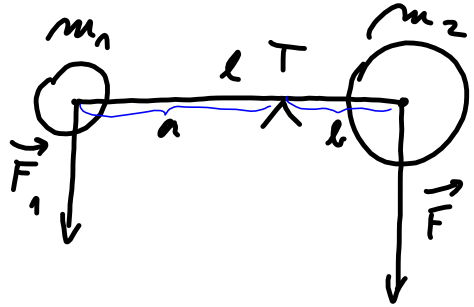
Těžiště (pokračování)

PŘ: Spočítejte polohu těžiště dvou koulí o hmotnostech 3 kg a 5 kg, které jsou spojeny tyčí (její hmotnost zanedbejte) tak, že jejich středy mají vzdálenost 80 cm.

$m_1 = 3\,kg$

$m_2 = 5\,kg$

$l = 80\,cm = 0{,}8\,m$



$F_1 a = F_2 \cdot b \qquad a + b = l$

$m_1 \cdot g \cdot a = m_2 \cdot g \cdot (l - a) \quad / : g$

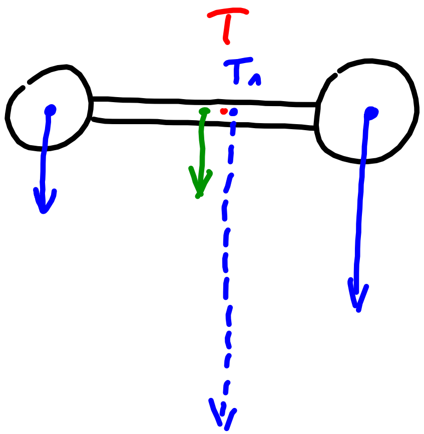
$m_1 a = m_2 l - m_2 a$

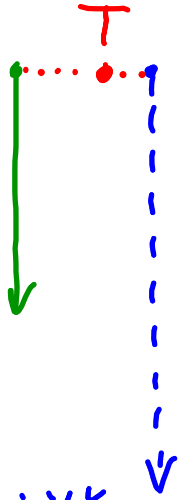
$3a = 5 \cdot 0{,}8 - 5 \cdot a \quad / + 5a$

$8a = 4$

$a = \frac{1}{2}\,m$ Těžiště bude ležet 0,5 m od středu lehčí koule (na spojnici středů koulí).

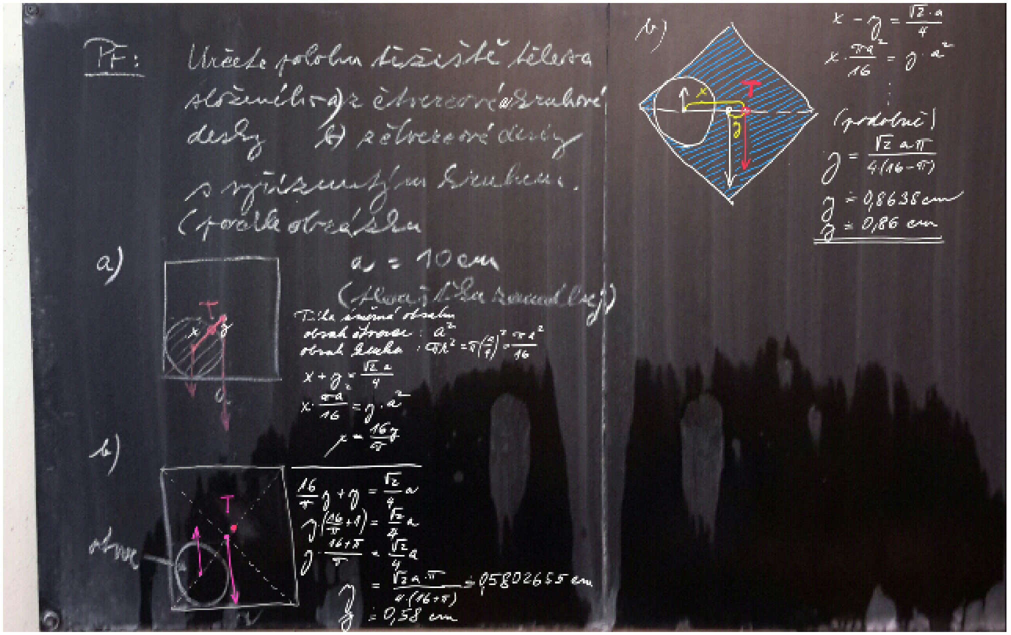
pozn.

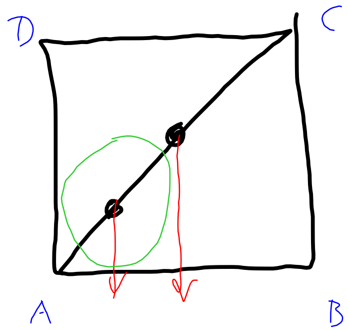


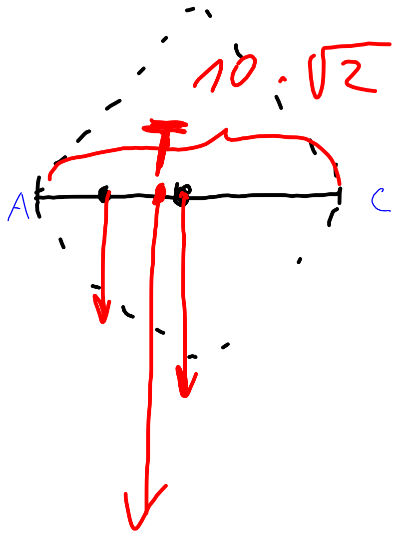


DÚ ... řeš. příklad (str. 164)
+ úlohy na polohu těžiště

<u>9.9. ↓ 2016</u>

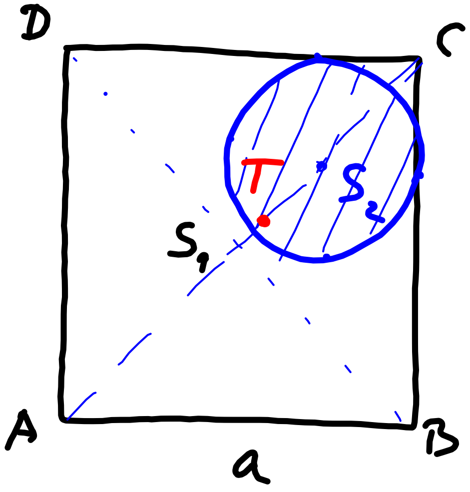

a)
a = 10 cm
b)
0,58 cm
0,86 cm


D
C
A
B


10 · √2
T
A
C

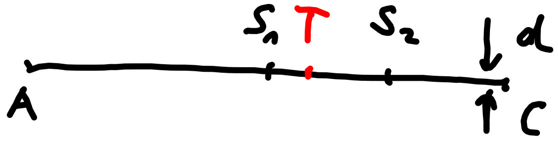
PF:

a)

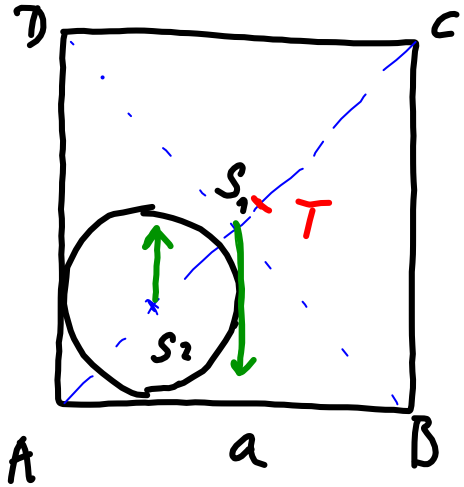


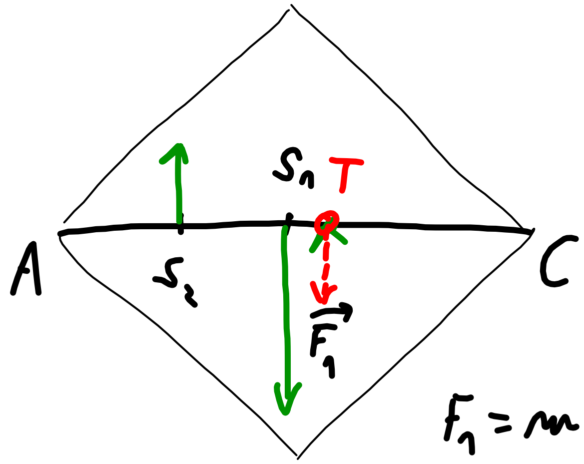
$a = 10\,cm$ $(r = 2{,}5\,cm)$

(tloušťka čtvercové i kruhové desky je stejná zanedbatelná)



b)





$F_1 = m \cdot g = a^2 \cdot d \cdot \rho \cdot g$

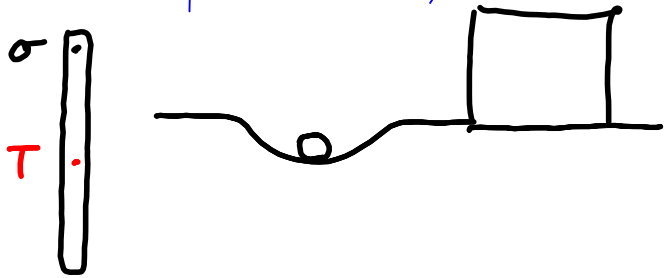
Rovnovážná poloha

Těleso je v rovnovážné poloze, jestliže je součet všech působících sil a součet všech momentů těchto sil nulový.

$$\left(\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = \vec{0} \; , \; \sum \vec{M} = \vec{0} \right)$$

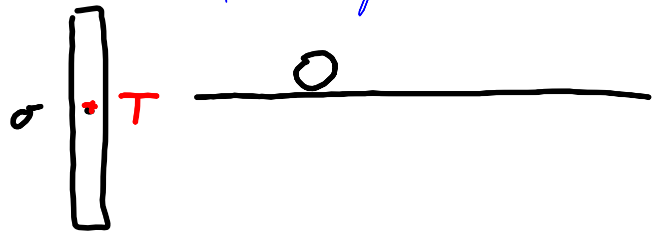
Rovnovážná poloha

- stálá (stabilní)



