

# Tepelné vlastnosti látek

Jsou projevem vnitřní energie částic

Vnitřní energie je součtem energií

- Kinetické
- Potenciální

Mírou průměrné vnitřní energie částic je  
teplota  $T[\text{K}]$

# Vnitřní energie

- Pevné látky –  
lokalizované částice  $E_K \ll E_P$
- Kapaliny – částice  
lokalizované v nádobě  $E_K \approx E_P$
- Plyny – částice  
nelokalizované  $E_K \gg E_P$

# Termodynamická teplota

Vnitřní energie jednoatomového plynu –  
průměrně na 1 atom

$$u = \frac{3}{2} k_B T$$

Boltzmannova konstanta  $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{JK}^{-1}$

Termodynamická teplota  $T[\text{K}]$

$$\{T\} = \{t\} + 273.15$$

# 1. věta termodynamická

Vyjadřuje zákon zachování energie

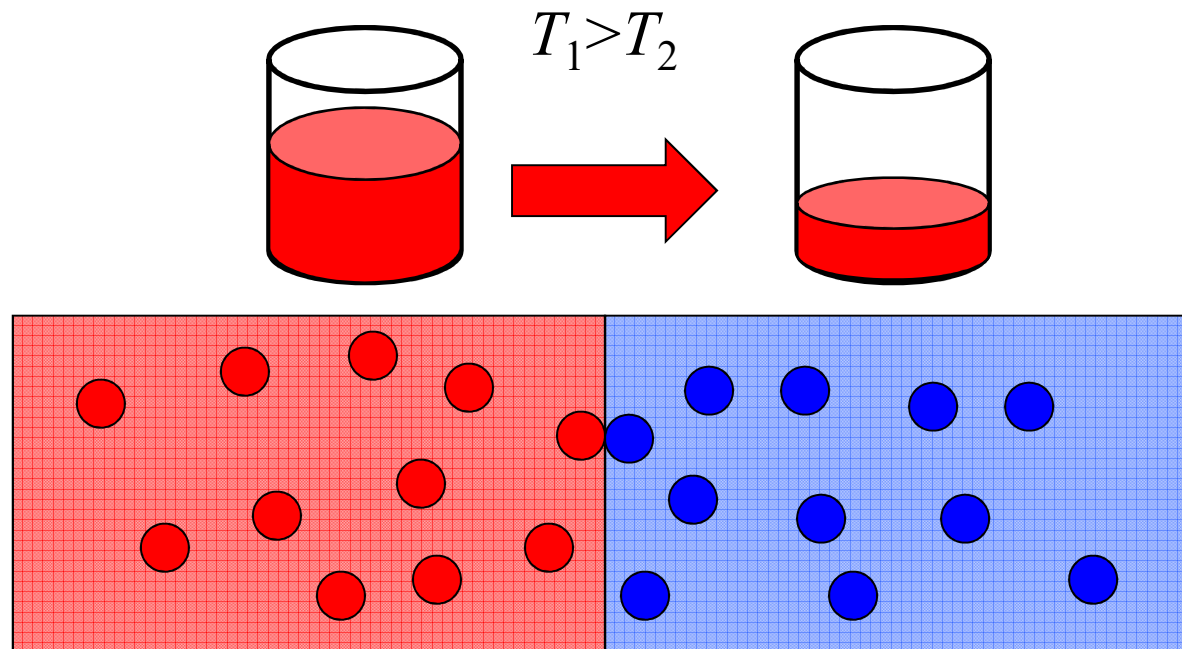
$$\Delta U = A + Q$$

Práce  $A$  – makroskopické změny rozměrů tělesa, pro plyn např.  $A = p\Delta V$

