



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

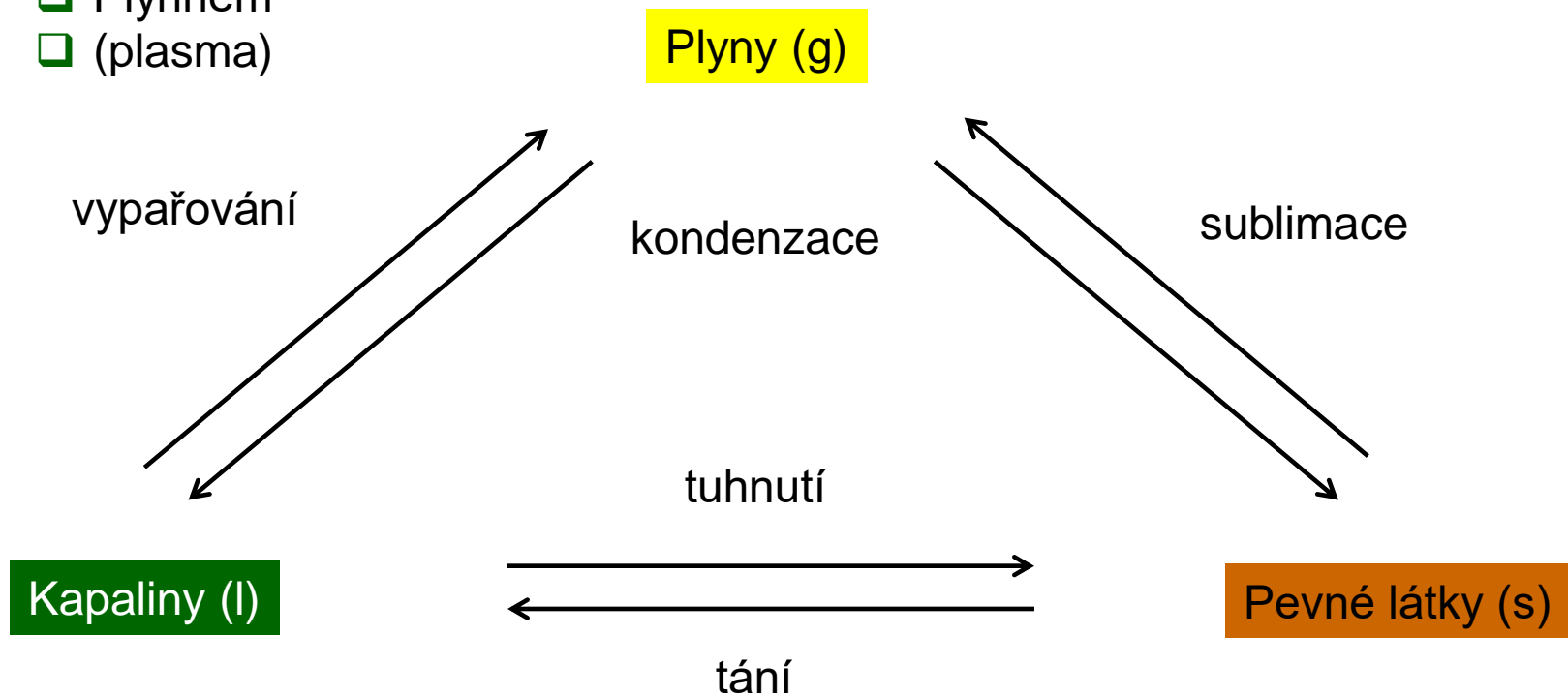
# CHEMIE OBECNÁ

## SKUPENSKÉ STAVY

# Úvod

☐ Látky se mohou vyskytovat ve čtyřech skupenských stavech:

- ☐ Pevném
- ☐ Kapalném
- ☐ Plynném
- ☐ (plasma)



# Pevné skupenství

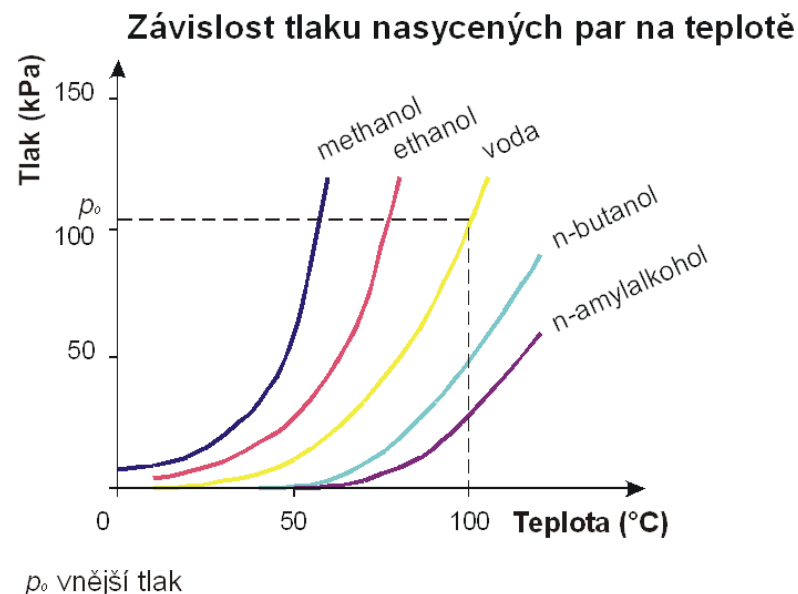
- ❑ Částice látku tvořící mají nepatrný tepelný pohyb (teplota je nízká)
- ❑ Mezi částicemi existují významné interakce.
- ❑ Látka má buď krystalickou (pravidelnou) nebo amorfnní (nepravidelnou) strukturu. Tedy má stálý tvar, objem, značnou mechanickou odolnost (je nestlačitelná) a má relativně velkou hustotu.
- ❑ Zvyšování teploty způsobuje zvyšování energie částic. Jakmile teplota dosáhne bodu tání, částice se uvolňují ze svých fixních poloh a přechází v kapalinu.
- ❑ Bod tání je charakteristická konstanta látky, čistá látka taje v úzkém teplotním rozmezí. (V opačném směru procesu hovoříme o bodu tuhnutí).

