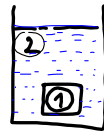


Kalorimetr - Tepelná izolovaná nádoba



	hmotnost	m_1	m_2
	teplo	t_1	t_2
	spec. tep. kap.	c_1	c_2
po roztavení		m_1	m_2
term. rovnováha	teplo	t	t
		c_1	c_2

$$\Delta U_1 = Q = \Delta U_2$$

$$\underset{\parallel}{Q_1} = \underset{\parallel}{Q_2}$$

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2) \quad \dots \text{Kalorimetrická rovnice}$$

na hmotu A se ohřeje i nádoba (včetně nádoby
kalorimetru)

$$c_1 m_1 (T_1 - T) = c_2 m_2 (T - T_2) + C_k \cdot (T - T_2)$$

(C_k ... tepelná kapacita kalorimetru)

pozn. Prinos vnitřní energii (teplo)

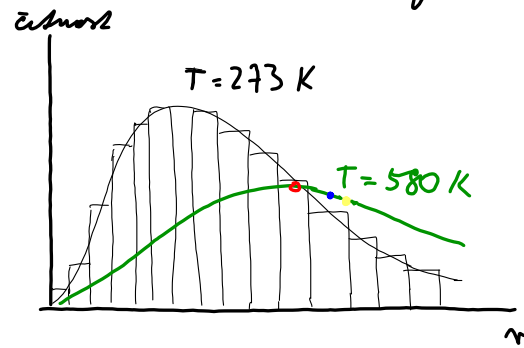
- vedení
 - proudění
 - záření
-

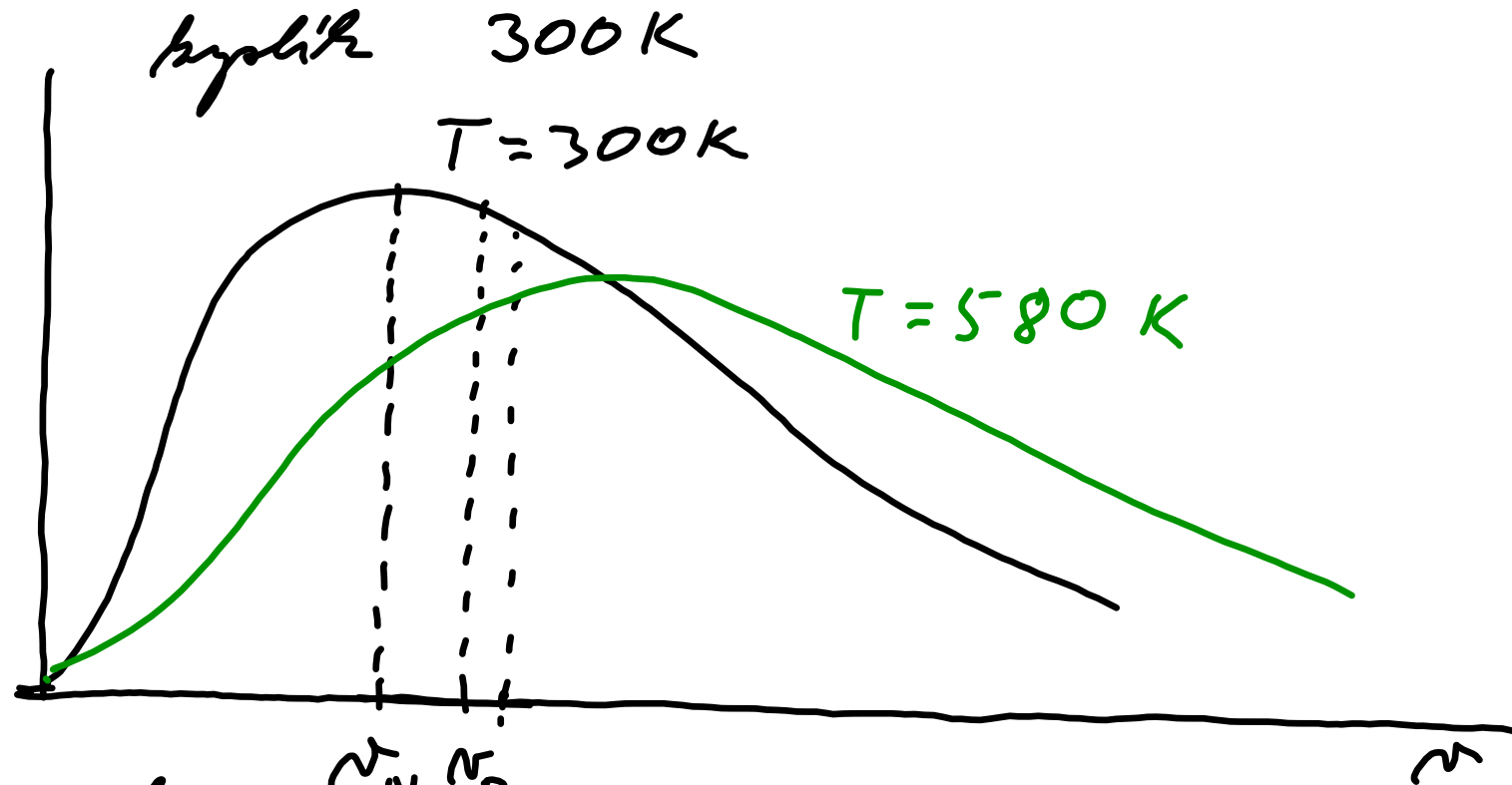
Struktura a vlastnosti plyn. skup.

Ideální plyn -

- částice plyn. 1 - jsou samostat. malé
2 - nepřítomná dělení
3 - dochází k dokonalé pruž. srážkám.

Rozdělení molekul podle rychlosti





rychlík
 nejpravděpodobnější
 průmerná
 střední kvadratická

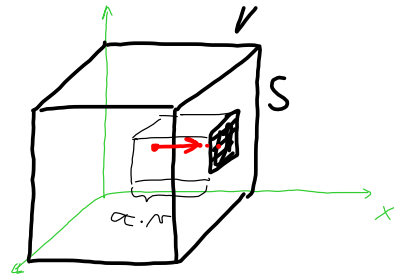
 v_N v_P v_K

$$v_N = 395 \text{ m/s}$$

$$v_P = 445 \text{ m/s}$$

$$v_K = 483 \text{ m/s}$$

Tlak plynu $p = \frac{F}{S}$

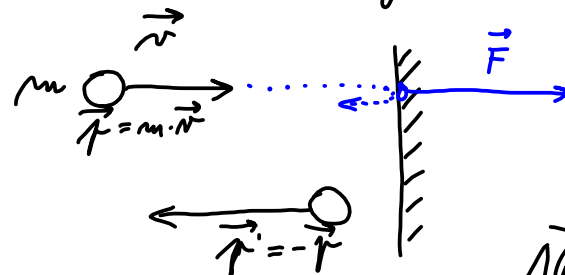
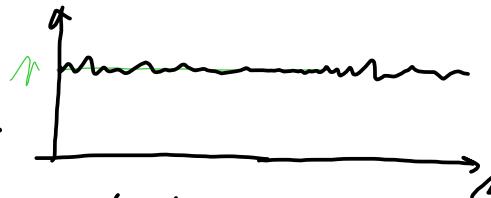