Teplo  $Q$  – beze změn rozměrů tělesa

# Tepelná rovnováha

Vyrovnávání průměrné vnitřní energie každé částice



# 1. věta termodynamická

Vyjadřuje zákon zachování energie

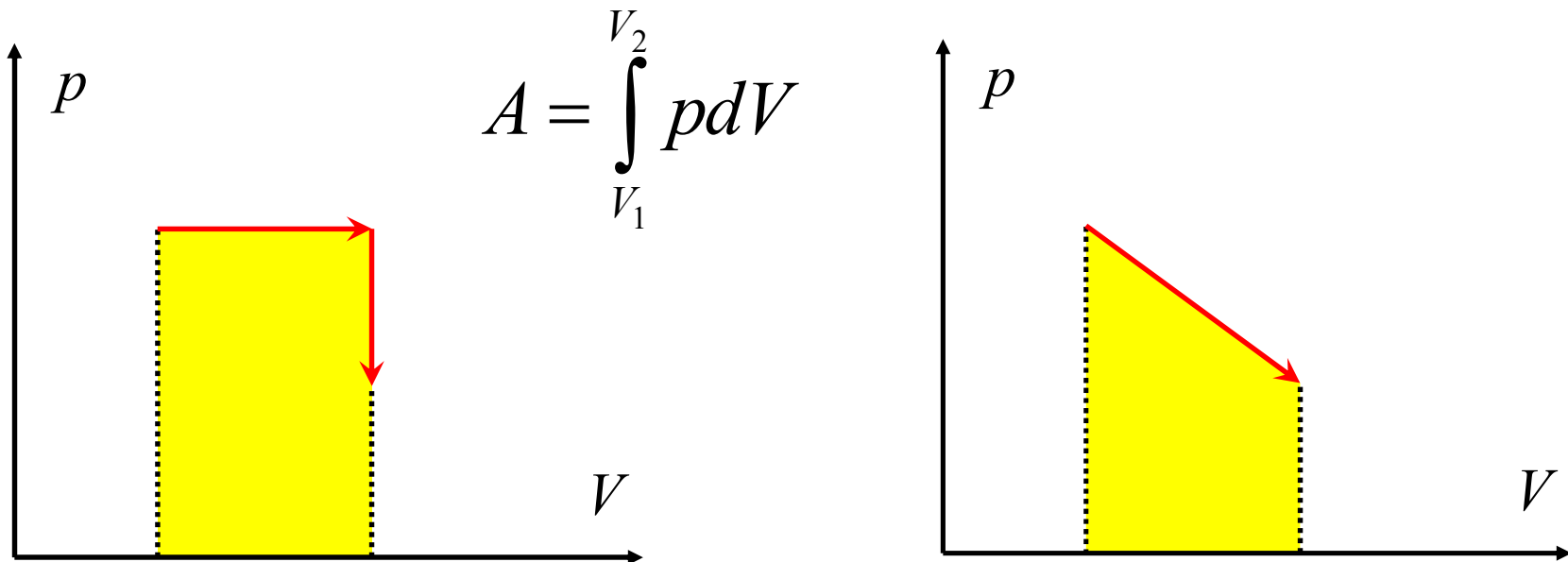
$$\Delta U = Q - A$$

Práce  $A$  – makroskopické změny rozměrů tělesa, pro plyn např.  $A = p\Delta V$

Teplo  $Q$  – beze změn rozměrů tělesa

# Práce a teplo

Nejsou stavové veličiny, závisejí na způsobu předávání (dějové veličiny) – např. práce



# Tepelná kapacita tělesa

Tepelná kapacita  $K = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$  [ $JK^{-1}$ ]

Měrná tepelná kapacita  $c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$  [ $Jkg^{-1}K^{-1}$ ]

Molární tepelná kapacita  $C = \frac{\Delta Q}{n\Delta T}$  [ $Jmol^{-1}K^{-1}$ ]

Tepelná kapacita se liší podle způsobu předávání  
tepla –  $C_V$ ,  $C_p$ , atd.



# Měrné tepelné kapacity [ $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ]

Fe	450	Voda	4182	Vzduch	1006
Cu	383	Led	2090	O <sub>2</sub>	917
Al	896	Pára	1952	H <sub>2</sub>	14320
				metan CH <sub>4</sub>	2219