# Kapalné skupenství

- ❑ Tepelný pohyb částic látky je intenzivnější, přitažlivé síly mezi částicemi – **kohezní síly** udržují konstantní objem, tvar je však již proměnlivý (dle nádoby, ve které se kapalina nachází).
- ❑ Kapalina je nestlačitelná a má relativně velkou hustotu.
- ❑ Některé molekuly na povrchu kapaliny mají již tak velkou energii, že mohou přecházet do plynného skupenství. Tak se vytváří tlak (nasycené) páry nad kapalinou. Jakmile se tento tlak vyrovná s tlakem okolí, kapalina dosáhne **bodu varu**, částice se uvolňují z celého objemu kapaliny. Bod varu je charakteristická konstanta látky, její hodnota však silně závisí na okolním tlaku. (V opačném směru procesu hovoříme o kapalnění).

# Kapalné skupenství

- ❑ Tepelný pohyb částic látky je intenzivnější, přitažlivé síly mezi částicemi – **kohezní síly** udržují konstantní objem, tvar je však již proměnlivý (dle nádoby, ve které se kapalina nachází).
- ❑ Kapalina je nestlačitelná a má relativně velkou hustotu.
- ❑ Některé molekuly na povrchu kapaliny mají již tak velkou energii, že mohou přecházet do plynného skupenství. Tak se vytváří tlak (nasycené) páry nad kapalinou. Jakmile se tento tlak vyrovná s tlakem okolí, kapalina dosáhne **bodu varu**, částice se uvolňují z celého objemu kapaliny. Bod varu je charakteristická konstanta látky, její hodnota však silně závisí na okolním tlaku. (V opačném směru procesu hovoříme o kapalnění).



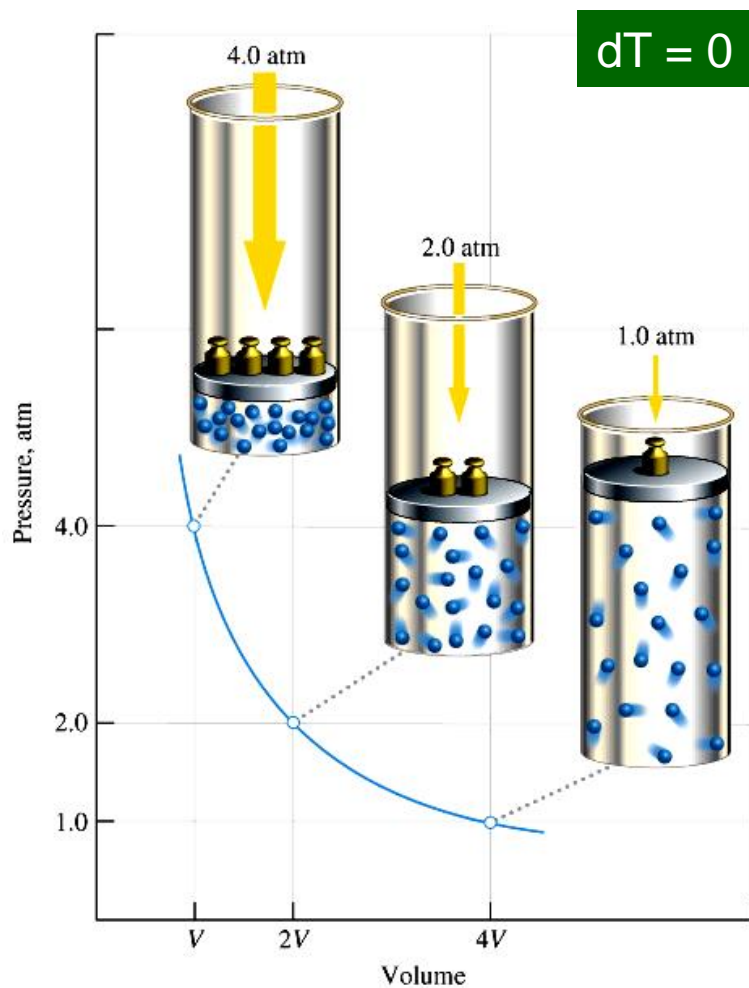
# Plynné skupenství

- ❑ Tepelný pohyb částic látky je velmi intenzivní, přitažlivé síly mezi částicemi jsou velmi malé, částice se pohybují téměř nezávisle v celém prostoru, který mají k dispozici a rovnoměrně jej vyplňují. Plyn je stlačitelný a má malou hustotu.
- ❑ Stav plynu charakterizují veličiny:
  - tlak  $p$  ( $\text{Pa} = \text{Nm}^{-2}$ )
  - teplota  $T$  (K)
  - objem  $V$  ( $\text{m}^3$ )
  - látkové množství  $n$  (mol)