- V ... objem plynu
- N ... počet částeček (v objemu V)
- n ... hustota částeček
- N' ... počet částeček, které dopadnou na plochu S za dobu t
- N_v ... objemová hustota částeček
- m₀ ... hmotnost částeček

$$N_v = \frac{N}{V}$$

$$N' = \underbrace{r \cdot \Delta x \cdot S}_{\text{objem}} \cdot N_v \cdot \frac{t}{\Delta t}$$

poznámka: tlak plynu způsobený nárazy částic n rov. na čase



$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \left(\frac{\Delta t}{\Delta t} \right)$$

$$\Delta \vec{p} = \vec{p} - \vec{p}' = \vec{p} - (-\vec{p}) =$$

$$\Delta \vec{p} = 2\vec{p}$$

$$\Delta p = 2p$$

změna hybnosti při jednom nárazu:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{\Delta p \cdot N'}{\sigma}}{S} = \frac{N' \cdot 2 \cdot m_0 \cdot v}{\sigma \cdot S} = \frac{N \cdot \cancel{\sigma} \cdot S \cdot N_v \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot 2 \cdot m_0 \cdot v}{\cancel{\sigma} \cdot S} =$$

$$= \frac{1}{3} N_v \cdot m_0 v^2$$

$$p = \frac{1}{3} N_v \cdot m_0 v^2 \quad N_v = \frac{N}{V}$$

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot m_0 v^2 \quad \dots \text{za } v \text{ dosadíme } v_k$$

$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \cdot \frac{1}{2} m_0 v_k^2 / \cdot V \quad p = \frac{1}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \underbrace{2 \cdot \frac{1}{2} m_0 v_k^2}_{E_0}$$

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{1}{2} m_0 v_k^2 \quad E_k = N \cdot E_0$$

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot E_k$$

... za'kladu' rovnice pre
ideálny plyn

Maxwell's equations for ideal gas

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot E_0$$

$$E_0 = \left(\frac{3}{2}\right) k \cdot T$$

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{3}{2} k T$$

konstanta
níměnoti

$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

V_0 ... objem připadající
na jednu částici

$$p \cdot V_0 = k \cdot T$$

$$V_0 = \frac{V}{N}$$

$$p \cdot V_m = N_A \cdot k \cdot T$$

V_m ... molární objem

N_A ... počet částic
v 1 molu (Avogad.
konst.)

$$p \cdot V_m = R \cdot T$$

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$R = N_A \cdot k$... molární
plynová konstanta
 m ... látkové množství

Pr Ú1/77

$$V = 1\text{ l} = 10^{-3}\text{ m}^3 \text{ CO}_2 \quad M_r = 12 + 2 \cdot 16 = 44$$

$$m = 0,001\text{ g} = 10^{-6}\text{ kg}$$

$$N_v = ?$$

$$\rho = ?$$

$$N_v = \frac{N}{V} \quad ; \quad N = \frac{m}{m(\text{CO}_2)}$$

$$m(\text{CO}_2) = M_r(\text{CO}_2) \cdot m_m = 44 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 73,04 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$$

$$N_v = \frac{10^{-6}}{73,04 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{7,3 \cdot 10^{-26}\text{ kg}}}$$

$$\approx 0,01369 \cdot 10^{24} = 1,369 \cdot 10^{22}\text{ m}^{-3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{10^{-6}}{10^{-3}} = 10^{-3}\text{ kg/m}^3 = 1\text{ g/m}^3$$

$$= 10^{-6+3} \left(10^{-6-(-3)} \right)$$

Př: Vlak v pneumatické je 2,1 bar. Jaká bude tlak v pneumatické, jestliže se
 ohřeje z 20°C na -20°C?

počtu 2,1 bar ... přítlač \Rightarrow tlak 3,1 bar

přítlač 0 barů (přizdatná pneumatická) \Rightarrow tlak 10^5 Pa

jednotka 1 bar (1 mbar)
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ (normální atm. tlak)

$$p_1 = 3,1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (2,1 + \textcircled{1})$$

$$p_2 = ?$$

$$V_1 = V_2$$

$$T_1 = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = 253 \text{ K}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$t_2 = -20^\circ \text{C}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot V_2} = \frac{p_1 V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot V_1} =$$

$$= 3,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{253}{293} = 2,677 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

míšení tlaků: $\Delta p = p_1 - p_2 = 3,1 - 2,677 = 0,423 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

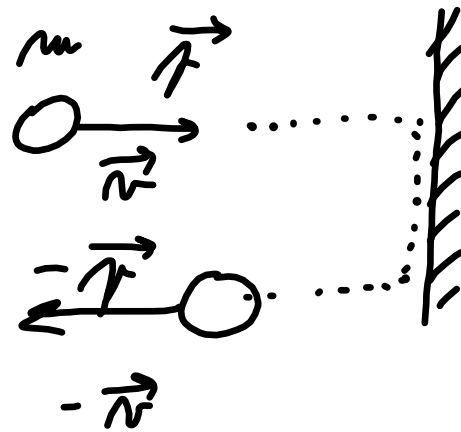
Důležité: ohřev se tlak v pneumatické míří přibližně
 o $0,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (... o 0,4 barů).

ú 5/78

 O_2

$$v = 461 \text{ m/s}$$

$$\Delta p = ?$$



$$\Delta p = 2 \cdot m \cdot v$$

$$m = A_n(O) \cdot 2 \cdot m_m$$

$$m_m = \frac{16 \cdot 2}{4} \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad (\text{atomová hmotnostní konstanta})$$

$$\Delta p = 2 \cdot m \cdot v = 2 \cdot \underbrace{32 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}_m \cdot 461 = 48\,976,64 \cdot 10^{-27} =$$

$$= \underline{\underline{4,9 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}}$$

ú 6/78

• $p = ?$ O_2

• $A = 0 \text{ } \Rightarrow T = 273 \text{ K}$

$\rho = 1,418 \text{ g/m}^3$ • $V = 1 \text{ m}^3$; $m = 1,418 \text{ kg}$

$v_k = 461 \text{ m/s}$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{m}{M_m(O_2)}$$

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$$

$$M_m(O_2) = 32 \text{ g/mol} = 0,032 \text{ kg/mol}$$

$$p = \frac{\frac{m}{M_m(O_2)} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{m \cdot R \cdot T}{M_m(O_2) \cdot V} = \frac{1,41 \cdot 8,31 \cdot 273}{0,032 \cdot 1} =$$

$$\underline{\underline{= 100\,000 \text{ Pa}}}$$

ú7/78

$$m = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

$$V = 10 \text{ l} = 0,01 \text{ m}^3$$

$$p = 0,49 \text{ MPa} = 490000 \text{ Pa}$$

$$v_k = ? \quad (T = ? \quad \frac{1}{2} m_0 \cdot v_k^2 = \frac{3}{2} k T)$$

$$N = ? \quad \frac{1}{2} m \cdot v_k^2 = N \cdot \frac{3}{2} k \cdot T$$

$$m = ?)$$

$$pV = n \cdot R \cdot T \Rightarrow T = \frac{pV}{n \cdot R} \Rightarrow \text{potřebujeme } n \dots$$

řešení by bylo možné, ale
zdolouhavé

použijeme základní rovnici pro ideál. plyn:

$$p \cdot V = \frac{2}{3} E_k$$

$$(p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{1}{2} m_0 v_k^2)$$

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} m v_k^2$$

$$p \cdot V = \frac{1}{3} m v_k^2 \Rightarrow v_k^2 = \frac{3p \cdot V}{m}$$

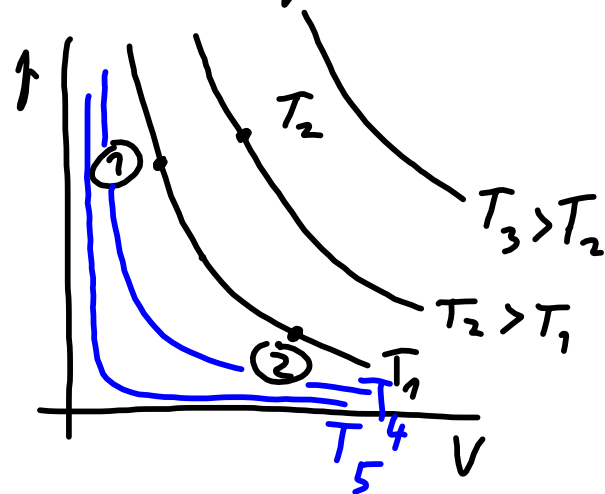
$$v_k = \sqrt{\frac{3pV}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 490000 \cdot 0,01}{3,8 \cdot 10^{-2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \cdot 490000}{3,8}} = \sqrt{386842,11}$$

$$\approx 621,966 \approx \underline{\underline{622 \text{ m/s}}}$$

Střední kvadratická rychlost molekul ideálního plynu je přibližně 622 m/s.