# Důsledek velké tepelné kapacity vody

Ovlivnění klimatu v okolí velkých jezer, moří

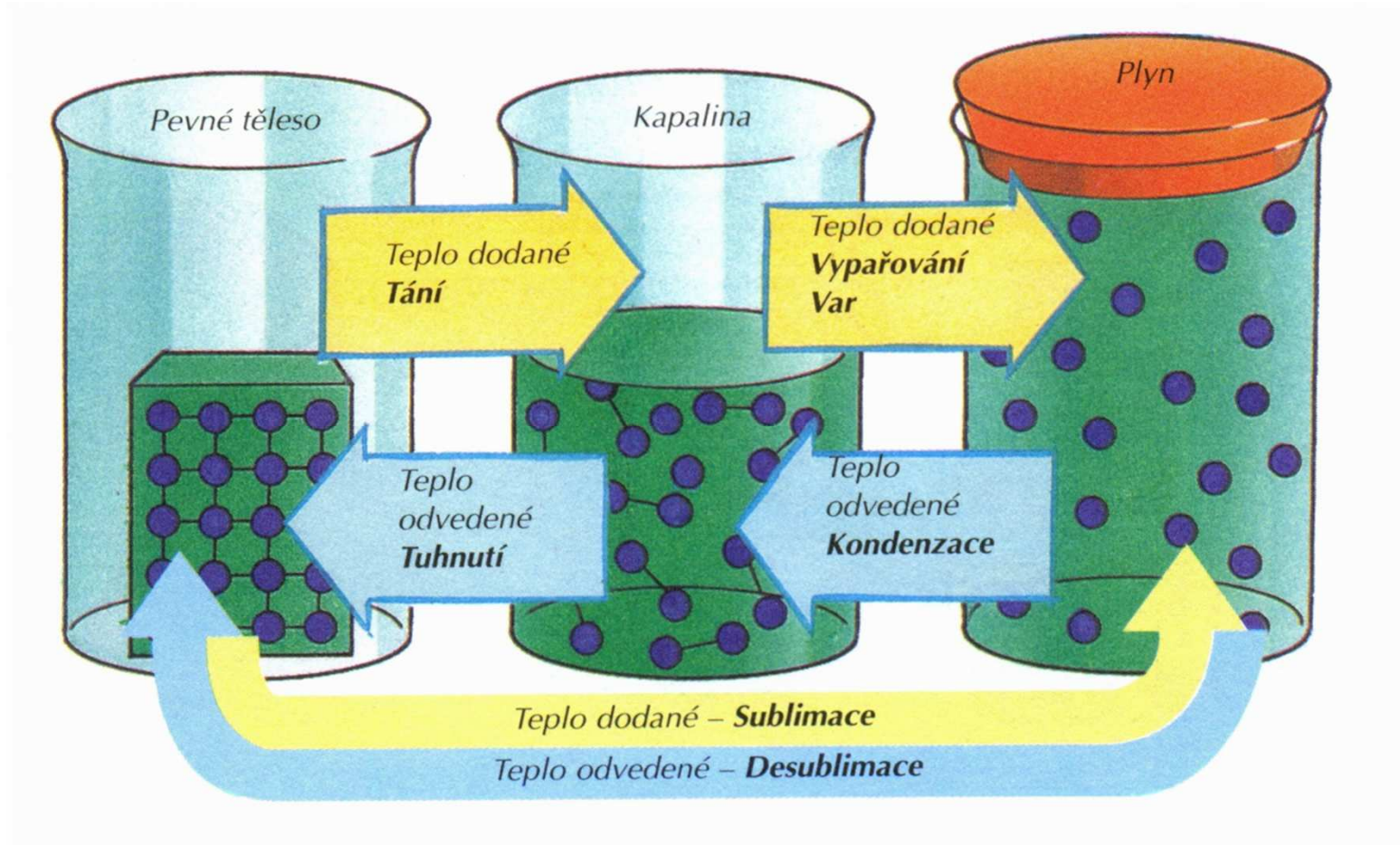
$$\Delta T = \frac{Q}{cm}$$

Velké  $c \rightarrow$  malé změny teploty

- Mírné klima v okolí moří
- Akumulace velkého množství energie ve vodě  $\rightarrow$  hurikány