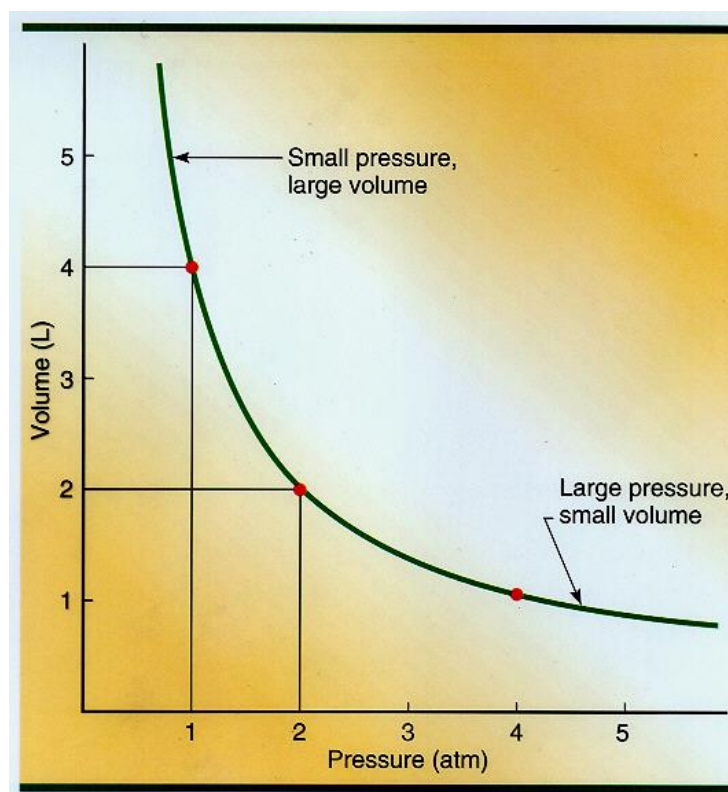
# Plynné skupenství

- ❑ Fyzikálně - chemický popis souborů částic je obtížný. Proto se využívá určitá idealizace podmínek, tedy zjednodušení soustavy. U plynu zavádíme o ideální plyn:
  - plyn se skládá z molekul o velikosti značně menší než je jejich vzdálenost
  - molekuly jsou v neustálém nahodilém pohybu, mohou jen narážet sami na sebe nebo stěnu nádoby
  - pohyb je tepelného původu, kinetická energie molekul je shodná a závisí na teplotě
  - srážky jsou dokonale elastické
  - mezi molekulami neexistují žádné síly
- ❑ Je zřejmé, že v přírodě ideální plyn neexistuje. Přitom jeho představa výrazně napomáhá popisu soustav a to nejen plynných. Při popisu reálných soustav se využívá různých korekcí.