poz. a křivky izoterm. děje



$$T_5 < T_4 < T_1$$

Izochorický děj

$P, T \dots$ mění se
 $V \dots$ nemění se

- nemění se objem plynu

$$\left(\frac{P}{T} = \text{konst} \right)$$

$$\frac{P}{T} = \text{konst}$$

Stake je prvním zákonem termodyn.
plynů

Izotermič' dĕj - dĕj pŕi stálém tlaku plynu

$p \dots$ stálý

$V, T \dots$ se mění

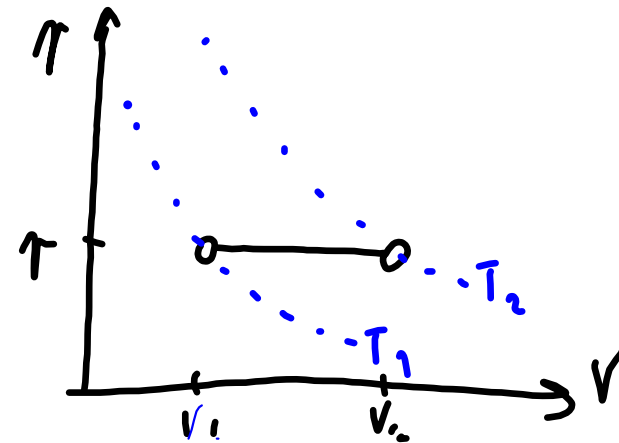
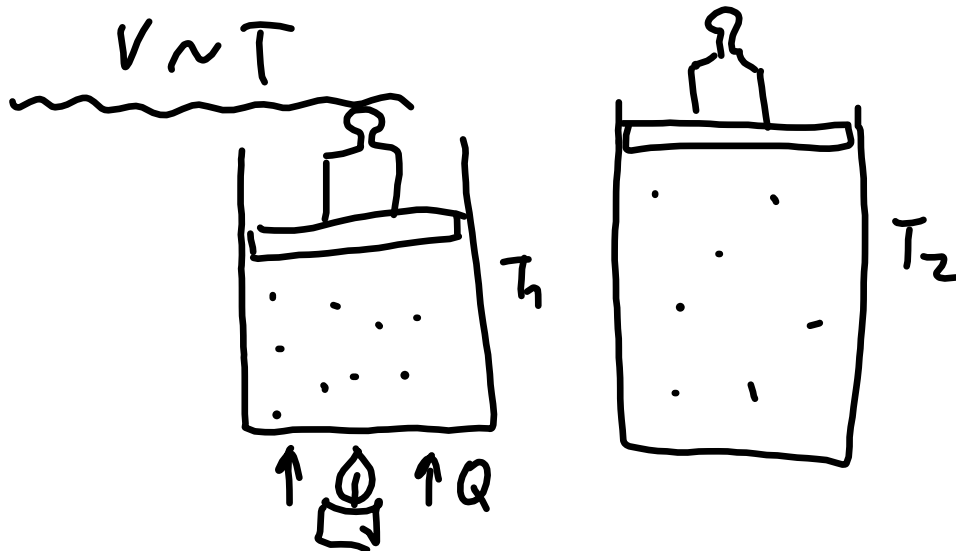
$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$$V = \text{const} \cdot T$$

$$V \sim T$$

.... zákon Gay-Lussacův



Merava' rornice pro realny' plynu

$$(1+a) \cdot \left(\frac{V}{n} - b\right) = R \cdot T \quad \dots \text{Van der Waalsova rornice}$$

b ... objem molekulu

a ... kohezni' sila (způsobuji' přitažlivý sílu mezi molekulami)

Tijelni dije i klasična energija

Izobarični dije

$$Q = \Delta U + W'$$

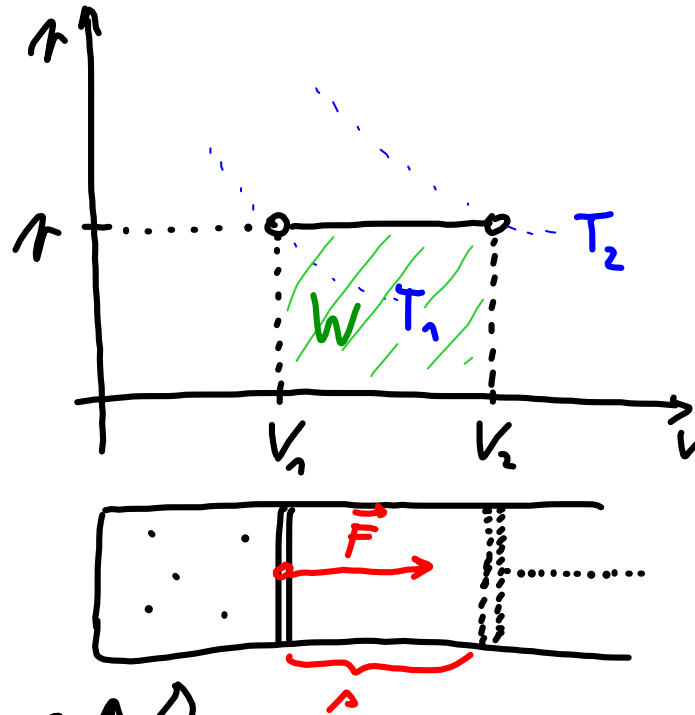
$$Q_p = c_p \cdot m \cdot \Delta T$$

$$W = F \cdot \Delta V = p \cdot S \cdot \Delta V$$

$$V_2 - V_1$$

$$W = p \cdot \Delta V$$

$$W = p \cdot (V_2 - V_1)$$



Q ↑

$$c_p \cdot m \cdot \Delta T = \Delta U + p \cdot (V_2 - V_1)$$

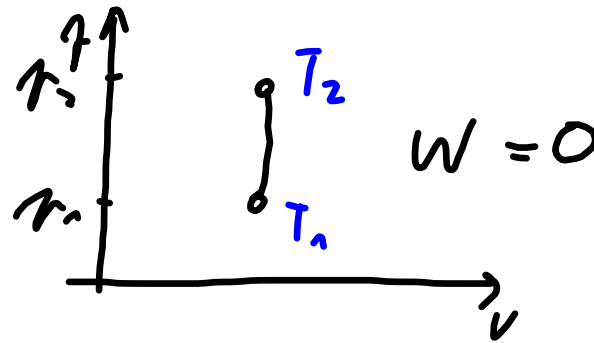
izochoriz'edij

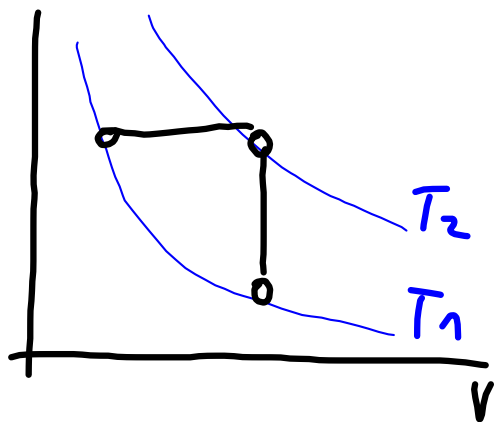
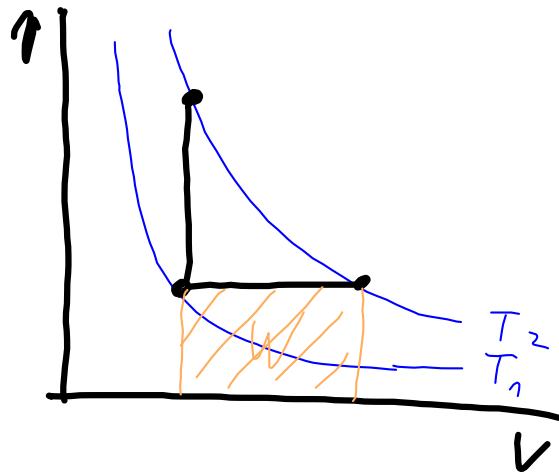
$$W = 0$$

$$Q = \Delta U$$

$$Q_v = c_v \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c_v \cdot m \cdot \Delta T = \Delta U$$