# Fázové změny

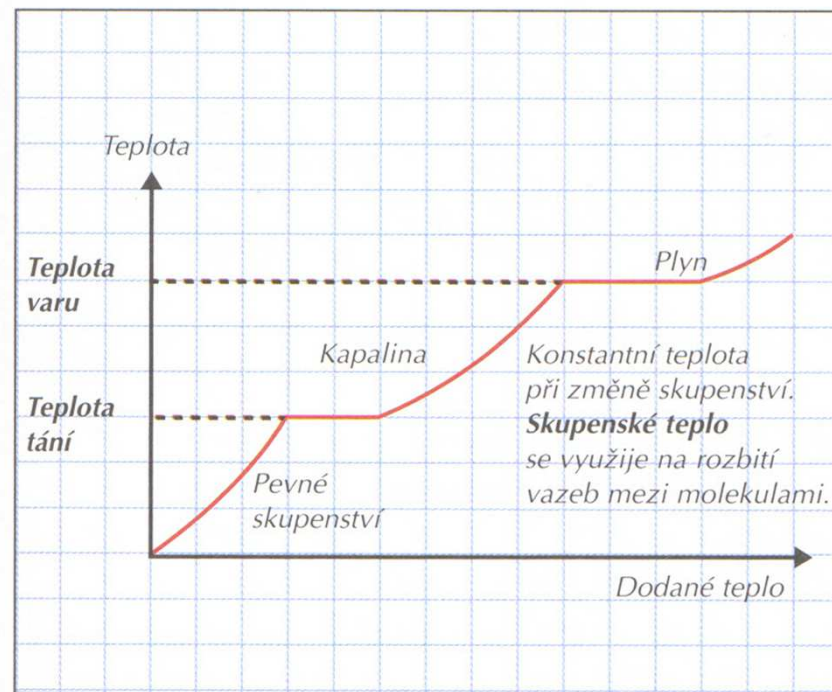
změny skupenství látky



# Skupenské teplo – růst teploty

## Teplo dodávané při změně skupenství

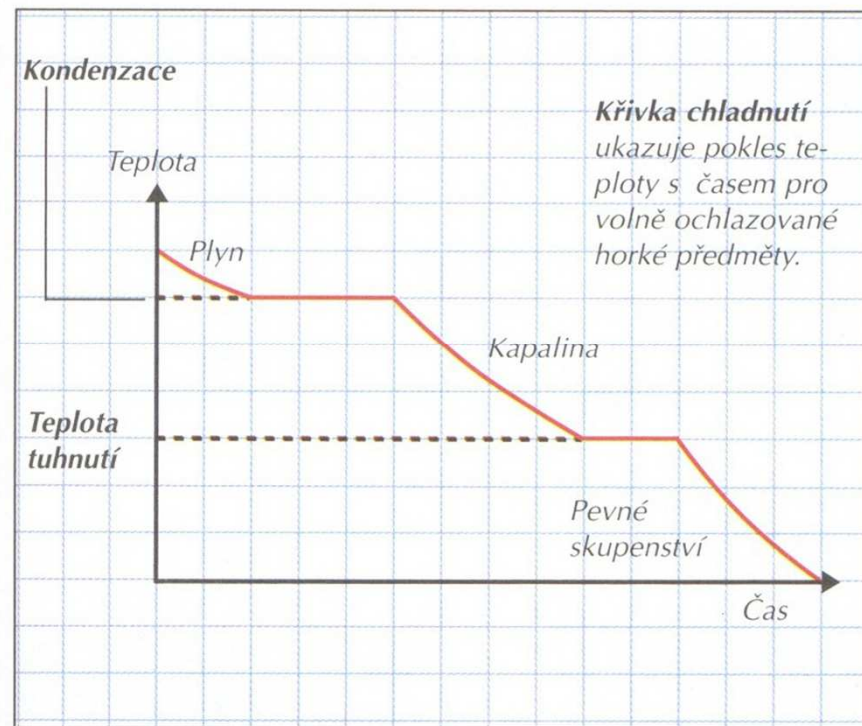
Graf ukazující růst teploty s dodaným teplem



# Skupenské teplo – pokles teploty

## Teplo odevzdávané při změně skupenství

Graf ukazující pokles teploty při ochlazování předmětu



# Skupenské teplo

Teplo potřebné na změnu skupenství

- Spotřebováno na změnu např. krystalové struktury

$$L = lm$$

Měrné skupenské teplo

$$l = \frac{L}{m} \quad [Jkg^{-1}]$$

# Skupenská tepla látek

Látka	tání		var	
	$T[^\circ\text{C}]$	$l[\text{kJkg}^{-1}]$	$T[^\circ\text{C}]$	$l[\text{kJkg}^{-1}]$
Fe	1535	289	2750	6340
Cu	1084	204	2567	4790
Al	660	399	2467	10500
H <sub>2</sub> O	0	334	100	2256

# Kalorimetrická rovnice

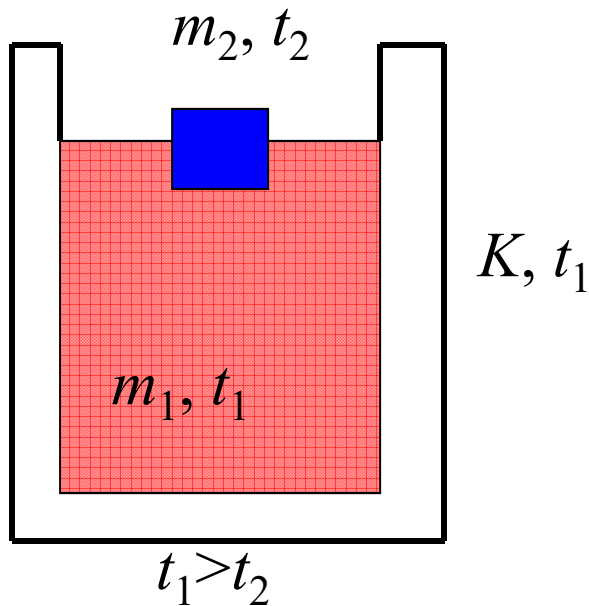
Zjednodušení 1.termodynamické věty pro děje, kdy se nekoná práce ( $A \ll Q$ )

$$Q_{\text{dodané}} = Q_{\text{odevzdané}}$$



# Příklad kalorimetrické rovnice

$$m_2 c_2 (t_{\text{tání}} - t_2) + m_2 l_2 + m_2 c_2' (t - t_{\text{tání}}) = m_1 c_1 (t_1 - t) + K(t_1 - t)$$



Výsledná teplota  $t_2 < t < t_1$

“kostka ledu ve whisky”

# Vlhkost vzduchu

- Absolutní = hmotnost vodní páry v  $1\text{m}^3$  vzduchu

$$\Phi = \frac{m}{V} \quad [\text{kgm}^{-3}]$$

- Relativní

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{max}}} \quad [\%]$$

Pro člověka je nejvhodnější vlhkost 65-70%

# Nasycená pára

- Rovnováha mezi počtem částic vypařených a kondenzovaných

Existuje jakési maximální množství páry ve vzduchu

$\Phi_{\max}$

Rosný bod ( $t_s$ [°C]) – teplota kdy při daném množství par ve vzduchu začne kondenzace