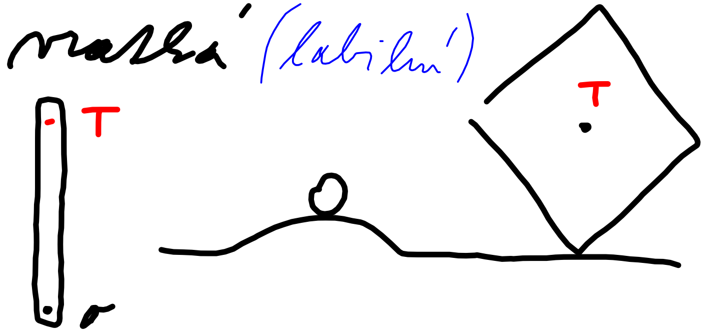
- při vychýlení z této polohy se těleso vrací zpět
  ... těžiště je pod osou ot.
- při vychýlení se výška těžiště zvyšuje

- volná (indiferentní)



- při vychýlení z této polohy těleso zůstává v rovnovážné poloze
  ... osa prochází těžištěm
- při vychýlení se výška těžiště nemění

- vratká (labilní)



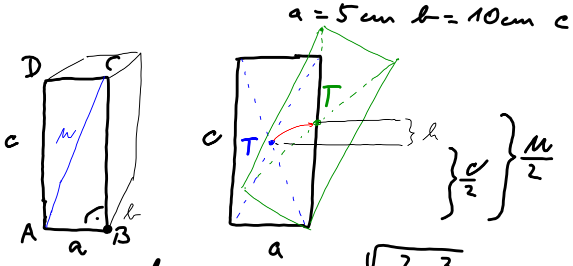
- při vychýlení z této polohy těleso přejde do nejbližší polohy stálé
  ... těžiště je nad osou otáčení
- při vychýlení se těžiště sníží

Stabilita – můžeme ji poměřovat prací potřebnou k převedení tělesa z rovnovážné polohy stálé do polohy vratké

Př: Spočtěte nejmenší a největší práci, potřebnou k otočení kvádru o rozměrech 5, 10 a 20 cm kolem jeho hrany tak, aby přešel z rovnov. polohy stálé do r. p. vratké. Hmotnost 1 kg.

a) „nejmenší" – stabilita – práce

$a = 5\,cm \quad b = 10\,cm \quad c = 20\,cm$



$W = mg \cdot h$

$u = \sqrt{a^2+c^2}$

$h = \frac{u}{2} - \frac{c}{2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{a^2+c^2} - c\right)$

$W = \frac{mg}{2}\left(\sqrt{a^2+c^2} - c\right) \doteq \frac{1 \cdot 10}{2} \cdot \left(\sqrt{0{,}05^2+0{,}2^2} - 0{,}2\right) =$

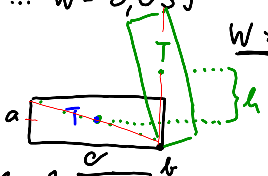
$\doteq 5 \cdot (0{,}206155 - 0{,}2) = \frac{0{,}0615528}{2}\,J \doteq \underline{\underline{0{,}03\,J}}$

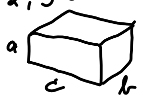
a) … $W \doteq 0{,}03\,J$

b)

$\underline{W = 0{,}78\,J}$ ✓ $(30{,}9\,J)$

$2{,}3\,J$



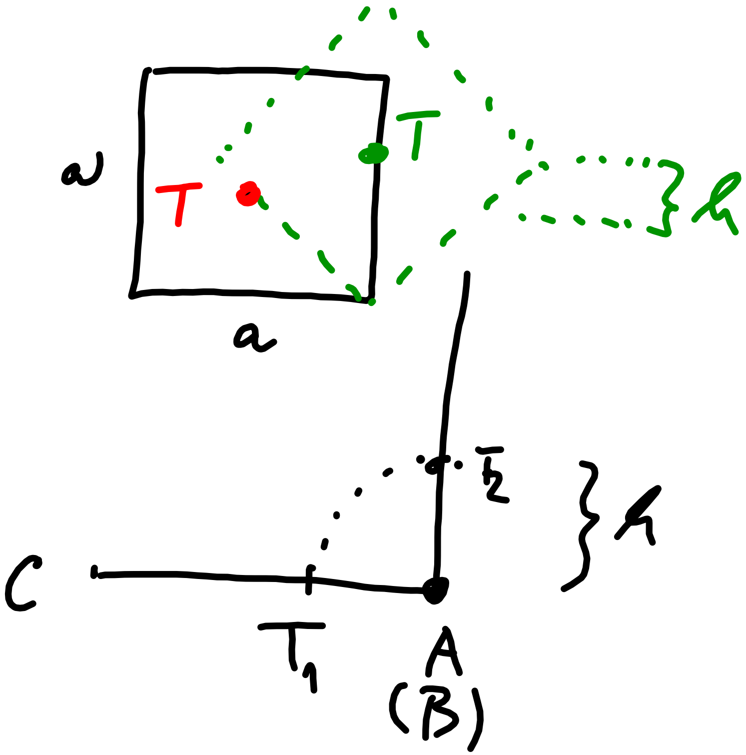


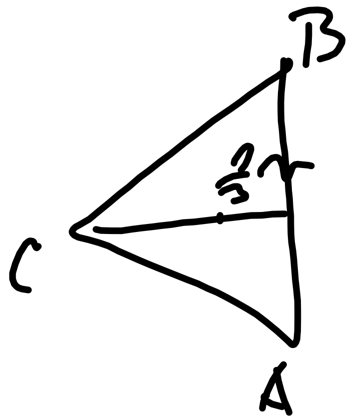
$a = 0{,}05\,m$
$b = 0{,}1\,m$
$c = 0{,}2\,m$

$h = \frac{1}{2}\sqrt{a^2+c^2} - \frac{a}{2}$

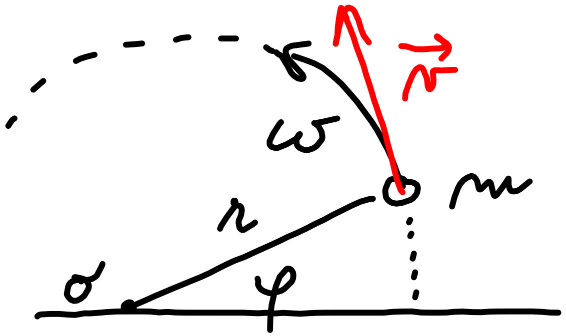
$W = mgh = \frac{mg}{2}\left(\sqrt{a^2+c^2} - a\right) \doteq 5\left(\sqrt{0{,}0025+0{,}04} - 0{,}05\right)$

$W = 5\left(\sqrt{0{,}0425} - 0{,}05\right) \doteq \underline{0{,}78\,J}$


a
a
T
T
h
C
T1
A
(B)
T2
h


B
C
A
2/3 r

Otáčivý pohyb tuhého tělesa



$v = \omega \cdot r$

opak. DÚ

$\begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix}$

A

polom. 30 cm a periodou 0,1 s.

B

o poloměru 60 cm s frekvencí 30 Hz

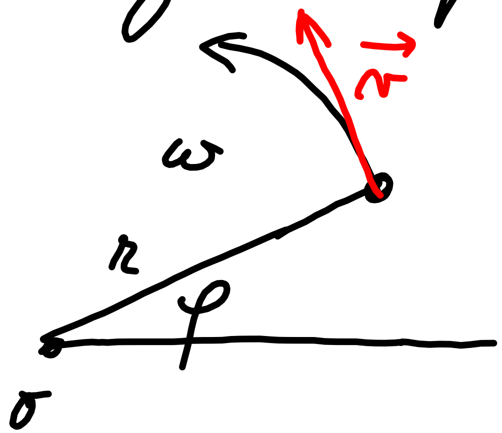
1) jakou dráhu urazí za půl sekundy | čtvrt sekundy

2) určete úhlovou rychlost | 2) určete obvodovou rychlost

3) frekvenci | 3) a periodu

8:07

Energie rotač. pohybu



$E_K = ?$ $(v = \omega \cdot r)$

$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \underbrace{m r^2}_{J} \cdot \omega^2$$

$$E_K = \frac{1}{2} J \omega^2$$

J ... moment setrvačnosti tělesa

$J = mr^2$ ... moment setrvačnosti hmotného bodu nebo obruče o hmotnosti m a poloměru r.

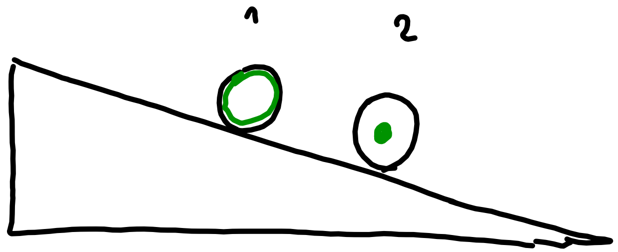
obruč $J_o = m \cdot r^2$

válec $J_v = \frac{1}{2} m \cdot r^2$

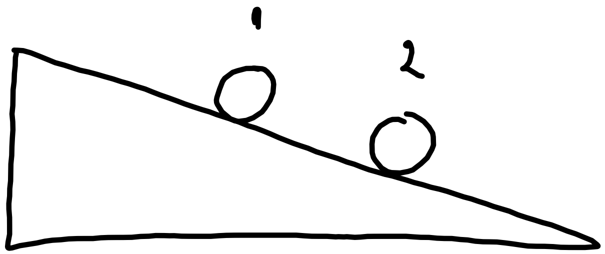
koule $J_K = \frac{2}{5} mr^2$

tyč $J = \frac{1}{12} mr^2$

<u>Pokus</u> „Závody válečků"



váleček č. 2 je rychlejší, protože má při stejné hmotnosti menší moment setrvačnosti.



