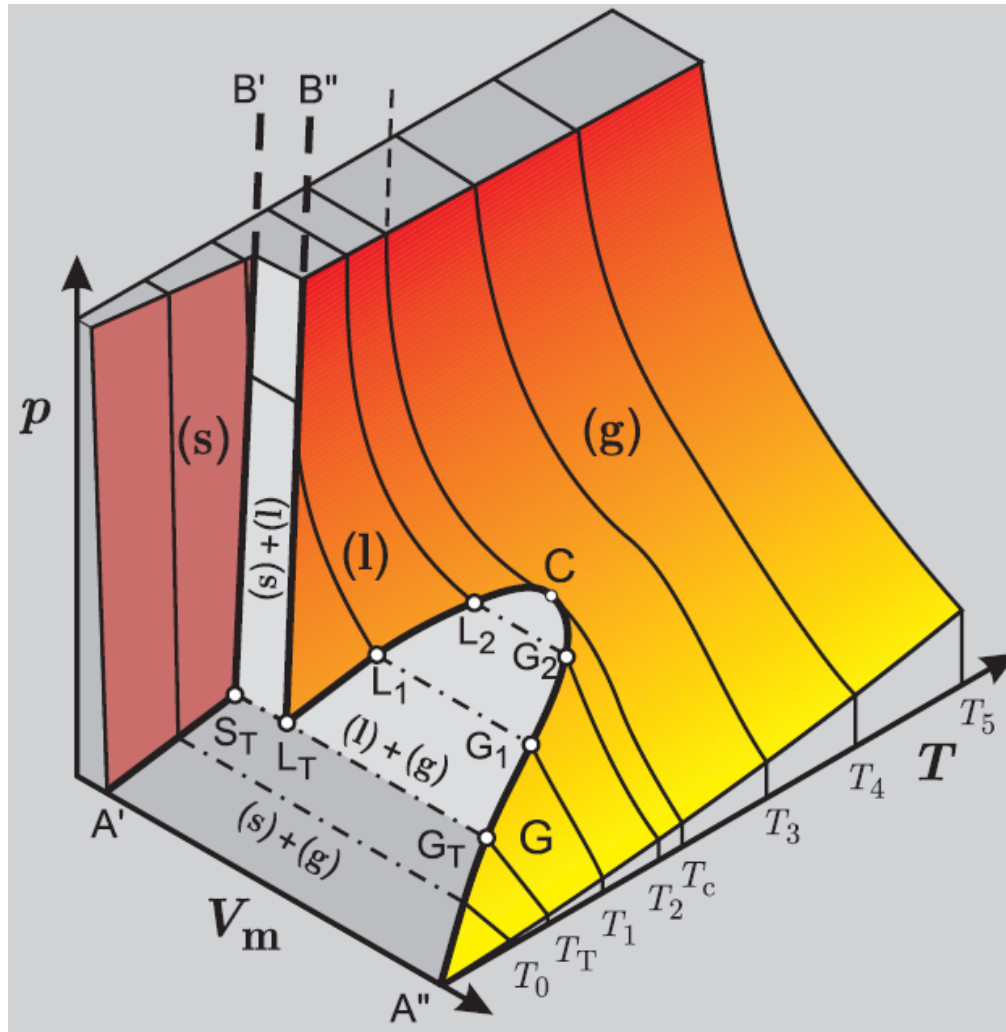


Stav sústavy

$$p = f(T, V_m)$$



Stav sústavy

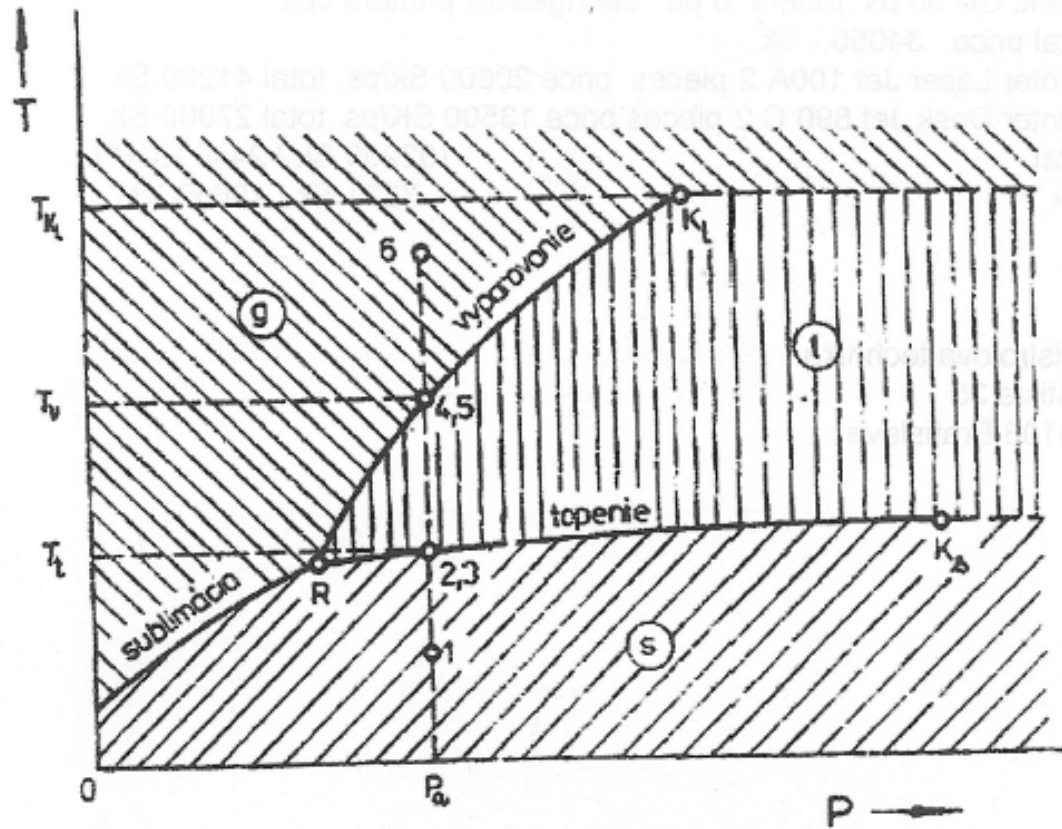


Základom výpočtu všetkých stavových veličín čistých látok a ich zmien sú vzťahy medzi základnými stavovými premennými /teplotou, tlakom , objemom a koncentráciou.

Tieto vzťahy vyjadrujeme buď

- stavovými rovnicami
- účelovo zvolenými veličinami
- Experimentálne dáta / tabuľky, grafy /

Stav sústavy