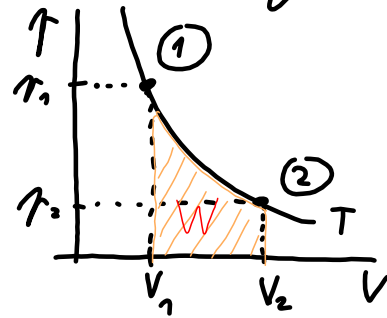


isobar. $Q_p = c_p \cdot m \cdot \Delta T$

isochor. $Q_v = c_v \cdot m \cdot \Delta T$

$$\left. \begin{array}{l} Q_p = \Delta U + W' \\ Q_v = \Delta U \end{array} \right\} \begin{array}{l} Q_p = Q_v + W' \\ c_p > c_v \end{array}$$

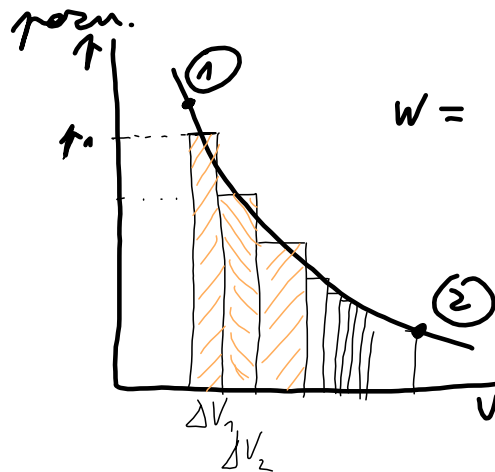
Isotermický děj



$$\Delta U = 0 \quad (T \dots \text{konst.})$$

$$Q = \Delta U + W$$

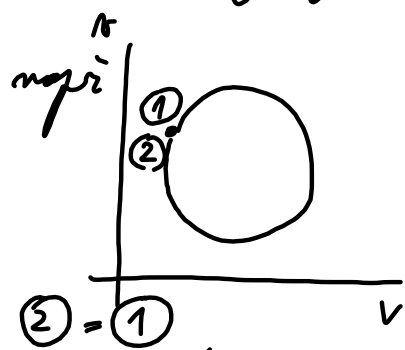
$$Q = W$$



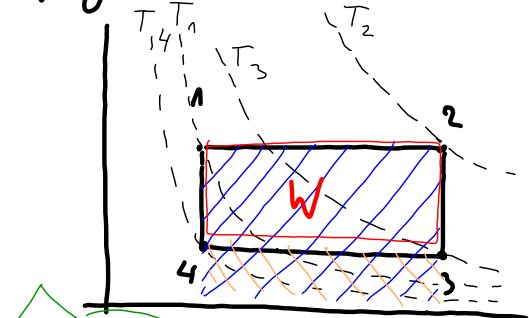
$$W = p_1 \cdot \Delta V_1 + p_2 \cdot \Delta V_2 + \dots + \Delta W_n$$

plocha pod grafem v p-V diagramu se číselně rovná práci vykonané plynem

Kruhový děj - děj v plynu, kdy se plyn (s průběhem změny objemu a tlaku) dostane opět do původního stavu
 - v p-V diagramu je směr změny uzavřenou křivkou



jiný pohled



- 1-2 dodáváme plynu teplo a plyn koná práci
- 2-3 ochlazení
- 3-4 konáme práci na plyn a odebíráme teplo
- 4-1 sáháme (na pov. tepl.)



W výsledná práce při kruhovém ději.

chlazení 2-3 3-4

$$W = W_{12} - W_{34}$$

Pf

Teplota páry přicházející z parního kotle do válce parního stroje je $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplota chladiče, v němž pára kondenzuje, je $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jakou maximální práci by stroj vykonal za ideálních podmínek při spotřebě $4,2\text{ kJ}$ tepla? *DÚ*

max. účinnost (max. teoret. možnou)

$$T_1 = 120^{\circ}\text{C} \doteq 393\text{ K}$$

$$T_2 = 40^{\circ}\text{C} \doteq 313\text{ K}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{393 - 313}{393} = \frac{80}{393} \doteq 0,2036 = 20\%$$

Teplné motory

viz NG - opat. (DÚ) viz korekce květen 2016

parní | spalovací

pístové | turbíny | reaktivní

odkazy na některé (díle) poznámky

http://v.smid.sk/notebook/fta_2015.pdf (letosím VIA)http://v.smid.sk/notebook/fqb_2015.pdfhttp://v.smid.sk/notebook/fqb_2013-tep_motory.pdf

a související odkazy:

[krásný V12 motorek,](#)<https://www.youtube.com/watch?v=3YfTtGCsiD8>[bláznivé tryskové kolo a](#)<https://www.youtube.com/watch?v=bKHz7wOjb9w>[model letadla s pulzním tryskovým motorem.](#)<https://www.youtube.com/watch?v=tgp3j-odseo>

Typ vazeb (sjednocení)

Ionová - soli - vodík, peroxid, křehkost

vodivá - vodivost, měšče (voda, org. látka)

kovová - elektronový oblouk (křehká a el. vodivost)

kovalentní

Vander Waalova - slabá - inertní plyny (měkkost,
měšče křeh. látka)

Múš' šoré pomelky

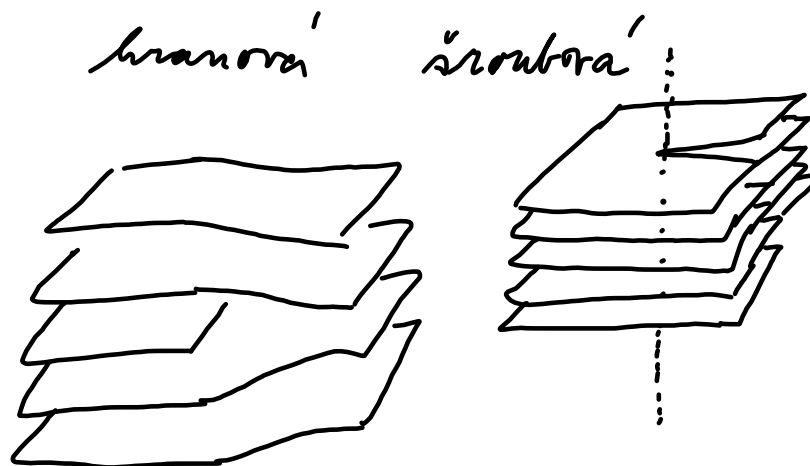
- reální kryštaly sú od ideálných línií
pomelkami kryšt. múš'ky
pomelky

- Bodové - valence - chybníci atóm

- intenzívni poloha - atóm v maximáln.
horé poloha

- prímisi - líni atóm

- Čarová (dislokace)



Podobnimu množstvu poročk se razvijajo
kratkotrajna materiala
(kovinica, pašnica ..)

2/139

 $l \dots \Delta l_1 \dots S$

a) 2 density $\dots \frac{l}{2} \dots 2S \dots \Delta l_2 = ? \quad \Delta l_2 = \frac{1}{4} \Delta l_1$

b) $\varepsilon_{r2} = \frac{1}{2} \varepsilon_{r1}$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l_1}{l} \quad ; \quad \varepsilon_2 = \frac{\Delta l_2}{l_2} = \frac{\frac{1}{4} \Delta l_1}{\frac{l}{2}} = \frac{1}{4} \frac{\Delta l_1 \cdot 2}{l} = \frac{1}{2} \varepsilon_1$$

6/140 $\sigma_p = 10 \text{ GPa} = 10^{10} \text{ Pa}$
 $d = 1 \mu\text{m}$ $r = 0,5 \mu\text{m} = 0,5 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-7} \mu$
 $F = ?$

$$S = \pi r^2$$

$$\sigma_m = \frac{F}{S}$$

$$\sigma_p = \frac{F}{\pi r^2} \Rightarrow F = \sigma_p \cdot \pi r^2 = 10^{10} \cdot \pi \cdot 5^2 \cdot 10^{-14} =$$

$$= 785 \cdot 10^{-4} \text{ N} =$$

$$= 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ N} = \underline{\underline{7,85 \text{ mN}}}$$

Mosnosť paronového

vlákna je približne 7,85 mN.