1 ... válec

2 ... kulička

Př: Spočtěte kin. energii kola o poloměru 35 cm a hmotnosti 1 kg (rozložení hmotnosti na obvodu kola) při obvodové rychlosti 36 km/h.

$r = 0{,}35\ m$

$v = 36\ km/h = 10\ m/s$

$m = 1\ kg$

$J = mr^2 \qquad \omega = \frac{v}{r}$

$E_k = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$

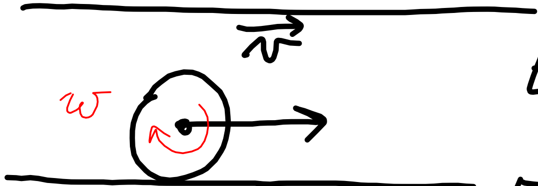
$E_k = \frac{1}{2} mr^2 \cdot \frac{v^2}{r^2} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^2 = \underline{\underline{50\,J}}$

Př: Spočítejte kin. energii kola o poloměru 35 cm a hmotnosti 1 kg (rozložení hmotnosti na obvodu kola), které se kutálí rychlostí 36 km/h.

$m = 1\,kg$

$v = 36\,km/h = 10\,m/s$

$r = 0{,}35\,m$



$$E_k = E_{kT} + E_{kR}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J \omega^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} m r^2 \cdot \frac{v^2}{r^2} =$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} m v^2 = m \cdot v^2 =$$

$$= 1 \cdot 10^2 = \underline{\underline{100\,J}}$$

Mechanika tekutin

Tekutina – kapalina (ideální kapalina (nestlačitelná, bez vnitřního tření)

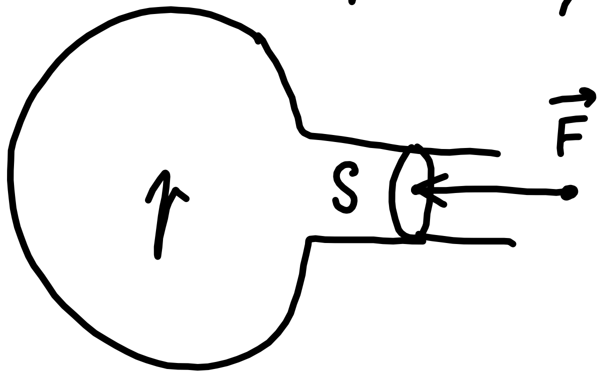
– plyn – snadno mění tvar i objem

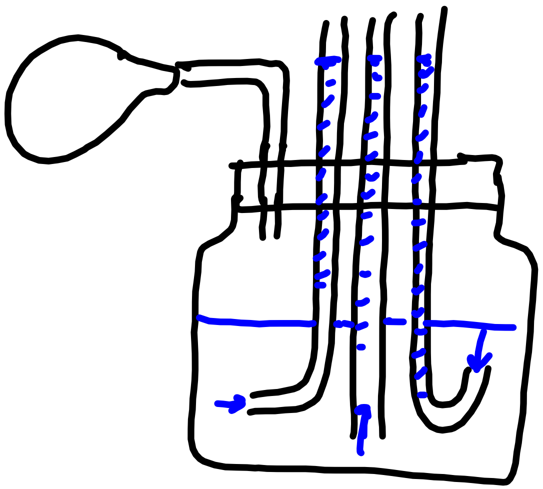
Hydromechanika – rovnovážný stav kapaliny.

tlak $p = \frac{F}{S}$

F ... tlaková síla působící kolmo na povrch kapaliny

$$[p] = \frac{N}{m^2} = N \cdot m^{-2}$$



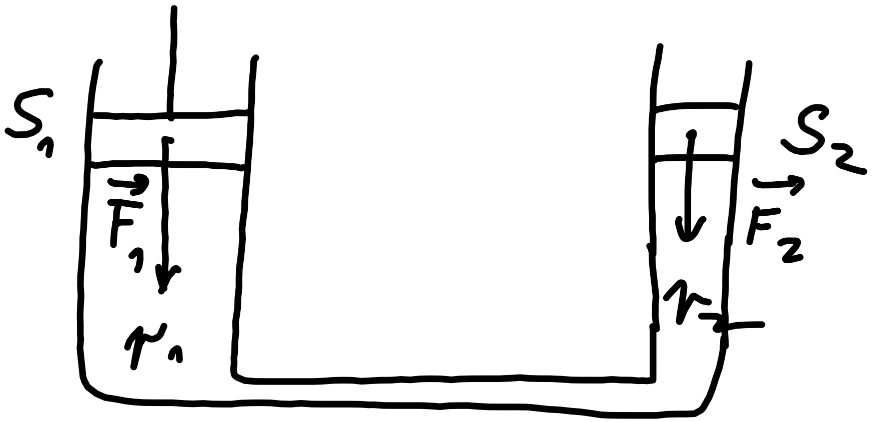


Pascalův zákon:

Tlak přenášený kapalinou je ve všech místech kapaliny stejný a nezávisí na směru vnější síly, která jej vyvolala.

(tlak nemá směr)

Hydraulický lis



$$p_1 = p_2$$

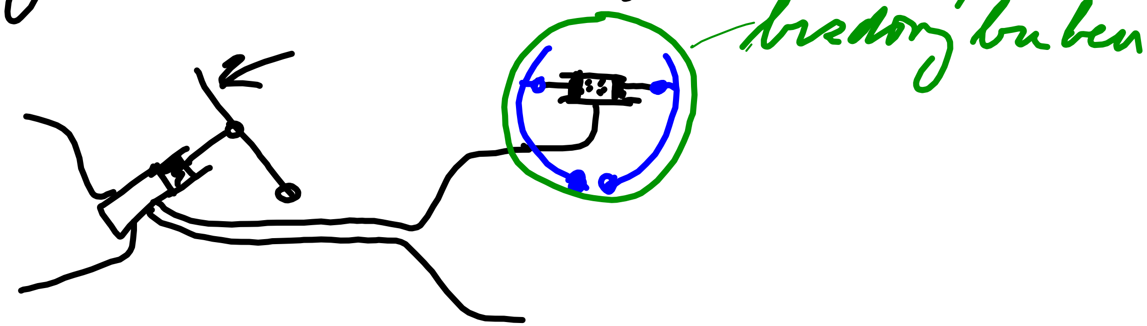
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$ nebo $$F_1 = \frac{S_1}{S_2} \cdot F_2$$

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1$$

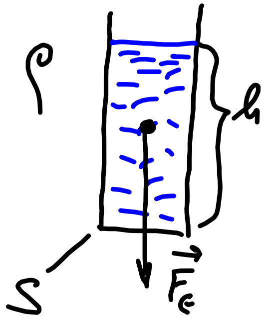
Hydraulická zařízení ...

hydraulické brzdy



Hydrostatický tlak

- tlak způsobený tíhou kapaliny



$$p = \frac{F_G}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{S} = h\rho g$$

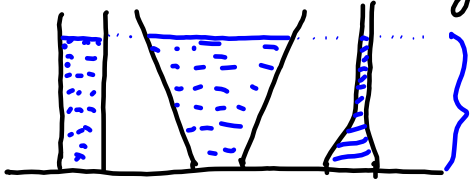
h

$$\underline{p = h \cdot \rho \cdot g}$$

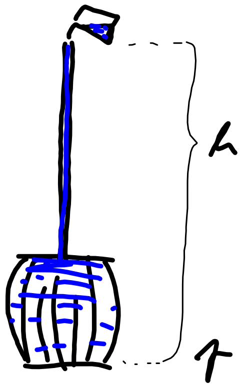
ρ ... hustota kapal.

h ... výška hladiny (hloubka pod hladinou)

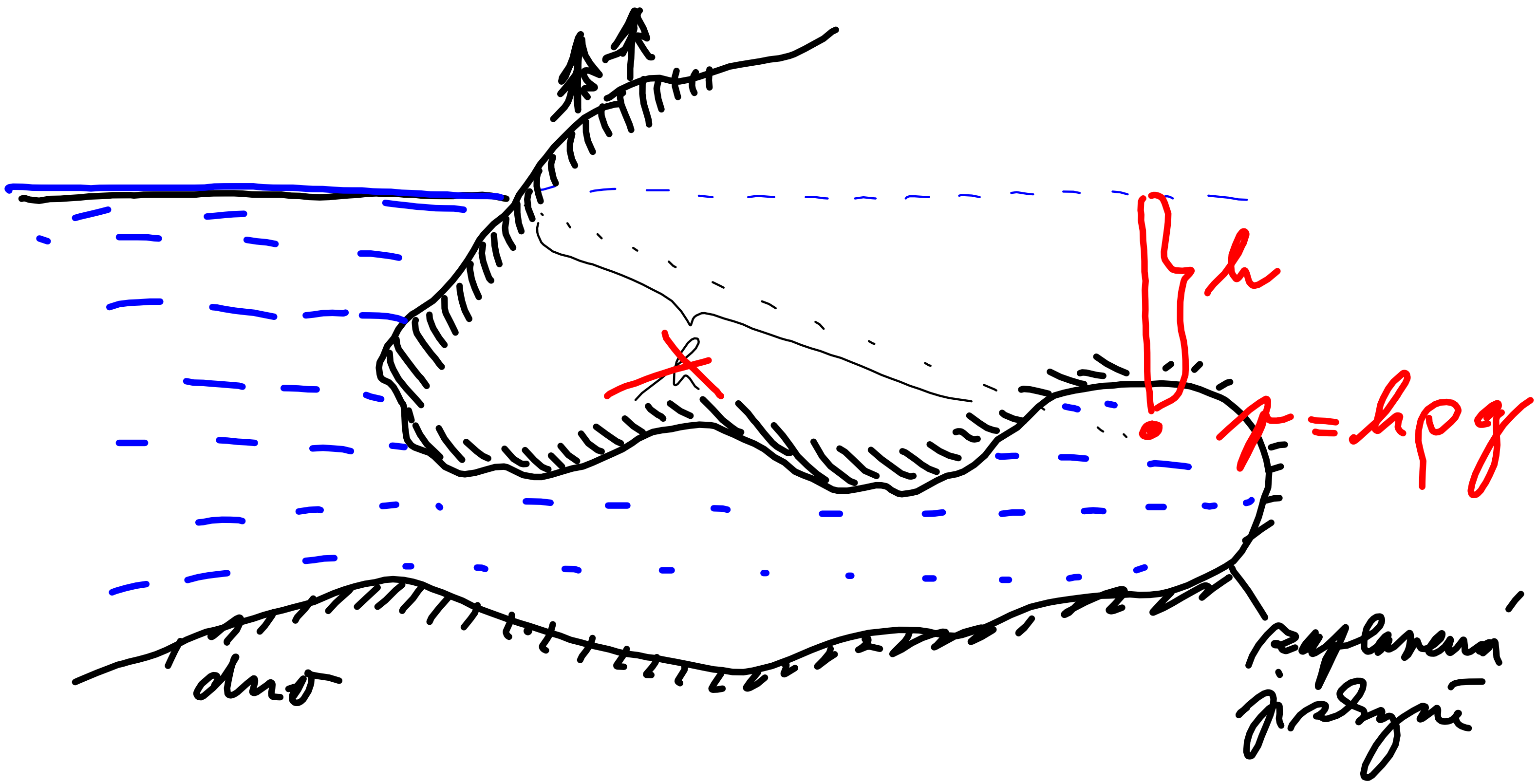
p ... závisí pouze na h (hloubce) ... nezávisí na tvaru nádoby