$t_s < 0^\circ\text{C}$  jinovatka,  $t_s > 0^\circ\text{C}$  rosa

# Vlhkost vzduchu, rosný bod – příklad

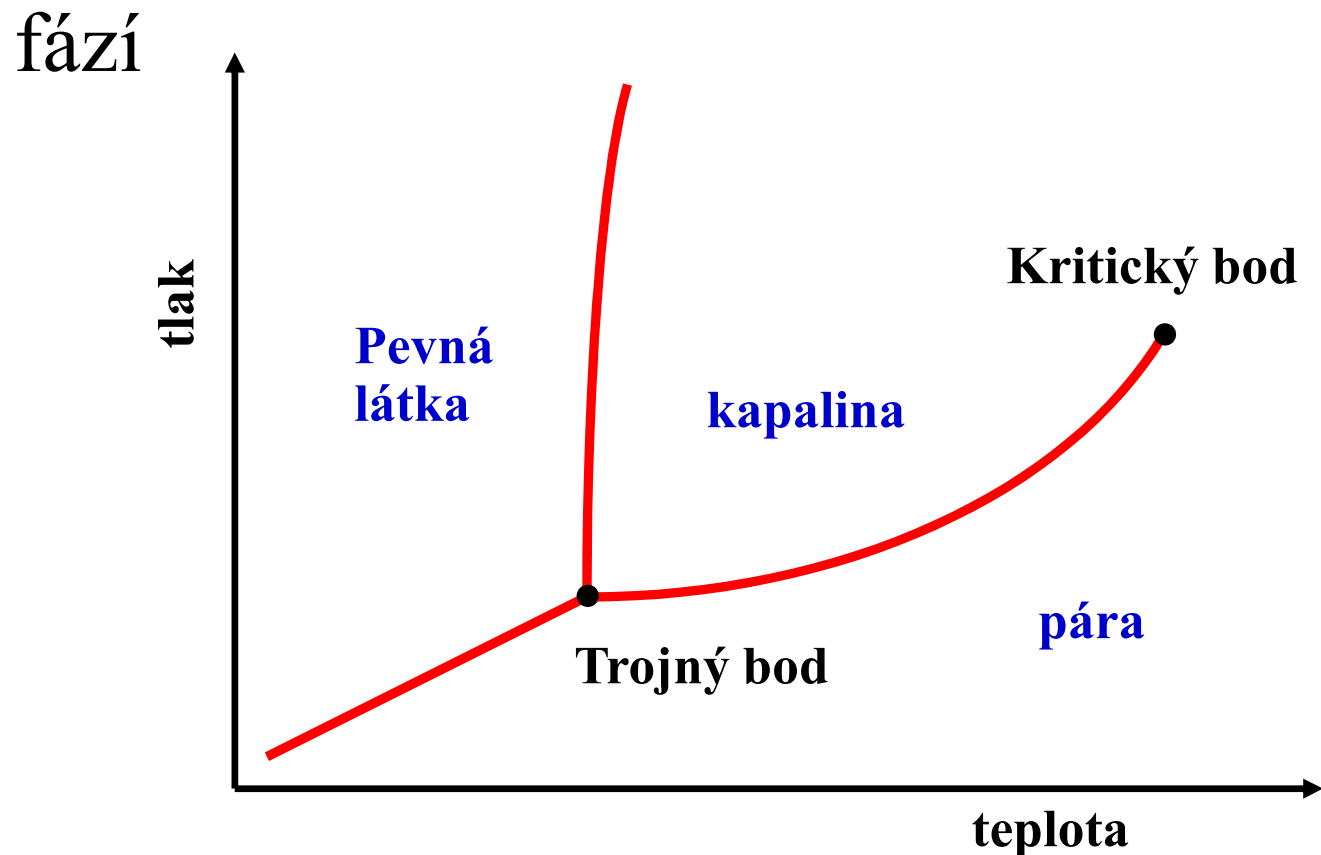
$t[^\circ\text{C}]$	$\Phi_{\max}[\text{gm}^{-3}]$
30	30.4
25	23.0
20	17.3
15	12.8
10	9.4
5	6.8
0	4.9
-5	3.3

50% vlhkost vzduchu při  
teplotě  $20^\circ\text{C}$ , tj.  $8.7\text{gm}^{-3}$   
vodní páry

$\Phi_{\max}=8.7\text{gm}^{-3}$   
Vodní páry jsou nasycené  
při teplotě blízké  $9^\circ\text{C}$   
Rosný bod je  $9^\circ\text{C}$