# Izotermický děj

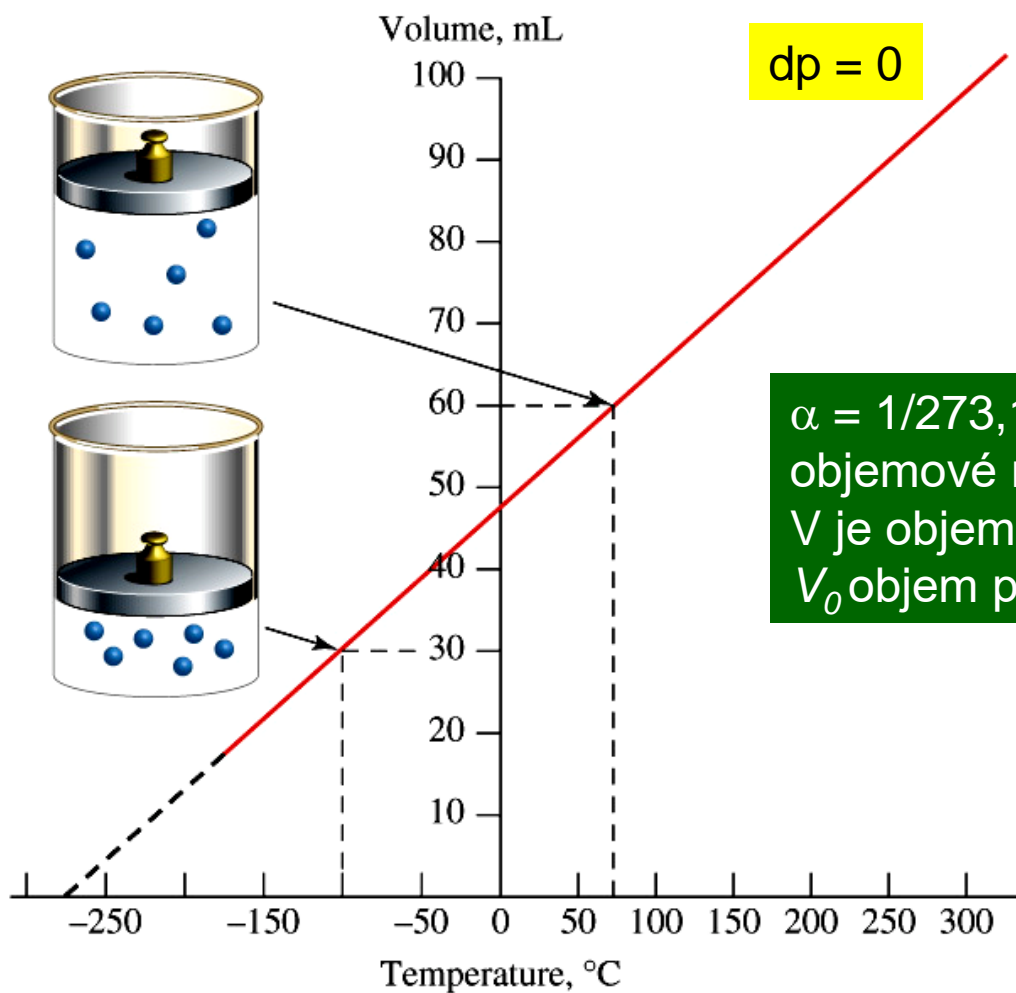


Zákon Boyle – Mariottův  
 $pV = \text{konst.}$



Skupenské stavy

# Izobarický děj



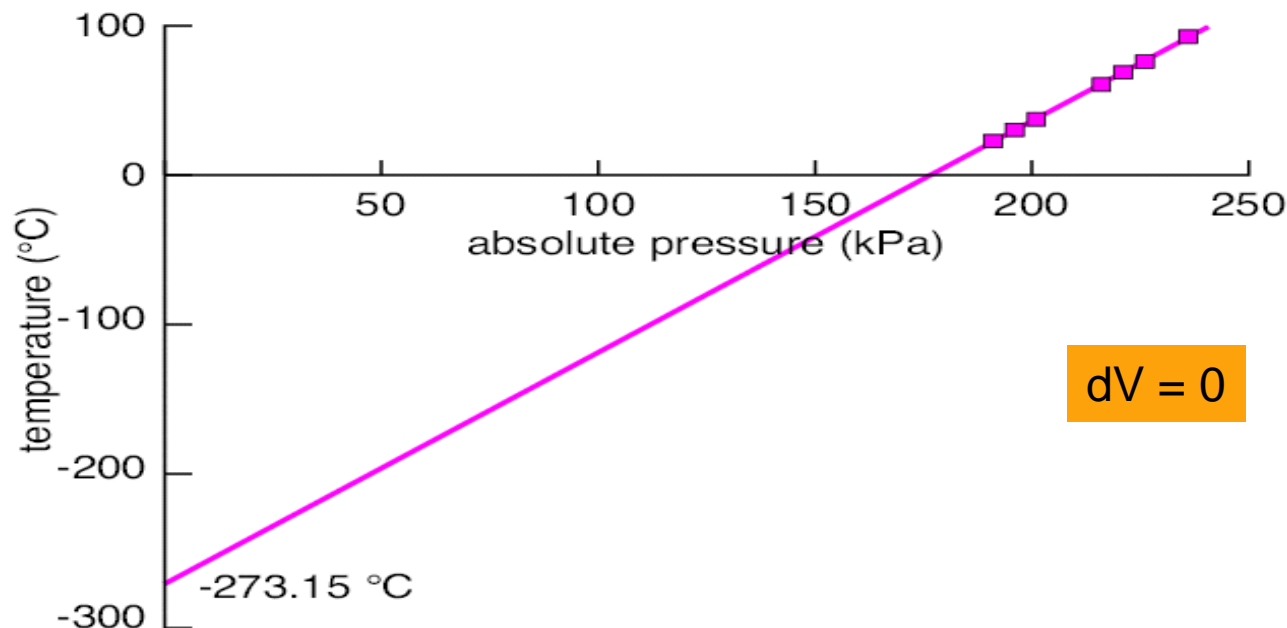
$$dp = 0$$

Zákon Gay Lussacův

$$V = V_0(1 + \alpha t)$$

$\alpha = 1/273,15 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  je izobarický koeficient  
objemové roztažnosti  
 $V$  je objem při teplotě  $t$   
 $V_0$  objem při teplotě  $t = 0^\circ\text{C}$

# Izochorický děj



Zákon Charlesův

$$dV = 0$$

- $\gamma = 1/273,15 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  je izochorický koeficient tepelné rozpínivosti
- $p$  je tlak při teplotě  $t$
- $p_0$  tlak při teplotě  $t = 0^\circ\text{C}$
- $T = 273,15 + t \text{ (K, } ^\circ\text{C)}$

$$p = p_0(1 + \gamma t)$$

# Ideální plyn

Spojením tří plynových zákonů dostáváme stavovou rovnici ideálního plynu.

$$\text{Platí: } V = V_0(1 + \alpha t) = V_0 \left( 1 + \frac{t}{273,15} \right) = V_0 \frac{273,15 + t}{273,15} = V_0 \frac{T}{T_0}$$

A dále (pro 1 mol plynu):

$$V_T = V_0 \frac{T}{T_0} \quad pV = p_0 V_T \Rightarrow V_T = \frac{pV}{p_0}$$

$$V_0 \frac{T}{T_0} = \frac{pV}{p_0} \quad \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} = R$$

$$pV = RT$$

A pro  $n$  molů plynu:

$$pV = nRT$$

Molární plynová konstanta:  $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

# Ideální plyn

$$pV = nRT$$

Odvozené vztahy:

Izotermický děj:  $dT = 0$ ,  $T_1 = T_2$

Počáteční stav:  $p_1$ ,  $V_1$

Konečný stav:  $p_2$ ,  $V_2$

$T = \text{konst.} \Rightarrow nRT = \text{konst.}$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Př. Sešlápneme  
prázdnou uzavřenou  
PET láhev

Izobarický děj:  $dp = 0$ ,  $p_1 = p_2$

Počáteční stav:  $p_1$ ,  $T_1$

Konečný stav:  $p_2$ ,  $T_2$

$p = \text{konst.} \Rightarrow nR/p = \text{konst.}$

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2$$

Př. Nafouknutý balonek  
dáme do lednice

Izochorický děj:  $dV = 0$

Počáteční stav:  $p_1$ ,  $T_1$

Konečný stav:  $p_2$ ,  $T_2$

$V = \text{konst.} \Rightarrow nR/V = \text{konst.}$

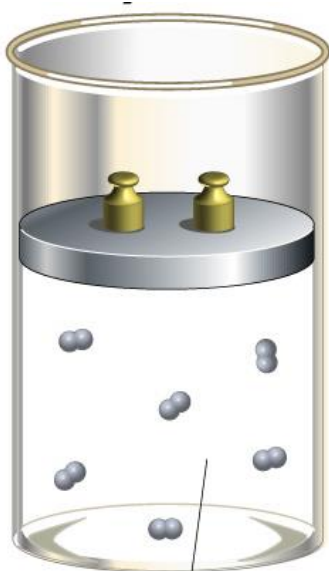
$$p_1 / T_1 = p_2 / T_2$$

Př. Zahříváme tlakovou  
lahev

# Ideální plyn - zákon Daltonův

Ve směsi se ideální plyn chová tak, jako by daný objem zaplňoval sám.