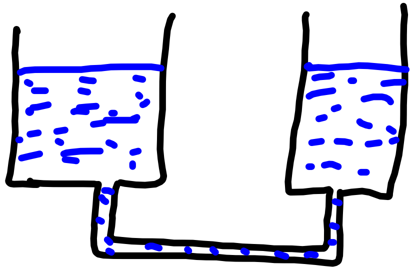
h (stejná h ⇒ stejný tlak tlak na dna)



$p = h\rho g$

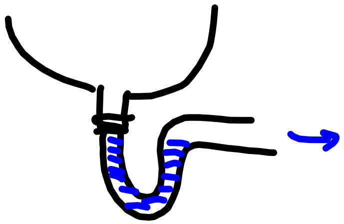

h
p = hρg
zaplavená jeskyně
dno

Spojené nádoby – viz ZŠ

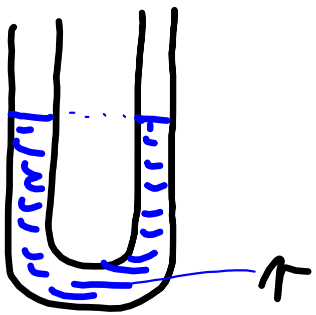


ve spojených nádobách vystoupí hladina do stejné výšky

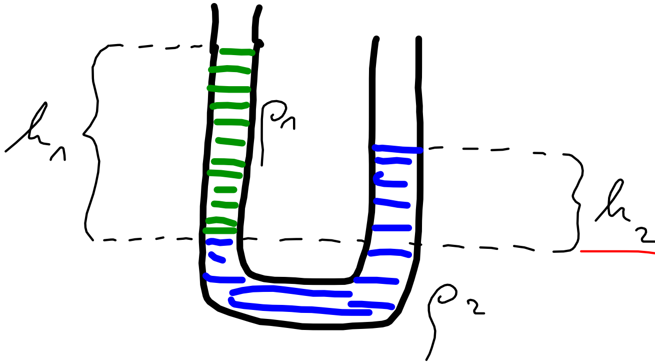
(splachovací komora, sifon
- vodní uzávěr



U - trubice



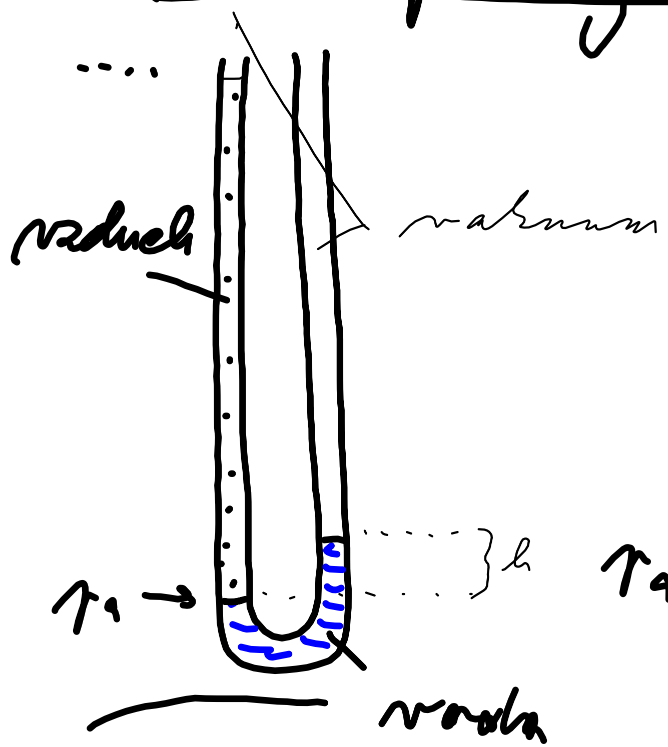
- s kapalinami různé hustoty



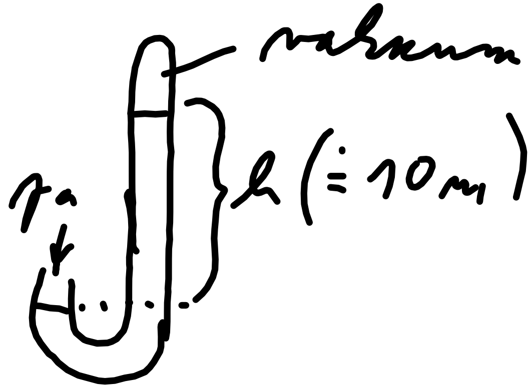
$$h_1 \rho_1 g = h_2 \rho_2 g$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

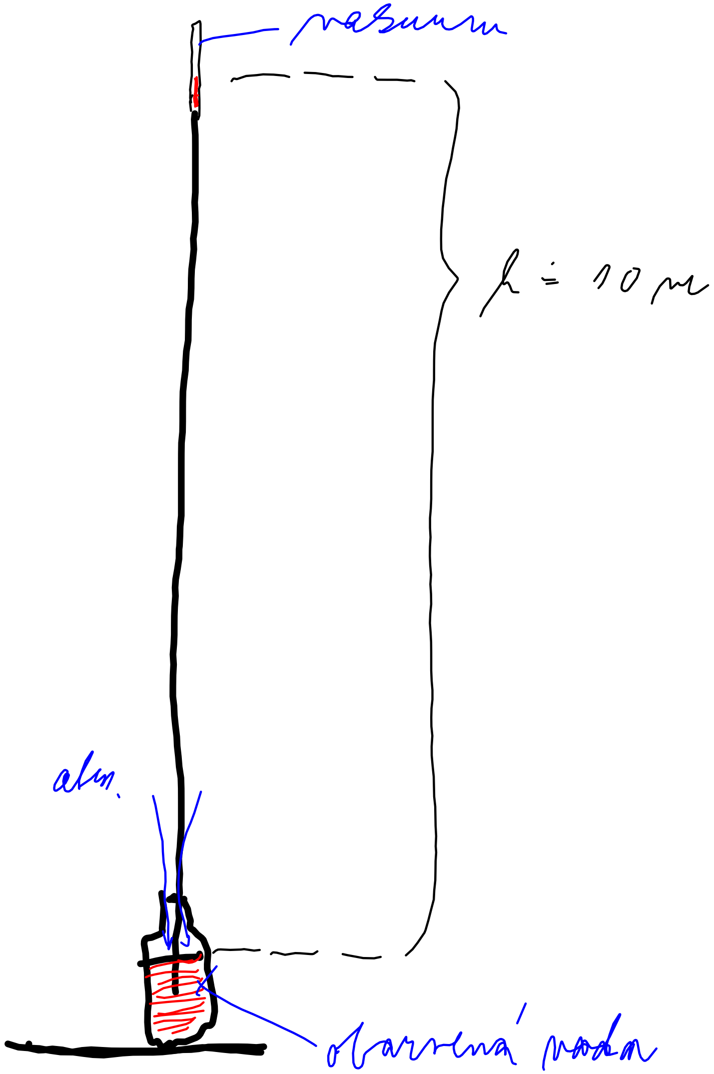
Tlak vzduchu vyvolaný tíhovou silou – atmosférický tlak p_a



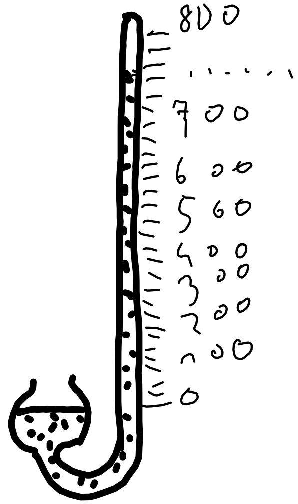
$$p_a = h\rho g$$



DÚ – úlohy do str. 188



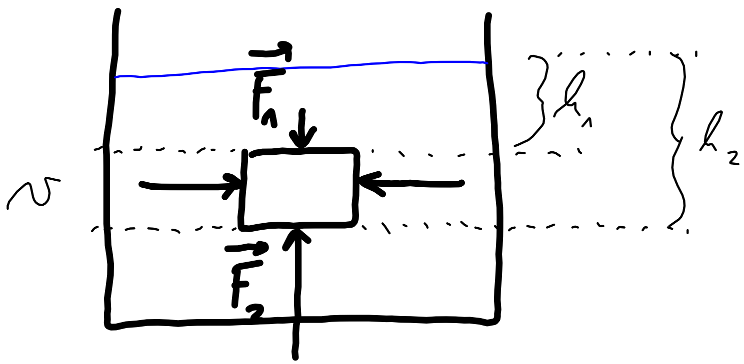
tohle se nedá -



760 mm Hg = 760 Torr

rtuťový barometr

Archimedův zákon



$\} \; h_2 - h_1 = v$ (výška kvádru)

hustota kapaliny

vztlaková síla:

$$F = F_2 - F_1 = p_2 \cdot S - p_1 \cdot S = h_2 \rho g \cdot S - h_1 \rho g \cdot S =$$

$$= \rho \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1) = \rho g \cdot \underbrace{S \cdot v}_{V} = \rho g \cdot V =$$

$$= \underbrace{\rho \cdot V}_{m} \cdot g$$ ... tíha kapaliny o objemu ponořené části tělesa

m – hmotnost kapaliny

DÚ - úlohy z učeb.