(vláknor by udržalo závaží o hmotnosti približne 0,80 g, čo je asi 5x viac, než hmotnosť čmeláka)

Teplotní roztažnost

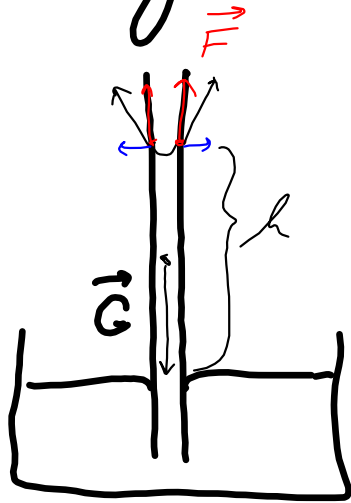
(opět. příručka : http://v.smid.sk/notebook/fsa_2014.pdf)

Př: Spočítejte normálové napětí ocelové stěny, která je rovinně natažena mezi dvěmi pevnými stěny při teplotě 50°C , je ohřívána se postupně ochladi na -20°C . (přířez stěny je 1 mm^2 , délka 8 m - vzdálenost stěn)

Návod: spočítejte nejprve sáhnutí při ochlazení a pak normálové napětí, které vznikne při prodloužení na úvodních 8 m .

Bude se ještě jednat o pružnou deformaci?

pro výšku sloupce kapaliny v kapiláře platí:



r ... vnitřní poloměr kapiláry

$$G = F$$

$$m \cdot g = \sigma \cdot l$$

$$\pi r^2 h \rho g = \sigma \cdot 2\pi r$$

$$r h \rho g = 2\sigma$$

$$\sigma = \frac{1}{2} r \cdot h \rho g$$

ρ ... hustota kapaliny
 σ ... povrchové napětí

$$m = V \cdot \rho = \pi r^2 \cdot h \rho$$

Pf: Do jaké výšky vystoupá voda v kapiláře
Amiti. průměrem 0,2 mm?

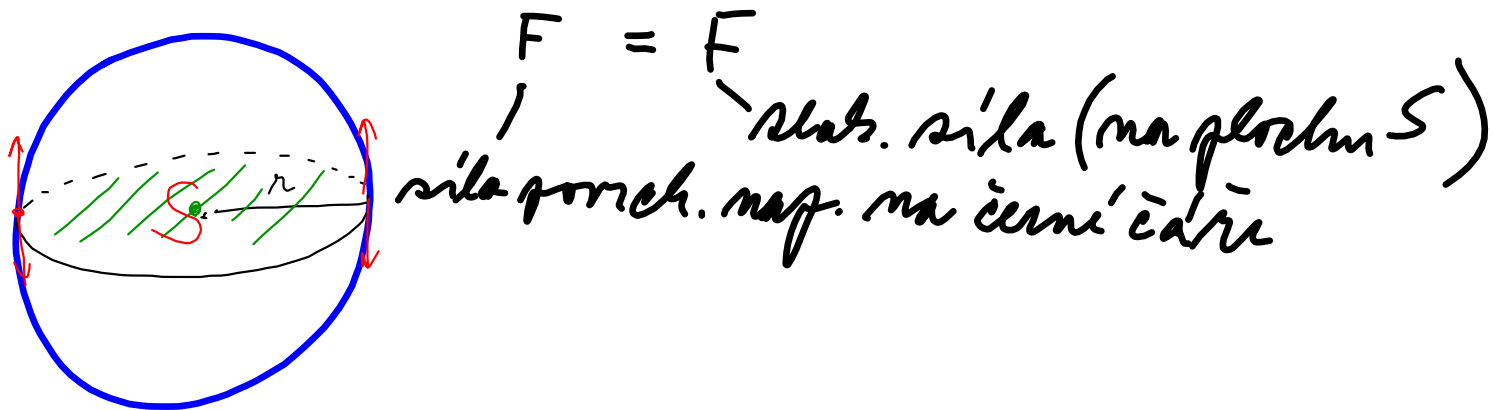
$$r = 0,1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m} \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

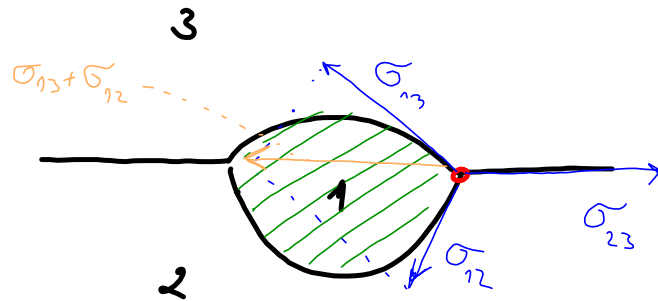
$$\sigma = 74 \text{ mN/m} = 0,074 \text{ N/m}$$

$$\sigma = \frac{1}{2} r \cdot h \rho g \Rightarrow h = \frac{2\sigma}{r \rho g} = \frac{2 \cdot 0,074}{10^{-4} \cdot 10^3 \cdot 10} = 0,148 \text{ m}$$

Dú: spočítajte slab (guľôčok) novití mydlenej bubliny o polomere 3 cm. Sapónová roztok má povrchové napätie 20 mN/m . (bublinu bráňajú povrchové sily)