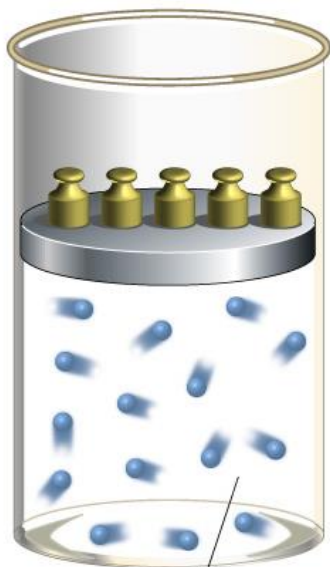
$$p_{H_2} = 0,296 \text{ kPa}$$



0.60 mol  $H_2$

(a) 5.0 L at 20 °C

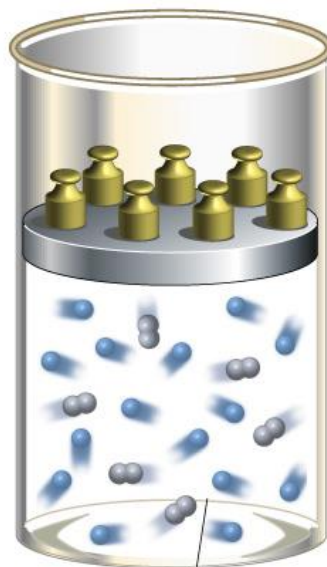
$$p_{He} = 0,734 \text{ kPa}$$



1.50 mol He

(b) 5.0 L at 20 °C

$$p = 1,030 \text{ kPa}$$



0.60 mol  $H_2$   
1.50 mol He  
2.10 mol gas

(c) 5.0 L at 20 °C

**Platí:**

$$p_i = n_i \frac{RT}{V}$$

$$p = \sum_i p_i = \frac{RT}{V} \sum_i n_i$$

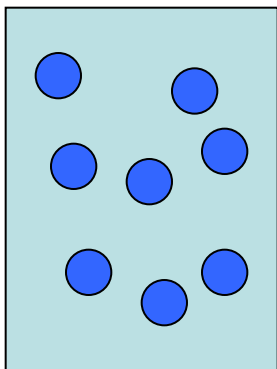
$p$  ... celkový tlak

$p_i$  ... tlak  $i$ -té složky

$n_i$  ... látkové množství  $i$ -té složky

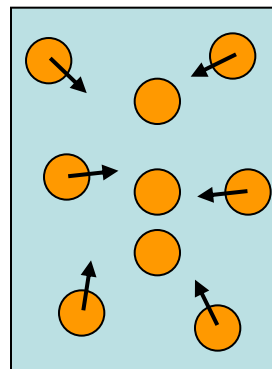
# Reálný plyn

Korekce na vlastní objem molekul



$$V^* = V - b$$

Korekce na vnitřní tlak



$$p^* = p + p_i$$

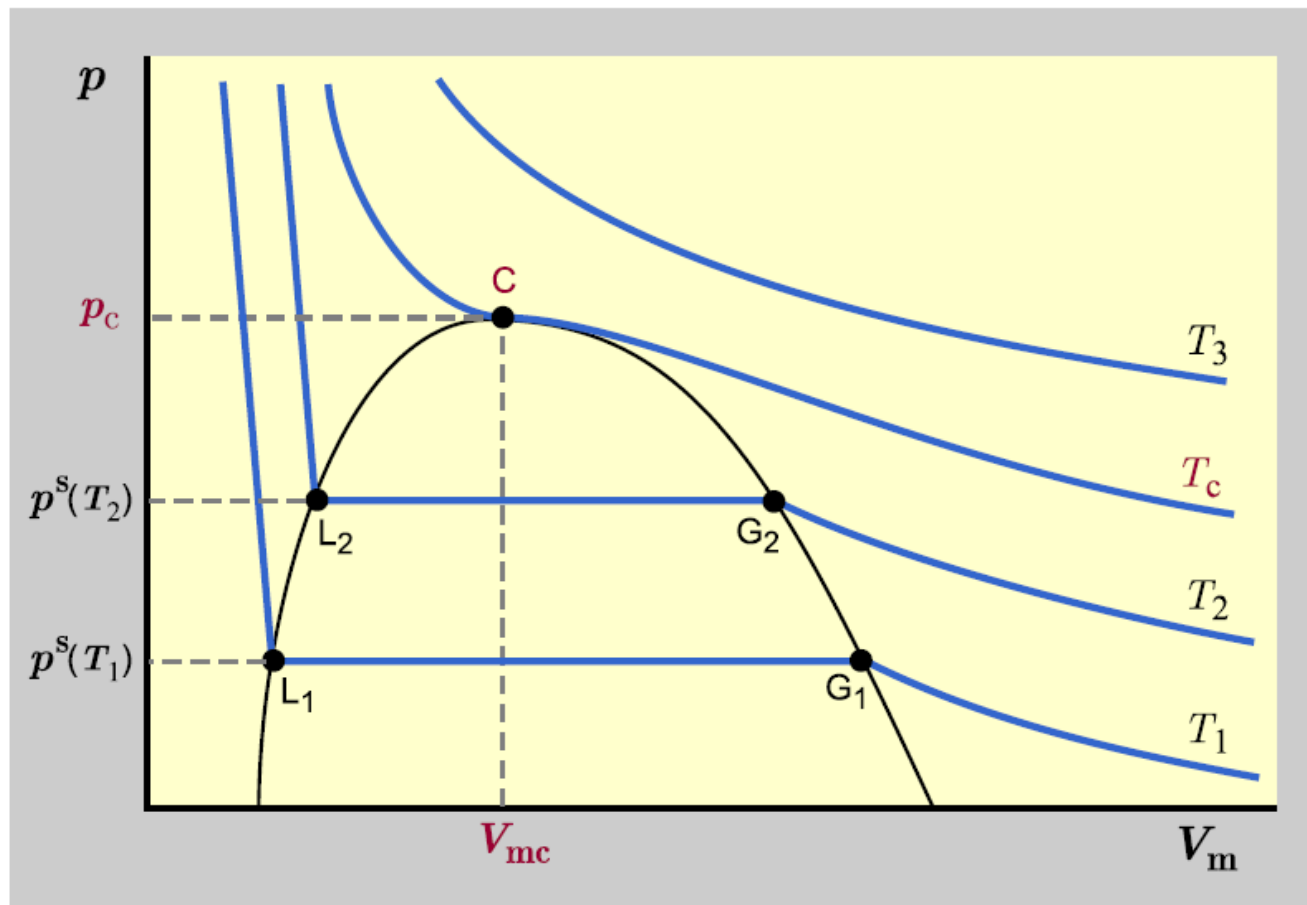
$$p_i = \frac{a}{V_m^2}$$

(a, b jsou konstanty charakteristické pro daný plyn)

Důsledky neideálního chování plynu:

- ❑ odchylky empirických zákonů jsou tím větší, čím se stav plynu blíží kritickým hodnotám, tedy čím nižší je teplota a čím vyšší je tlak
- ❑ odchylky závisí na druhu plynu
- ❑ plyn při expanzi do vakua se ochladí (Joule – Thomsonův efekt)
- ❑ reálný plyn lze zkapalnit