(dosazujte k daným úlohám)

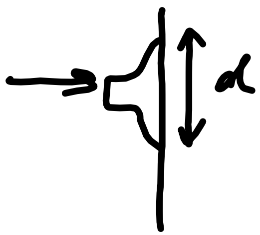
ú 3/187

$d = 4\,cm$

$r = 0{,}02\,m = 2 \cdot 10^{-2}\,m$

$F = ?$

$p = 10^5\,Pa$ $(1{,}01335 \cdot 10^5\,Pa)$



$F = p \cdot S = p \cdot \pi r^2 = 10^5 \cdot \pi \cdot 2^2 \cdot 10^{-4} = 40\pi\,N$

$F \doteq 125{,}66\,N \doteq 126\,N$

6/192

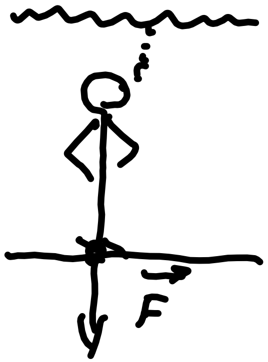
$m = 84\,kg$ $\qquad g \doteq 10\,m/s^2$

a) $\rho = 1000\,kg/m^3 \;\ldots\; F = 0$

b) $\rho = 1050\,kg/m^3 \qquad \rho_v = 1000\,kg/m^3$

$F = ?$

$\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$



$F = F_g - F_{vz}$

$F_g = m \cdot g$

$F_{vz} = V \cdot \rho_v \cdot g \qquad V = \frac{m}{\rho}$

$F = m \cdot g - \frac{m}{\rho} \cdot \rho_v \cdot g = \left(mg\left(1 - \frac{\rho_v}{\rho}\right) = \right)$

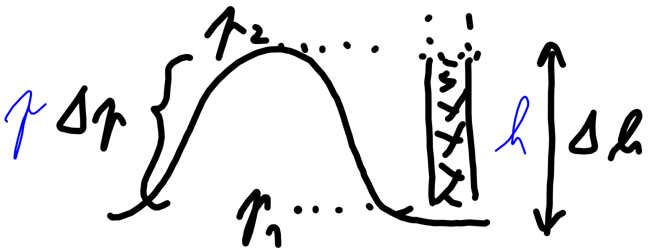
$\doteq 840 - \frac{840 \cdot 1000}{1050} = 840 - 800 = \underline{40\,N}$

4/188

$p_1 = 1020\,hPa = 1{,}02\cdot 10^5\,Pa$ $\quad \rho \doteq 1{,}3\,kg/m^3$

$p_2 = 955\,hPa = 0{,}955\cdot 10^5\,Pa$

$\Delta h = ?$



$\Delta p = \Delta h \rho g$ $\quad (p = h\rho g)$

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \doteq \frac{0{,}065\cdot 10^5}{1{,}3\cdot 10} = \frac{6500}{13} = \underline{\underline{500\,m}}$$

$\Delta p = p_1 - p_2 = (1{,}02 - 0{,}955)\cdot 10^5\,Pa = 0{,}065\cdot 10^5\,Pa$

(zanedbali jsme změnu hustoty vzduchu s výškou)

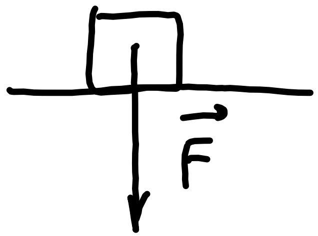
3/191

$F = ?$

$g = 10\,m/s^2;\ \rho = 1000\,kg/m^3$

$V = 6\,dm^3 = 6\cdot 10^{-3}\,m^3 = 0{,}006\,m^3$

$m = 15\,kg$



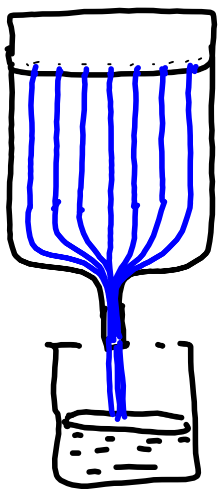
$$F = F_g - F_{vz} = mg - V\cdot\rho\cdot g =$$

$$= 15\cdot 10 - 0{,}006\cdot 1000\cdot 10 =$$

$$= 150 - 60 = \underline{90\,N}$$

Proudění tekutin

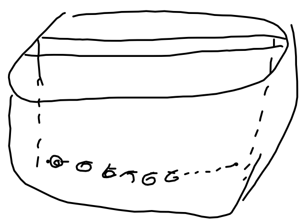
Ustálené proudění ... v daném místě je stálá rychlost proudění (velikost i směr)



proudnice ... trajektorie částice kapaliny

v ustáleném proudění se proudnice nekříží

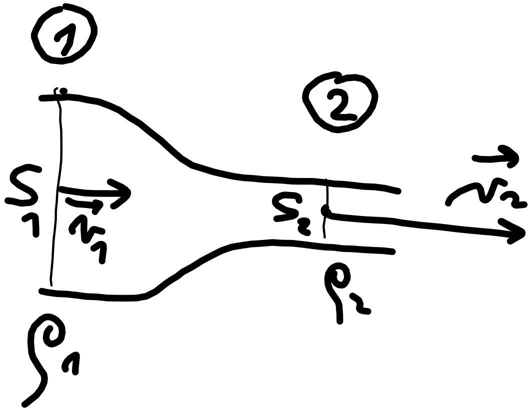
Proudová trubice - stěny jsou tvořeny proudnicemi



Proudové vlákno - kapalina, vymezená proudovou trubicí

Rovnice spojitosti

- při ustáleném proudění projde každým průřezem proudového vlákna stejné množství kapaliny



$$M_1 = M_2$$

$$V_1 \cdot \rho_1 = V_2 \cdot \rho_2 \quad \text{za } 1\,s$$

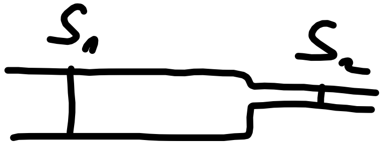
$$S_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1 = S_2 \cdot v_2 \, \rho_2 \quad \text{pro kapaliny}$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$\boxed{S_1 v_1 = S_2 v_2}$$

→ ve zúženém průřezu se zvýší rychlost.

Jakou rychlostí musí proudit voda v hadici o průřezu 4 cm² jestliže z trysky o průřezu 0,5 cm² má stříkat rychlostí 10 m/s?



$S_1 = 4\,cm^2$
$S_2 = 0{,}5\,cm^2$
$v_1 = ?$
$v_2 = 10\,m/s$

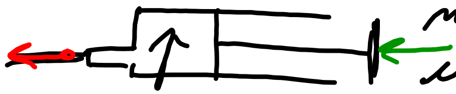
$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{S_2}{S_1} \cdot v_2 = \frac{0{,}5}{4} \cdot 10 = \frac{5}{4}\,m/s =$$

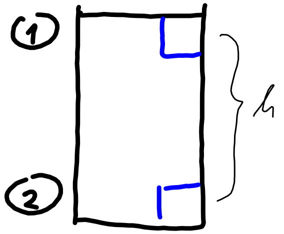
$$= \underline{\underline{1{,}25\,m/s}}$$

Tlaková energie

Př:



má voda ve stříkačce energii?



$E_p = m \cdot g \cdot h$

$E_p = 0$ (polohová) ... $p = h\rho g$

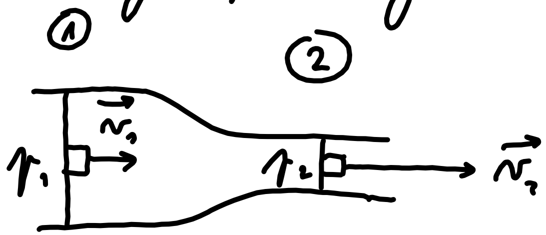
v místě ① i místě ② má „1 m³" stejnou úhrnnou energii (při přemístění ve vodě nekonáme práci)

ve stavu ② má jednotkový objem energii $h\rho g$ ... to je číselně rovno tlaku

- zavádíme tlakovou energii

Tlaková energie objemové jednotky je číselně rovna tlaku.

Bernolliho rovnice - zákon zachování mech. energie pro objemovou jednotku proudící kapaliny.



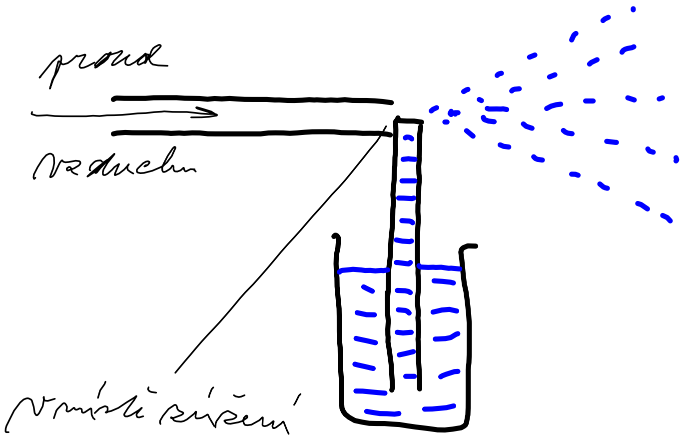
$$E_1 = E_2$$

$$\frac{1}{2}\rho_1 v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2}\rho_2 v_2^2 + p_2$$

pro kapalinu:

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho$$

pokus - rozprašovač:



vzroste rychlost proudu vzduchu => klesne tlak, to způsobí nasávání vody z nádoby.