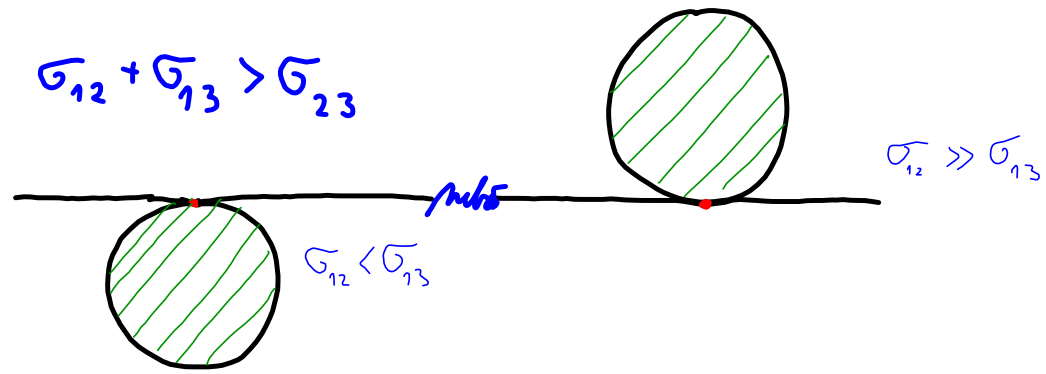


kapka "na rodu" hladině



sily porochových napětí jsou rovnoměrně

$$\sigma_{12} + \sigma_{13} > \sigma_{23}$$



$$\sigma_{12} + \sigma_{13} < \sigma_{23}$$

... kapka se roztáhne do max. rozměru - monomolekulární vrstva

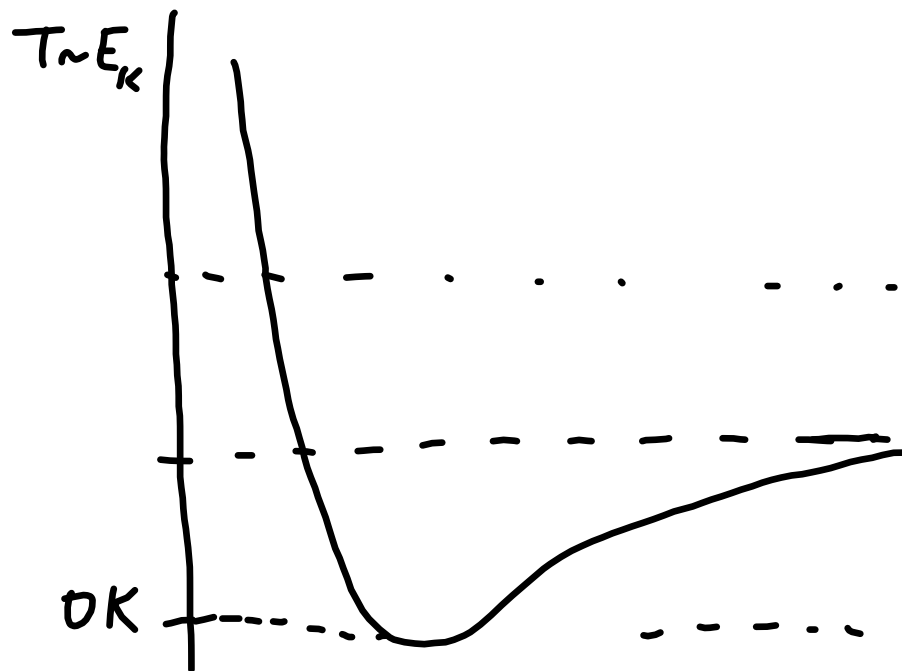
výsl. z té poroch. nap.



olejová vrstva na rodu hladině

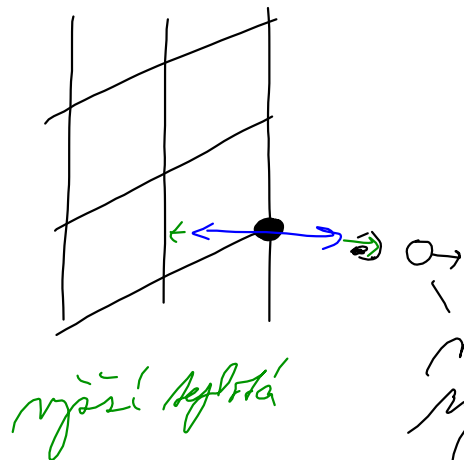
Fázové přeměny

form.

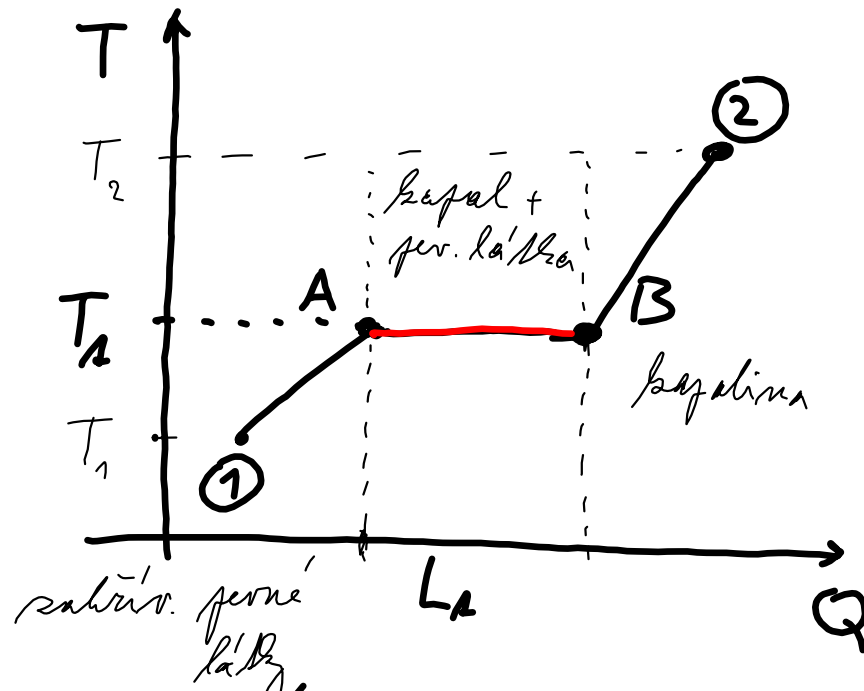


Fázová - systém v rovnováž. stavu, který má ve všech místech stejné vlastnosti

Täin' a Suhmitt'

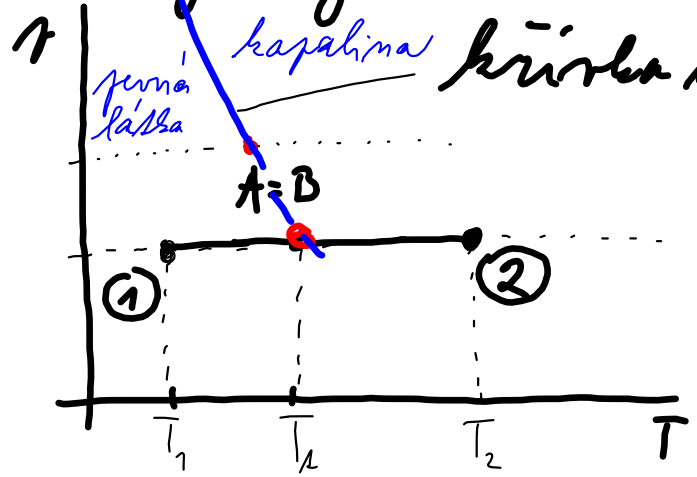


rotua čáštice smišton
 sydlost' - so nárascch,
 na čáštice kápätiny rotjii'
 ston sydlost' (sefletu)



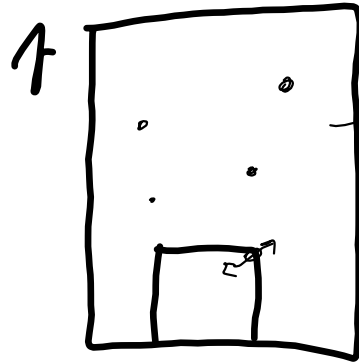
$L_A \dots$ suhuro. purne la'vka'
 $l_A = \frac{L_A}{m} \dots$ murene' suhuro. purne la'vka'

Fázon' diagram



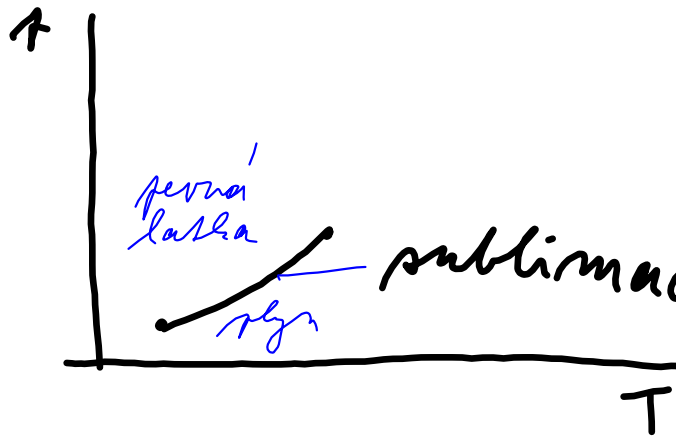
'kri'vka' - i'ij' body rna'zornu'ij' star termodynamicki rovnovahy mure' purnou a kapalnou fazi'