# Fázový diagram

Rovnováha mezi fázemi – současná existence



# Ideální plyn

System molekul, které spolu nijak neinteragují

Reálně se tomu blíží inertní plyny, nebo velmi zředěné plyny

Vnitřní energie molekul plynu je tak uvažována jen kinetická

Kinetická teorie plynů

Stavové veličiny – tlak, objem, teplota, počet molekul

# Stavová rovnice ideálního plynu

$$pV = nRT$$

Univerzální plynová konstanta

$$R=8.314\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Objem 1 molu plynu za normálních podmínek

$$p_0=101325\text{ Pa}, T=273.15\text{ K je}$$

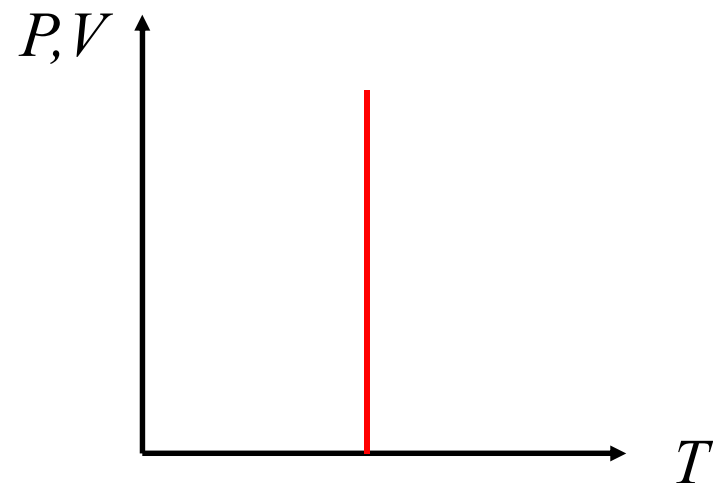
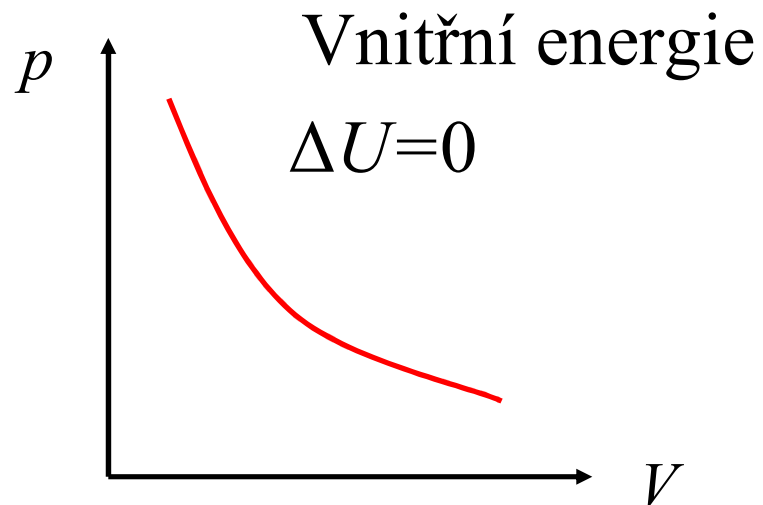
$$V_m=22.4\text{ litru}$$

# Izotermický děj ( $T=\text{konst.}$ )

Boylův-Mariottův zákon  $pV = \text{konst.}$

Práce  $A = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$

Teplo  $Q=A$

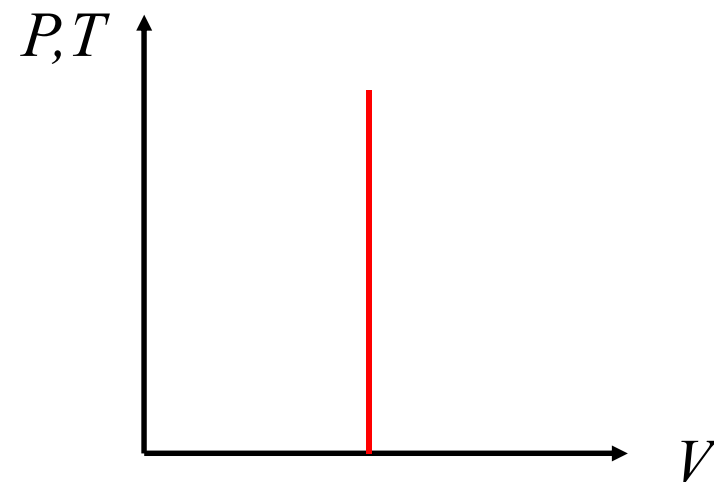
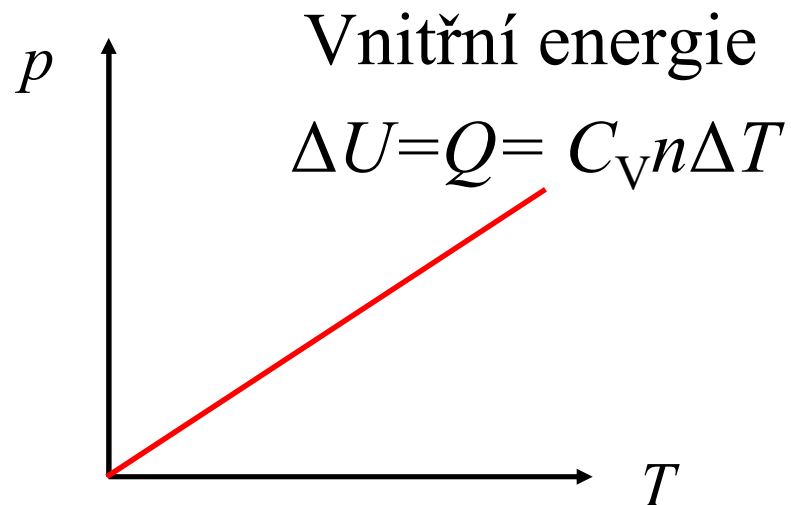