Pr- 3/199

$S_1 = 50\,cm^2$ $\quad v_2 = ?$

$v_1 = 4\,m/s$ $\quad p_2 = ?$

$p_1 = 200\,kPa$ $\quad \rho = 1000\,kg/m^3$

$S_2 = 10\,cm^2$

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{S_1}{S_2} \cdot v_1 = \frac{50}{10} \cdot 4 =$$

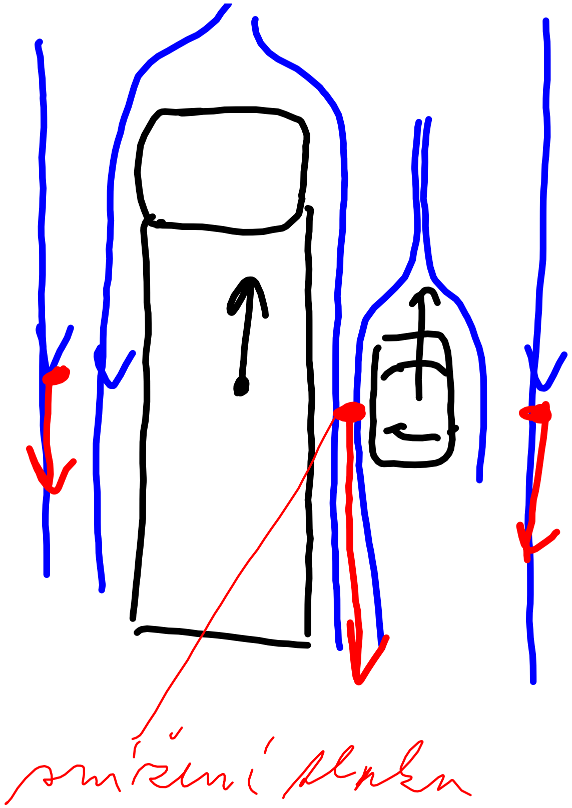
$$\underline{= 20\,m/s}$$

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2$$

$$p_2 = \frac{1}{2}\rho v_1^2 - \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_1 =$$

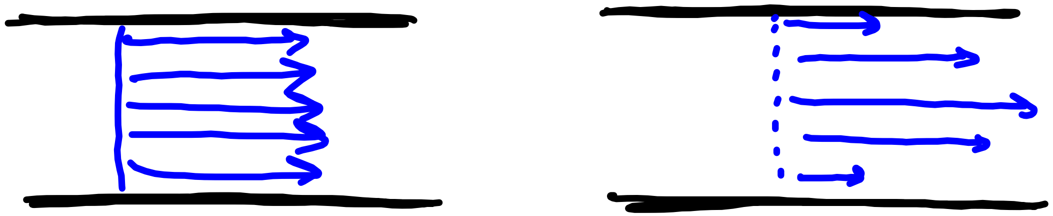
$$= 8000 - 200\,000 + 200\,000 = 8\,000\,P$$

$$\underline{p_2 = 8\,kPa}$$

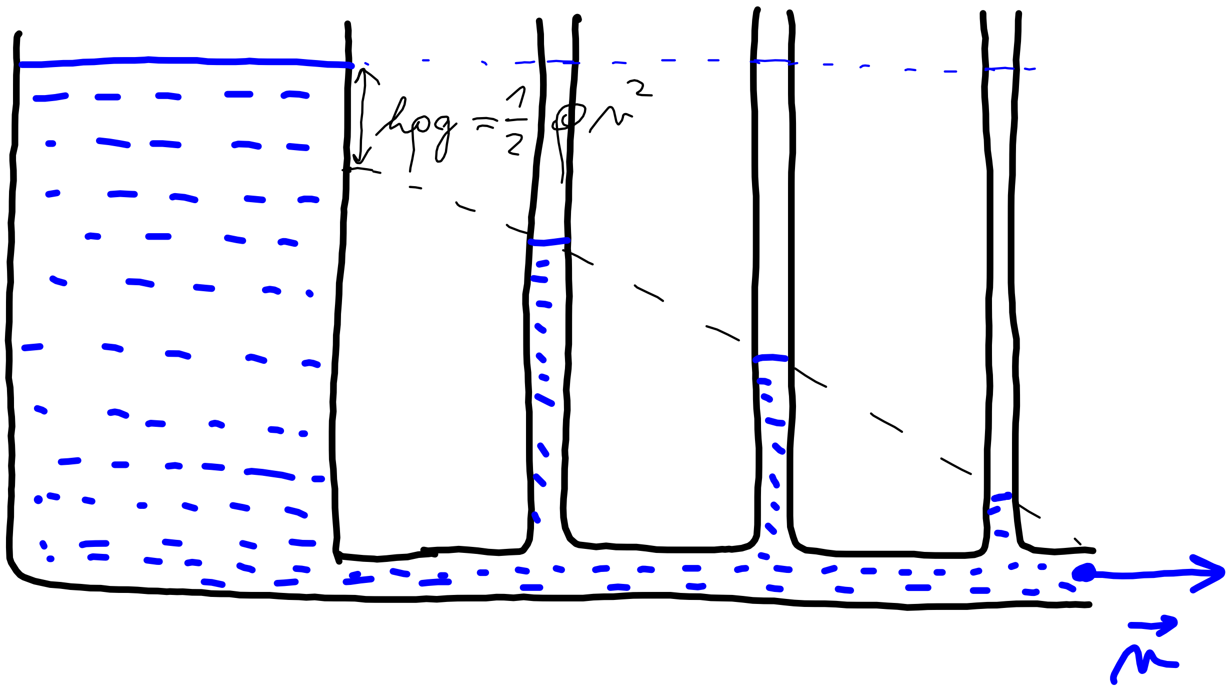

snížení tlaku

Proudění skutečné kapaliny

ideální reálná kap.



na stěnách kapalina ulpívá
(mezní vrstva, reálná kapalina má vnitřní tření – viskozita)

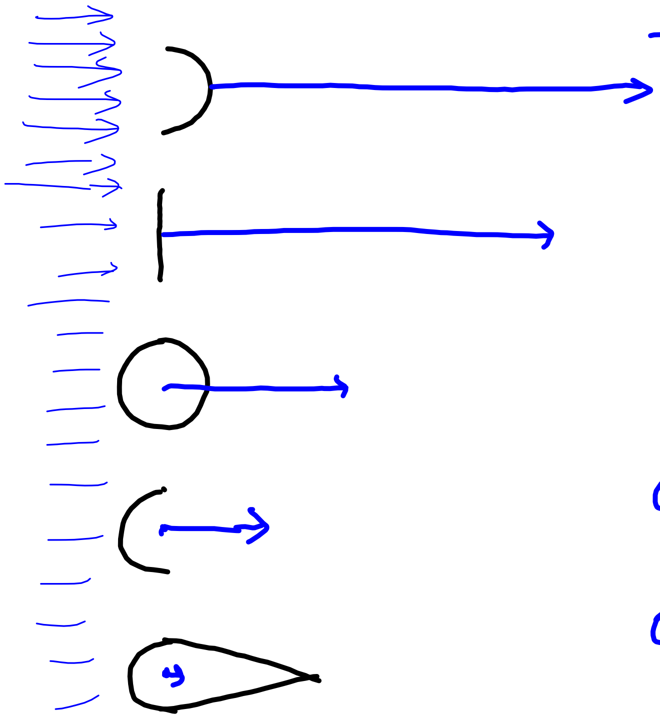


na konci trubice je $p = 0$

Obtékání těles (reálnou tekutinou)

- při obtékání těles na těleso působí odporové síly
- v kapal. - hydrodynamická odporová síla
- v plynech - aerodynamická — " —

při nižších rychlostech je obtékání laminární, při vyšších - turbulentní - odporová síla prudce vzroste odpor. síla závisí na tvaru tělesa



C
1,33
1,12
0,48
0,34
0,03

Newtonův vztah:

$$F = \frac{1}{2} C \cdot \rho \cdot S \cdot v^2$$

C ... součinitel odporu
S ... plocha čelního řezu
ρ ... hustota tekutiny

DÚ ... součinitel odporu karoserie automobilu ...