Sublimace a desublimace

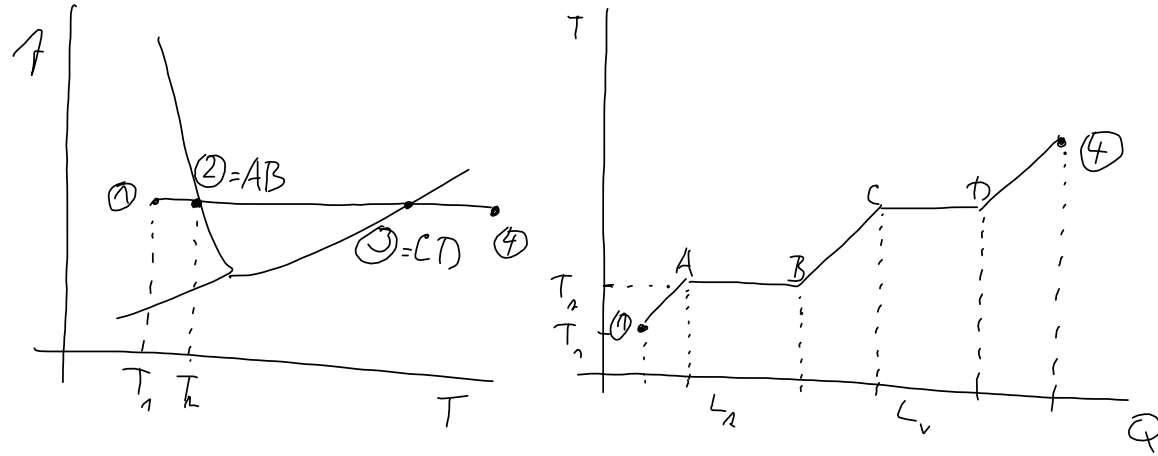


Mak slych par

ustavi se rovnáha
mezi sublimaci
a desublimaci
- termodynamická rovnováha mezi pevnou a plynnou fází