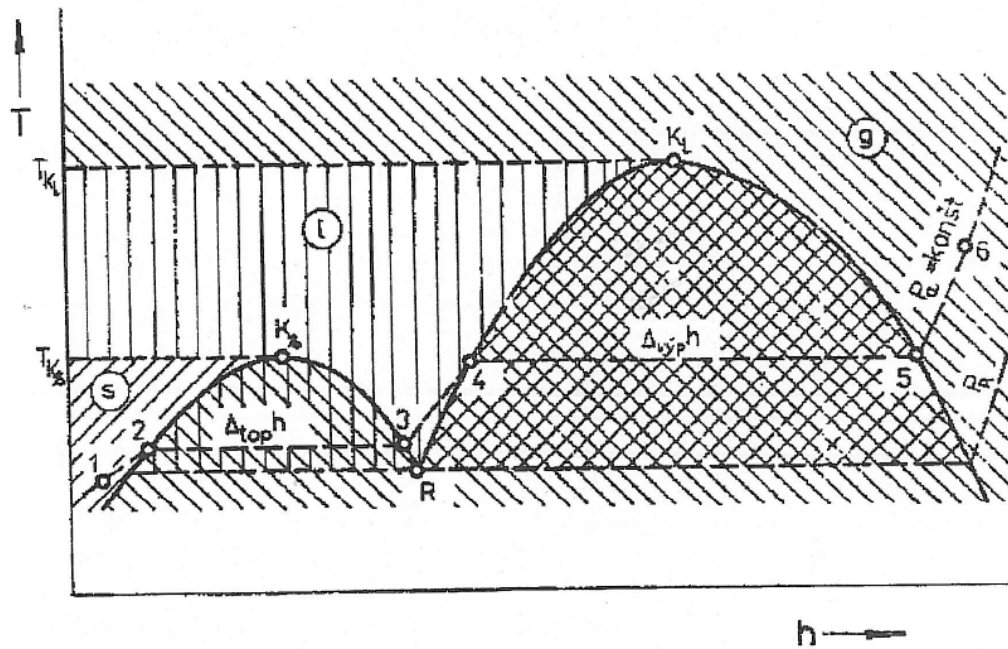
Skupenská premena.
Izobarická zohrievanie pri
atmosférickom tlaku
/izobarické/

Prechádzame
jednotlivými bodmi
1 6

- Skupenské zmeny
- topenie
 - vyparovanie
 - sublimácia

Aký je vplyv T a aký p ?

Stav sústavy



Skupenská premena.
 Izobarická zohrievanie pri
 atmosférickom tlaky
 /izobarické/

Čo sa deje pri zmene
 skupenstva ?

(s) ----- (l)

(l) ----- (g)

Charakteristická veličiny
 / T_{varu} , $T_{topenia}$, a $T_{kritická}$ /,