$v = 90\,km/h$

$S = 4\,m^2$

$C = 0{,}55$

$P = ?$

$P = F \cdot v$

$\vdots$

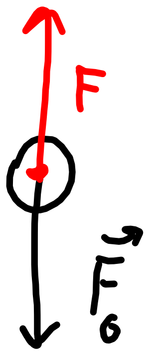
$P = 22\,kW$

$v = ?$ dov. brez

$d = 4{,}5\,mm$

$\rho_v = 1{,}3\,kg/m^3$

$\rho_{Pb} = 11340\,kg/m^3$



$$m \cdot g = \frac{1}{2} C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$$

$\vdots$

$v = \cancel{23{,}4\,m/s}$

$32{,}55\,m/s$

$$\frac{4}{3}\cancel{\pi} r^{\cancel{3}} \cdot \rho_0 \cdot g = \frac{1}{2} C \cdot \cancel{\pi} \cancel{r^2} \cdot \rho_v \cdot v^2$$

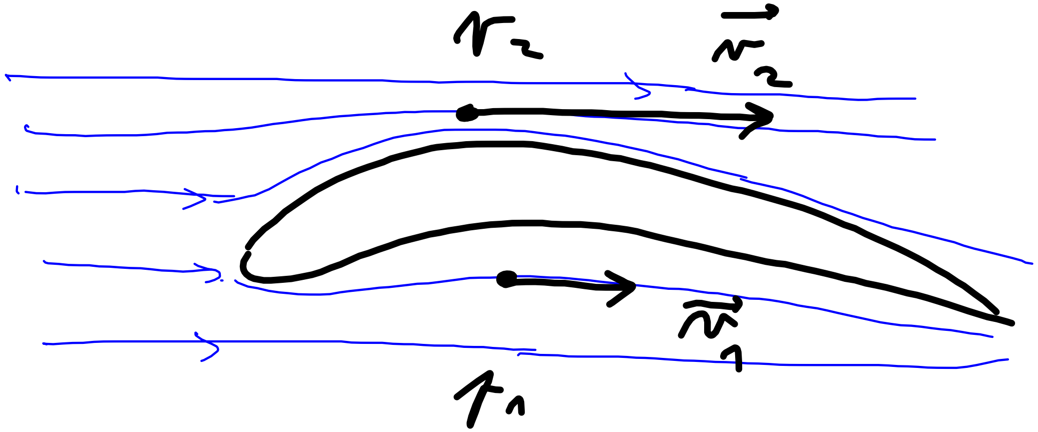
$$\frac{4}{3} r \cdot \rho_0 \cdot g = \frac{1}{2} C \cdot \rho_v \cdot v^2 \quad / \cdot \frac{6}{C \cdot \rho_v}$$

$$\frac{8 r \rho_0 \cdot g}{C \cdot \rho_v} = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{8 r \rho_0 g}{3 \cdot C \rho_v}} \doteq \sqrt{\frac{3209}{3}} \doteq 32{,}7 \text{ m/s}$$

Brok, padající ve vzduchu volným pádem dosáhne rychlosti asi 33 m/s.
(pozn. rychlost broku vystřeleného ze vzduchovky je asi 90 m/s.)

Aerodynamická vztlaková síla



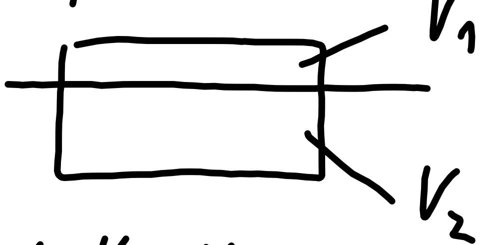
$$p_2 < p_1$$

$$F = (p_1 - p_2) \cdot S$$ S je plocha křídla

Ú 5/255

$\rho_V = 1030\,kg/m^3$

$\rho_L = 915\,kg/m^3$



$$X = \frac{V_1}{V} \doteq \frac{0{,}11165}{1} = \underline{\underline{11\%}}$$

$\underline{V = V_1 + V_2}$

napr. (izvolim) $V = 1\,m^3$

$$m \cdot g = V_2 \cdot \rho_V \cdot g$$

$$V \cdot \rho_L \cdot g = V_2 \cdot \rho_V \cdot g$$

$$915 = V_2 \cdot 1030$$

$$V_2 = \frac{915}{1030} \left(\doteq 0{,}888\,m^3\right) \Rightarrow V_1 = 1 - V_2 = 1 - \frac{915}{1030} \doteq 0{,}11165\,m^3$$

Molekulová fyzika a termika

pozn.

MECHANIKA
(klas)

Kinem. | Dynamika

s, v, t, a   F, M, p

pohyb. zákony
$F = m \cdot a$
zákony zachování (E, P)

} pro popis s malým počtem částic

Kin | Dyn
výše uvedené veličiny +
+ veličiny stavu systému
(stavové veličiny)

} popis soustav s velkým počtem částic

1. přístup ke zkoumání - termodynamický (zákony zachování, makroskopický popis jevů)
2. kinetická teorie stavby látek (statistické metody; základem je částicové složení látek)

Kinetická teorie stavby látky

Látka se skládá z částic (molekuly, atomy)

Částice jsou v neustálém pohybu
(chaotický, tepelný pohyb)

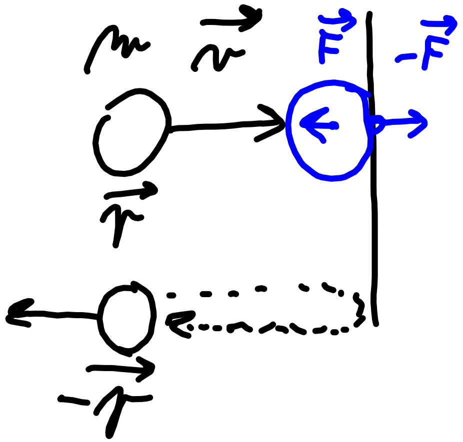
vzáj. půs ...

Difuze

+ Br. pohyb - opak DÚ

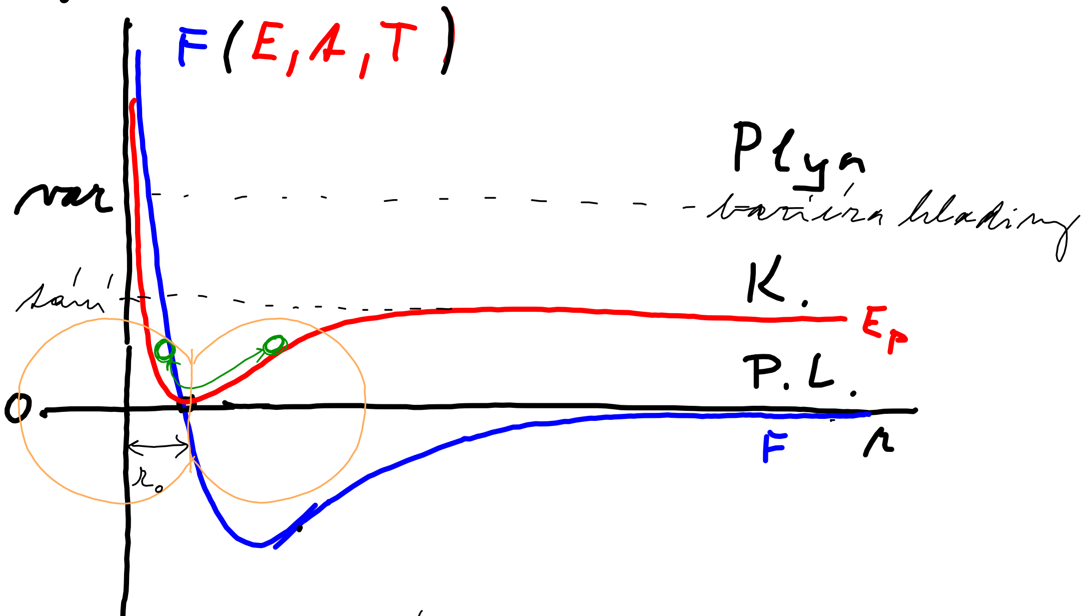
Tlak plynu

- je tvořen volnými částicemi, které na sebe a na stěny nádoby narážejí
- nárazy na stěnu nádoby se projevují tlakovou silou.



(změna hybnosti při kolmém nárazu má velikost $2p$)

závislost síly mezi dvěma částicemi v závislosti na jejich vzdálenosti



Situaci s potenciální energií si můžeme představit jako kuličku v důlku (důlek tvaru červené křivky)

Kulička ve velké vzdálenosti se chová jako volná částice - při nárazu „proletí důlkem", vykutálí se do výšky, zastaví a kutálí se zpět, opět se vykutálí z důlku - odraz částic.

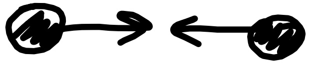
Když se v důlku zpomalí, bude kmitat kolem rovnovážné polohy jako částice pevné látky. ( )

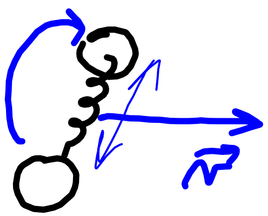
Skupenství (model struktury)

- Plynná látka - vzdálenosti částic jsou velké (30x větší než rozměr částic, řádově nanometry ... 3 nm)

Silové působení je zanedbatelné (dochází pouze k pružným srážkám)

Částice se chovají jako pružné koule nebo pružné soustavy koulí





Energie částice:

projevuje se jako teplo

- translační (posuvná) - projevuje se jako teplota
- rotační
- energ. kmitavého pohybu (energie vazby)

<u>Pevná látka</u> – částice vytváří krystal. strukturu nebo jsou amorfní (sklo, vosk)

Střed. vzdál. 0,2 - 0,3 nm – významně se projevují přitažlivé síly

– zachovává se tvar i objem! ($E_k < E_p$)

<u>Kapalná látka</u>

vzdál. srovnatelné se vzdál. v pevné látce.

– nejsou vázány pevně

(umístění rovnovážných poloh se často mění)

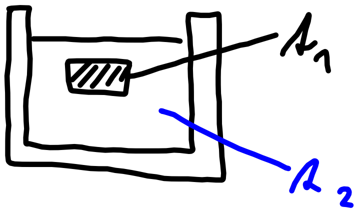
($E_p \doteq E_k$)

Plasma – soustava el. nabitých částic
(při vysokých teplotách se skládá
z volných elektronů a atomových jader)

Rovnovážný stav soustavy

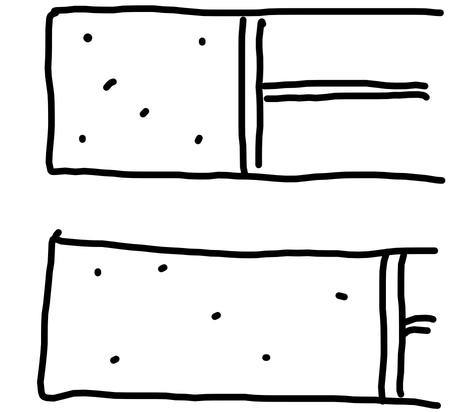
Termodynamická soustava (zkoumané těleso) - je určena stavovými veličinami tlak, teplota, objem (+ další E, m)
p, T, V

Každá soustava, která je v neměnných podmínkách, přejde po určité době do rovnovážného stavu (teplá kostka ve studené vodě ...)