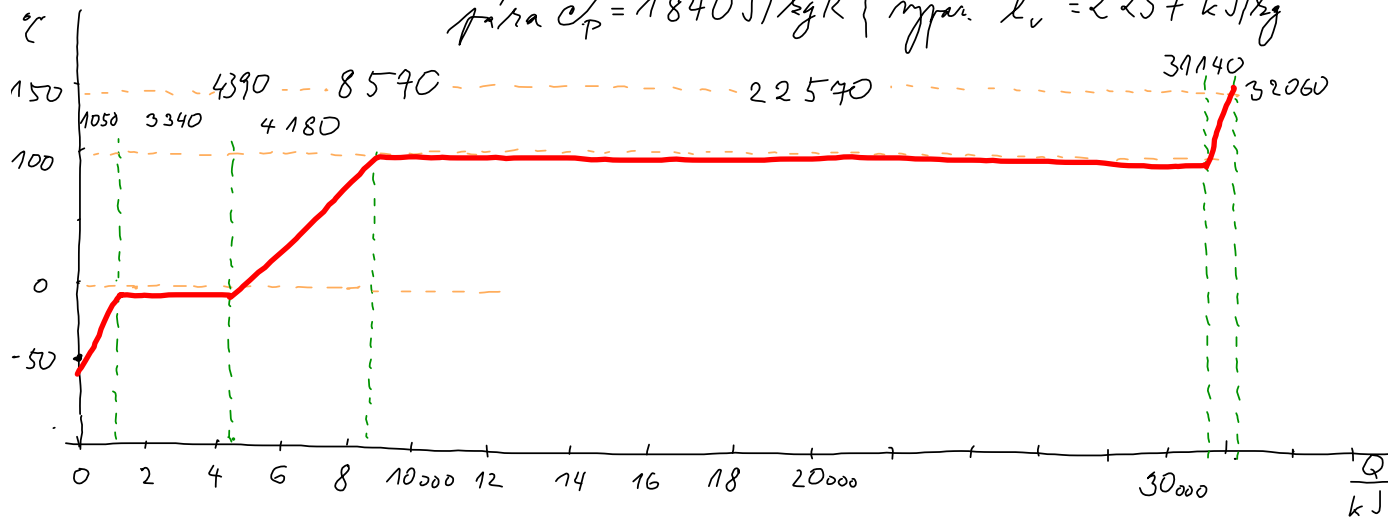


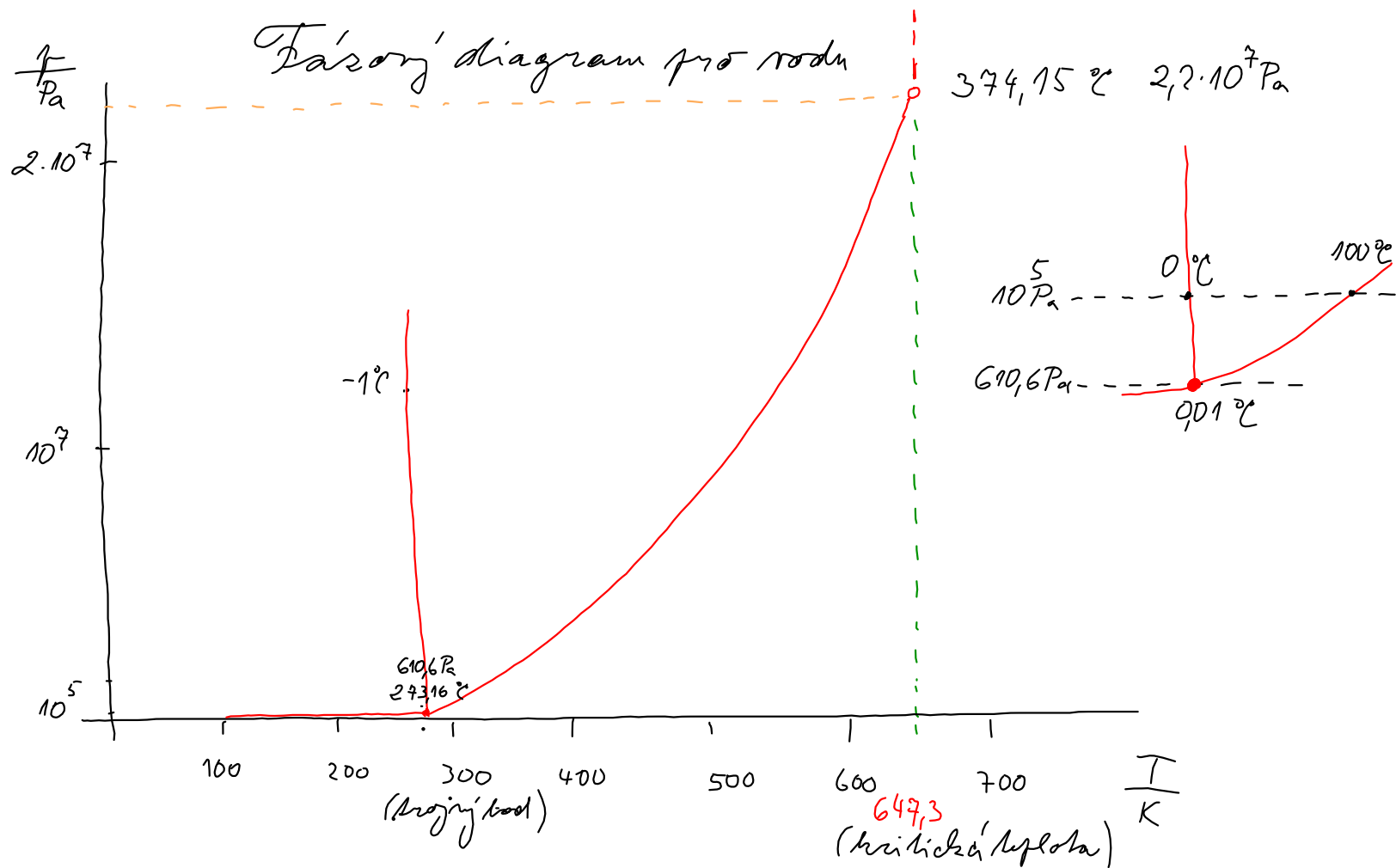
sublimace křivka

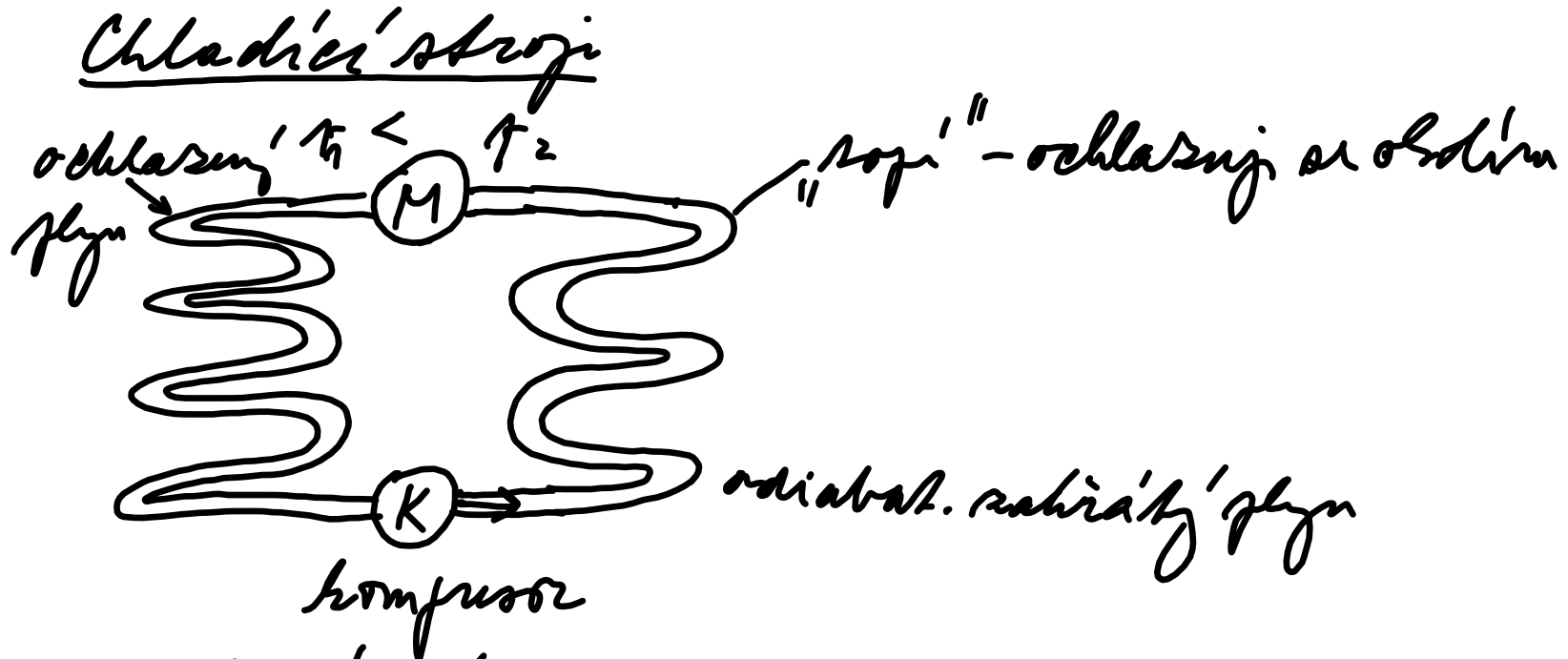


např. pro přeměnu 10g ledu -50 °C na 10g páry 150 °C

měr. tepelná kapacita: led $c_L = 2100 \text{ J/kg K}$ } měrné skupenské teplo
 voda $c_V = 4180 \text{ J/kg K}$ } tání $l_t = 334 \text{ kJ/kg}$
 pára $c_P = 1840 \text{ J/kg K}$ } vypař. $l_v = 2257 \text{ kJ/kg}$



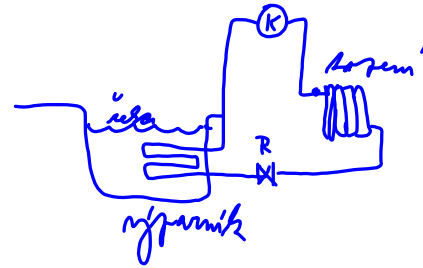
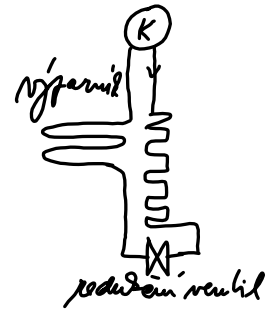
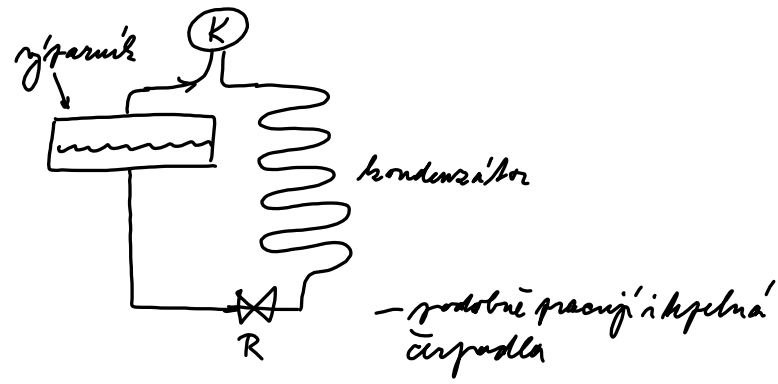




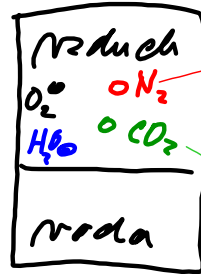
M... plynový motor

(redukční ventil - rozšíř' adiab. smičem' tlaku)

Chladicí navíc využívají změnu skupenství
- vypařování



Vlhkost vzduchu



(částiciny)
parciální tlak dusíku

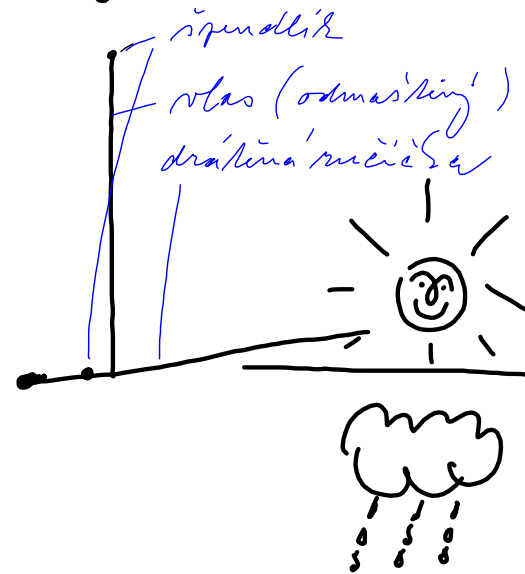
parciální tlak CO_2
⋮

$$\phi = \frac{m}{V}$$

$$\phi_m = \frac{\phi}{\phi_{max}}$$

- rosný bod
- psychrometr

Klasový rhkoměr



$$\underline{Pf: 1/195}$$

$$T_1 = -8^\circ\text{C} \text{ (vnú)}$$

$$T_2 = 22^\circ\text{C} \text{ (vonku) - tepota rovinu vnútra (chladice)}$$

$$\eta = ?$$

$$\frac{W}{Q_2} \quad \eta_c = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{295}{30} = 9,83 = \underline{\underline{983\%}}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{Q_1}{W} \Rightarrow Q_1 = \eta_c \cdot W = 9,83 \cdot W$$

← 9,83 W je práca motoru

Tepný faktor je 983% a tepelné čerpadlo do miestnosti púča 9,83 krát viac tepla, než je robená práca motorom.

↓ 21/3 19

$$3/197$$

$$T = 25^{\circ}\text{C}$$

$$V = 3\text{ m}^3$$

$$m = 42\text{ g}$$

$$\rho_{25} = 23,04\text{ g/m}^3$$

(hustota syfjich rodnich
par jiri 25°C - tab. hodn.)

$$\phi = \frac{m}{V} = \frac{42}{3} = \underline{\underline{14\text{ g/m}^3}}$$

$$\varphi = \frac{\phi}{\phi_m}$$

$$\phi_m = \rho_{25} \cdot V = 23,04 \cdot 1 = 23,04\text{ g/m}^3$$

$$\varphi = \frac{14}{23,04} = 0,6076 = \underline{\underline{61\%}}$$