# Izochorický děj ( $V=\text{konst.}$ )

Charlesův zákon  $\frac{p}{T} = \text{konst.}$

Práce  $A = 0$                       Teplo  $Q$

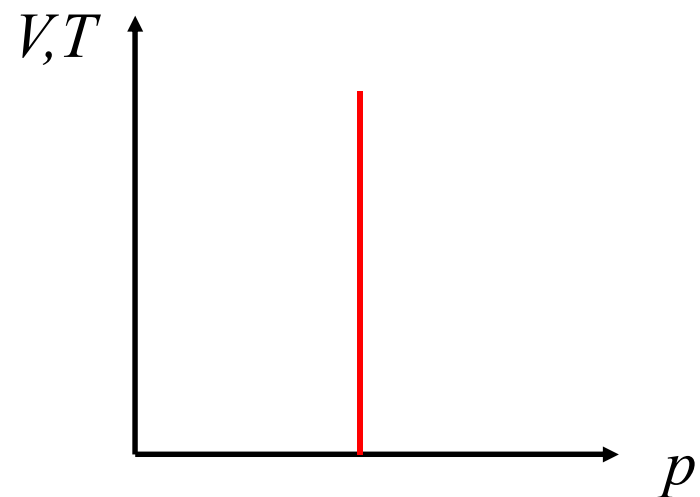
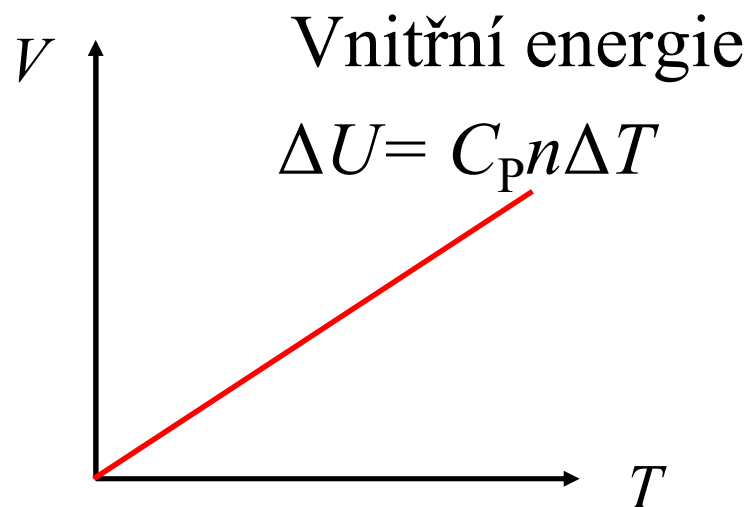


# Izobarický děj ( $p=\text{konst.}$ )

Gay-Lussacův zákon  $\frac{V}{T} = \text{konst.}$

Práce  $A = p\Delta V$

Teplo  $Q = \Delta U - p\Delta V$



# Adiabatický děj ( $Q=0$ )

$$pV^\kappa = \textit{konst.}$$

+ stavová rovnice

Poissonova konstanta  $\kappa = \frac{C_P}{C_V}$

V ostatních proměnných

$$V^{\kappa-1}T = \textit{konst.}$$

$$p^{1-\kappa}T^\kappa = \textit{konst.}$$

# Poissonova konstanta

vzduch	1.40	SO <sub>2</sub>	1.29
vodík	1.41	CO <sub>2</sub>	1.304
kyslík	1.401	metan	1.31

# Adiabatický děj

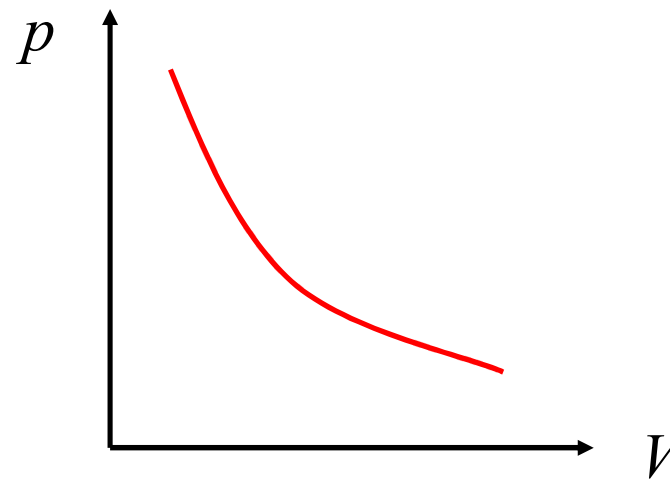
Práce  $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$