# Oxid uhličitý



$$T_1 = 273 \text{ K}$$

$$T_2 = 283 \text{ K}$$

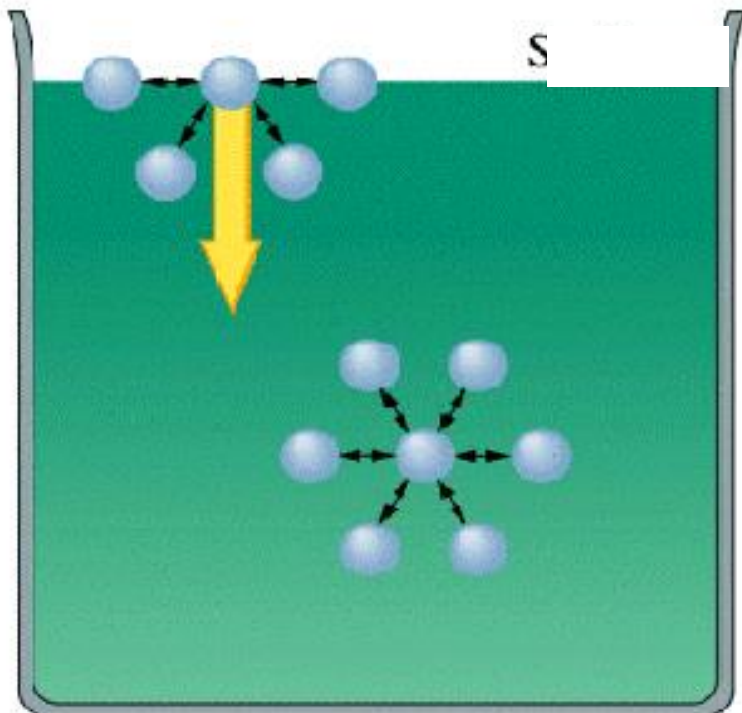
$$T_3 = 313 \text{ K}$$

$$T_c = 304 \text{ K}$$

$$p_c = 7,38 \text{ MPa}$$

$$V_{m,c} = 94,2 \text{ ml mol}^{-1}$$

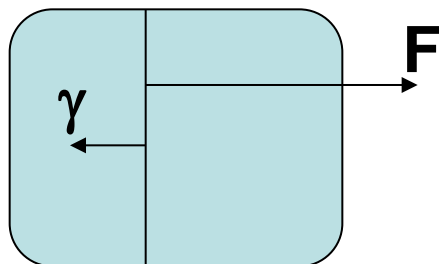
# Povrchové napětí kapalin



- ❑ Molekuly na povrchu kapaliny interagují jen s jinými molekulami uvnitř kapaliny, nerovnoměrné rozložení sil
- ❑ Povrchové napětí ( $\gamma$ ), je síla ( $\text{N m}^{-1}$ ), resp. energie ( $\sigma$ ) ( $\text{J m}^{-2}$ ) povrchu kapaliny, která se snaží udržet plochu povrchu co nejmenší, kulový tvar.

Povrchové napětí závisí na teplotě, se stoupající teplotou klesá, při kritické teplotě je jeho hodnota nulová. Kapaliny mají hodnoty  $\gamma$  (20 °C) v desítkách  $\text{N m}^{-1}$ , relativně velkou hodnotu má voda ( $\sim 73 \text{ N m}^{-1}$ ), roztavené kovy stovky  $\text{N m}^{-1}$ .

# Povrchové napětí kapalin



$\gamma$  - povrchové napětí ( $\text{N m}^{-1}$ )

$F$  - síla zvětšující povrch ( $\text{N}$ )

$l$  - dráha působící síly ( $\text{m}$ )

$$\gamma = \frac{F}{2l} \quad \frac{F l}{2l l} = \frac{Fl}{2l^2} = \frac{A}{2S} = \sigma$$

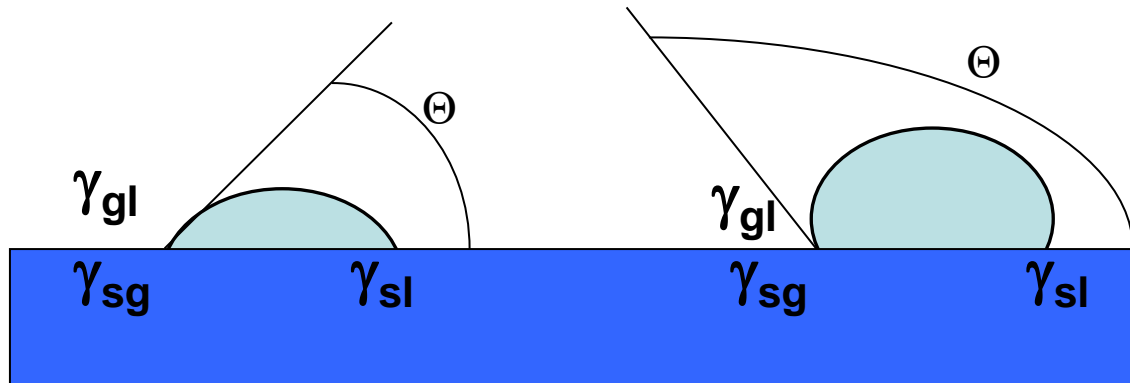
$$\sigma = \frac{A}{2S}$$

$\sigma$  - povrchová energie ( $\text{J m}^{-2}$ )

$A$  – energie související se změnou povrchu ( $\text{J}$ )

$S$  – plocha ( $\text{m}^2$ )

# Smáčivost kapalin



$$\cos \Theta = \frac{\gamma_{sg} - \gamma_{sl}}{\gamma_{gl}}$$

$\Theta > 90^\circ$  ,  $\cos \Theta < 0$  nesmáčivá kapalina

$\Theta < 90^\circ$  ,  $\cos \Theta > 0$  smáčivá kapalina

$\gamma_{sg}$  [J/m<sup>2</sup>] povrchová energie na rozhraní plyn – tuhý povrch

$\gamma_{gl}$  [J/m<sup>2</sup>] povrchová energie na rozhraní plyn - kapalina

$\gamma_{sl}$  [J/m<sup>2</sup>] povrchová energie na rozhraní kapalina – tuhý povrch