Teplo  $Q = 0$

Vnitřní energie

$$\Delta U = -A$$

Adiabata je strmější  
než izoterma

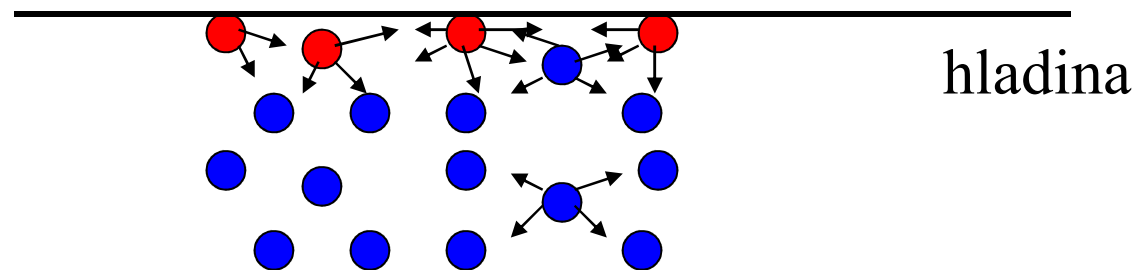


# Povrchové napětí

Energie jednotky povrchu povrchové vrstvy

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta S} \quad [Jm^{-2}]$$

Povrchová vrstva

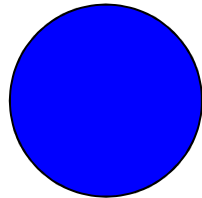


# Kapilární jevy, smáčení

Kapilární tlak – tlak pod zakřiveným povrchem

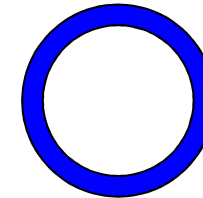
Kapka

$$p = \frac{2\sigma}{r}$$



bublina

$$p = \frac{4\sigma}{r}$$



$$\sigma_{\text{voda}} = 72.75 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$$

$$\sigma_{\text{rtuť}} = 472 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$$

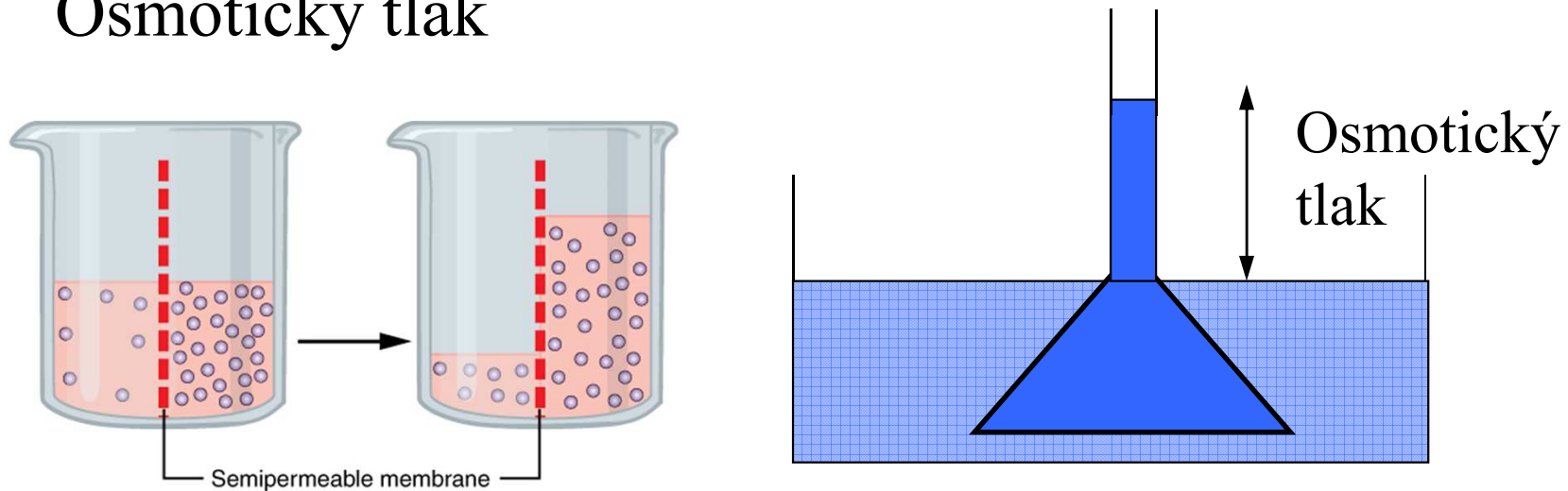
Kapilární elevace a deprese

Smáčení povrchů kapkami

# Osmoza

Vzniká u polopropustných membrán – vyrovnávání koncentrací na obou stranách membrány

Osmotický tlak



Důležitý jev v živých organizmech, čištění kapalin



# Osmotický tlak

Vzniká přerozdělením kapaliny přes propustnou membránu tak, aby byla dodržena rovnováha koncentrací na obou stranách membrány