# Smáčivost kapalin

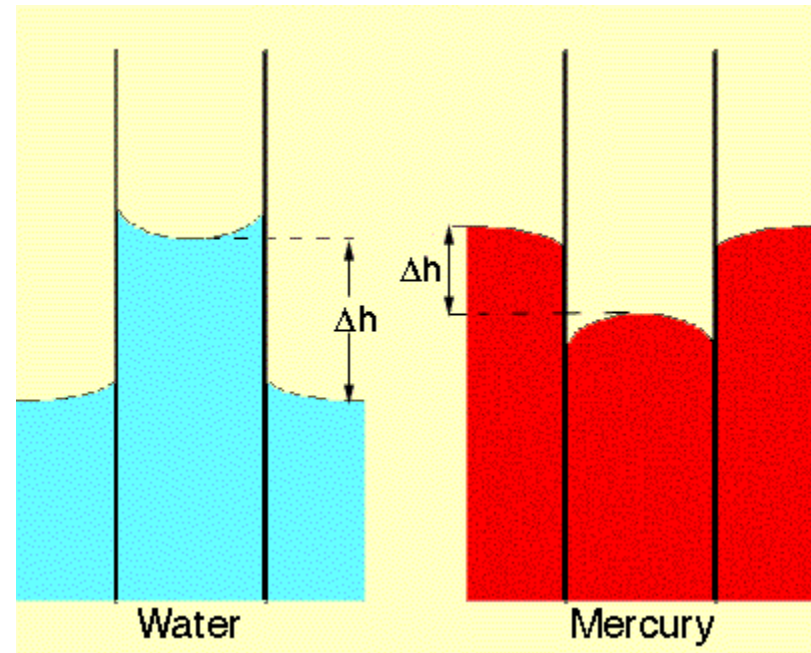
$$\Delta h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$$

**Kapilární elevace:** kapalina je smáčivá, meniskus je konvexní, kapalina v kapiláře stoupá.

**Kapilární deprese:** kapalina je nesmáčivá, meniskus je konkávní, kapalina v kapiláře klesá.

$\gamma$  mezifázové napětí  
 $r$  poloměr menisku

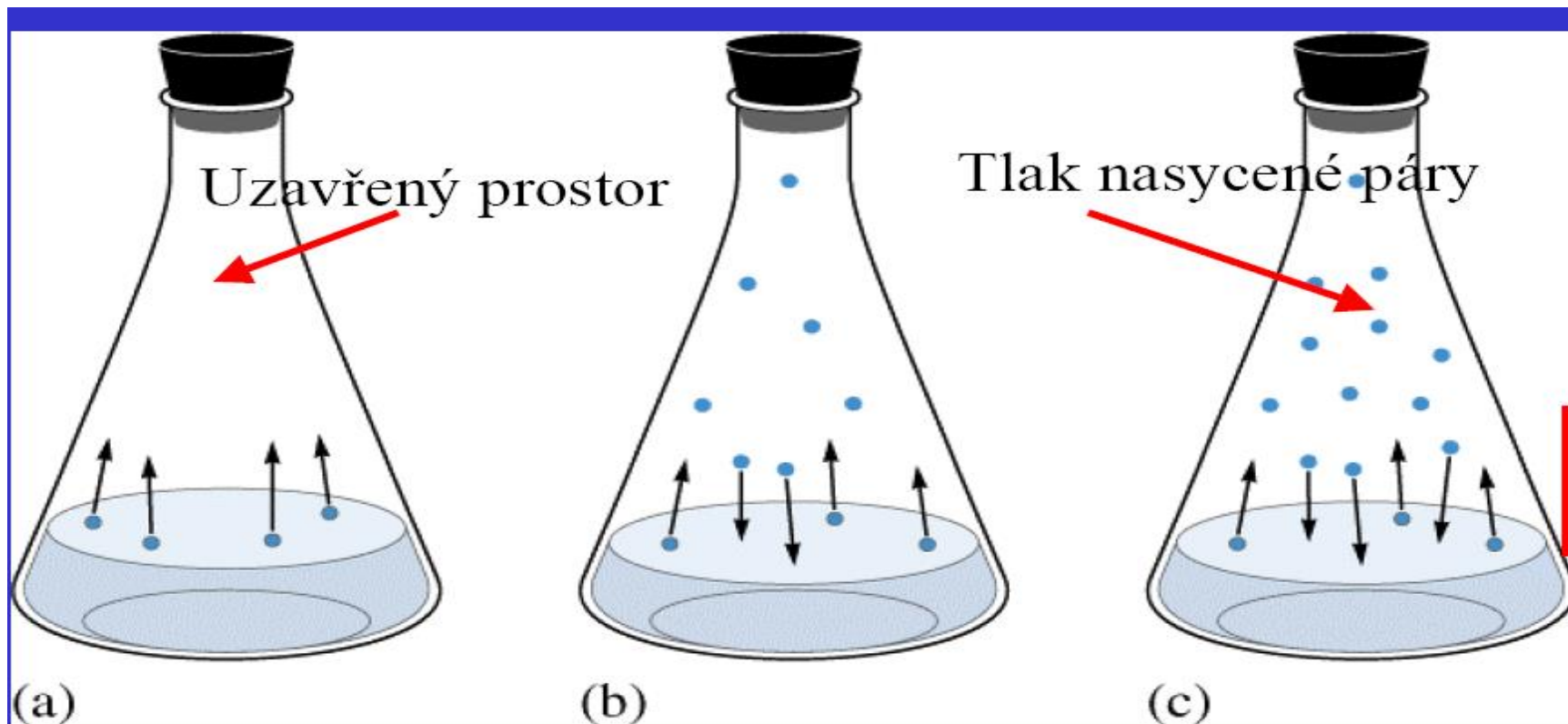
## Kapilární elevace a deprese



**Význam: tok kapaliny v kapilárních zakončení cév rostlin,...**

# Tense kapalin

Kapalina se vypařuje za každé teploty, vytváří se tlak páry. Pokud v případě (c) zvýšíme teplotu, může dojít k „vyražení“ zátky.



Dynamická rovnováha (obrázek odpovídá  $dT = 0$ )