... izolovaná soustava voda - kvádr

Probíhá-li soustava rovnovážnými stavy (které na sebe navazují), jedná se o <u>rovnovážný děj</u>



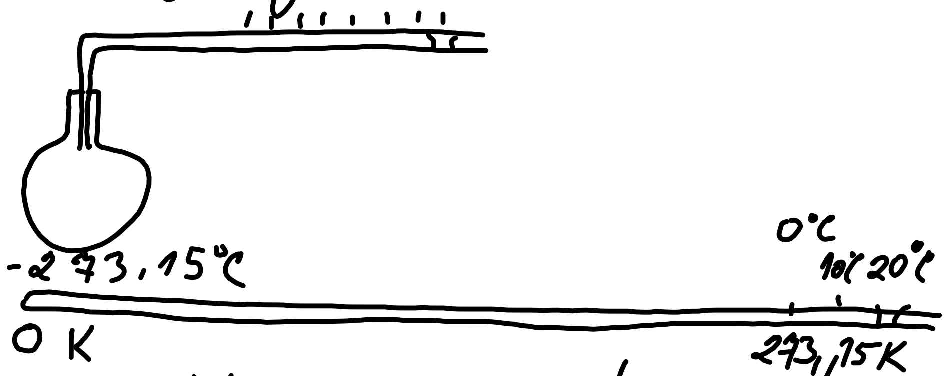
pomalý pohyb pístu

Termodynamická teplota

značení: ozn. T ; jednotka $1\,K$ (1 kelvin)

(t ... °C)

př. plynový teploměr



nejnižší teplota odpovídá nulovému objemu

Def. jednotky: $1\,K$ je $1/273{,}16$ díl termodynamické teploty trojného bodu vody.

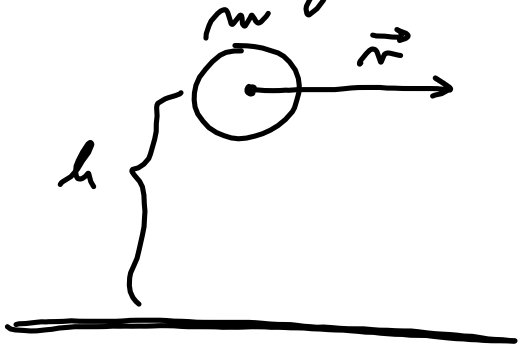
$$t = T - 273{,}15 \quad (°C)$$

$$T_A = 273{,}16\,K = 0{,}01\ °C$$ teplota trojného bodu vody

Vnitřní energie, práce a teplo

Celková energie $E = E_K + E_P$

Př.: energie míče (vzduchu v míči)



$E_{K1} = \frac{1}{2} m v^2$ ... energie makroskop. pohybu

$E_{K2} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots$ energie vnitřního pohybu částic

$E_K = E_{K1} + E_{K2}$

podobně pro

$E_P = E_{P1} + E_{P2}$

mgh — polohová energie částic (vzájemná)

$E_{K2} + E_{P2}$ ... <u>vnitřní energie</u>

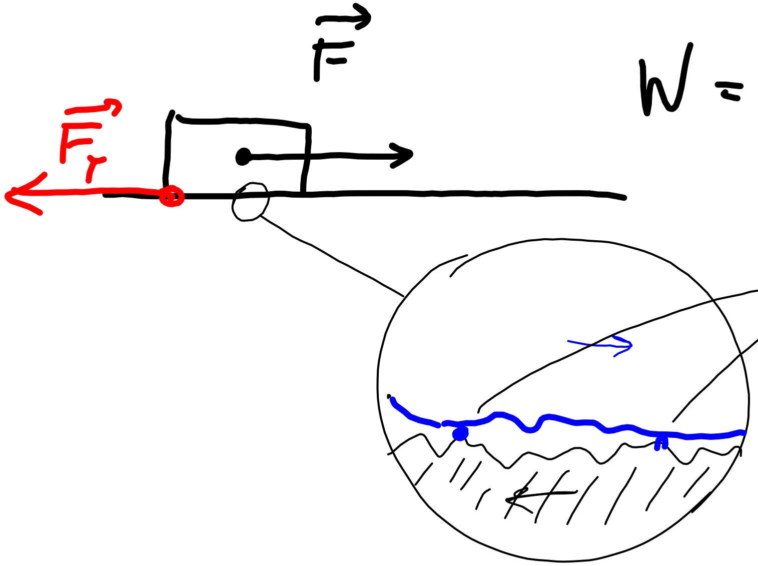
Ke změně vnitřní energie dochází:

a) konáním práce

b) tepelnou výměnou

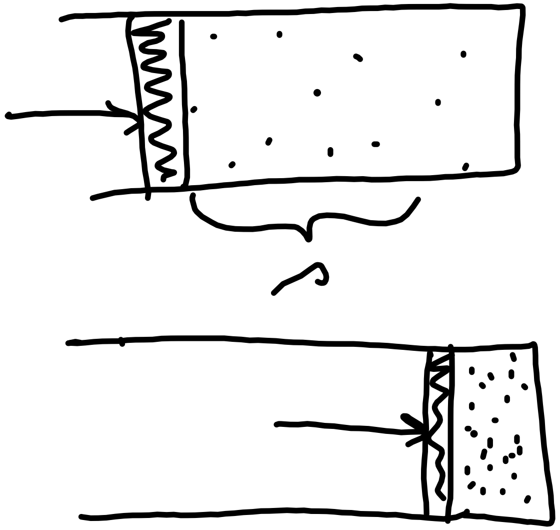
vznik tepla třením, nebo údery

$$W = F \cdot s = Q$$

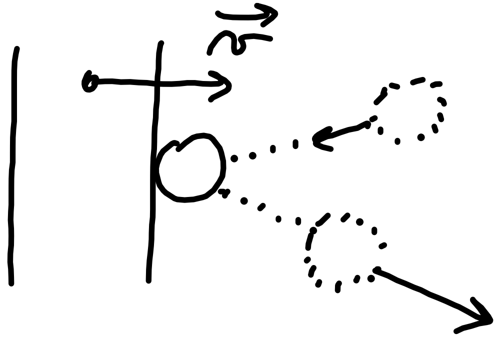


dochází k nárazům mezi nerovnostmi povrchu př. plyn ve válci uzavřený pístem

$F = p \cdot S$



$W = F \cdot s = Q$



$W = \Delta U$

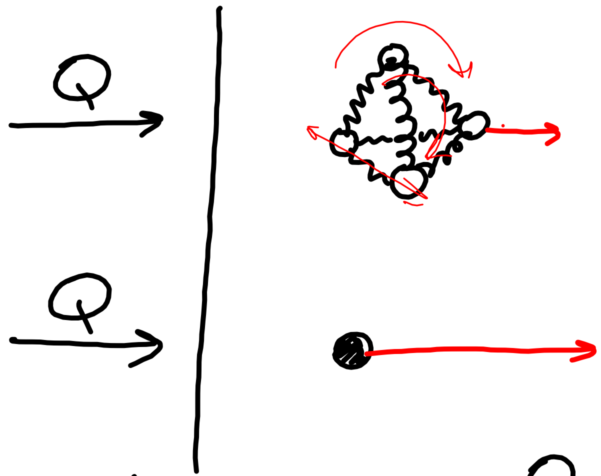
U ... vnitřní energie soustavy

ΔU ... změna vnitř. energ.

vykonaná práce se projeví jako změna vnitřní energie soustavy

Změna vnitřní energie při tepelné výměně
(opak. z niž. gymnázia; ZŠ)

Tepelná kapacita ozn. C ; jedn. $J/kg\,K$
$(J\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1})$



pomalé vyzařování tepla

rychlejší vyzáření tepla

tepelná kapacita $C = \frac{Q}{\Delta t}$ $\left(Q = C\cdot\Delta t\right)$

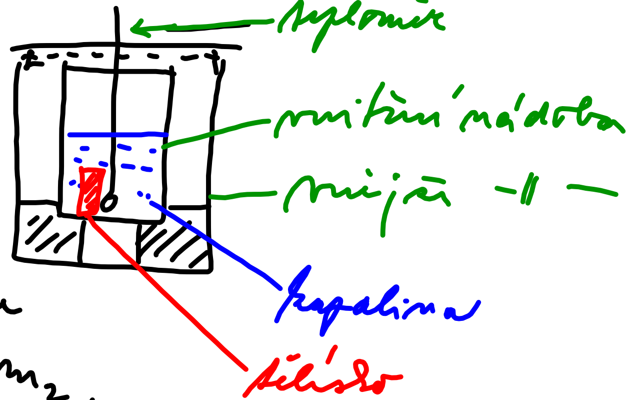
měrná tepelná kapacita $c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\cdot\Delta t}$

$$Q = c\cdot m\cdot\Delta t$$

$$Q = c\cdot m\cdot(t_2 - t_1)$$

Kalorimetrická rovnice

Kalorimetr –



např. do kalorimetru s vodou o hmotnosti m_2 a teplotě t_2 vložíme těleso o hmotnosti m_1 a tepl. t_1. Kapalina má měrnou tepelnou kapacitu c_2 a těleso c_1 a C je tepelná kapacita kalorimetru. t je výsledná teplota.

Q_1 … množství tepla, které odevzdá těleso

Q_2 … –"– které přijme kapalina s kalorimetrem

$$Q_1 = Q_2$$

$$c_1 \cdot m_1 (t_1 - t) = c_2 \cdot m_2 \cdot (t - t_2) + C \cdot (t - t_2)$$

(nebo: $c_1 m_1 (t - t_1) = c_2 m_2 \cdot (t_2 - t) + C(t_2 - t)$

pro $t_1 < t_2$; rovnice jsou ekvivalentní)

Př.: Spočtětě výslednou teplotu kalorimetru (o tepelné kapacitě 90 J/K) s 200g vody, do které ponoříme 100g hliníkovou kostlu o teplotě 60 °C. Počáteční teplota vody v kalorimetru je 20 °C a měrná tepelná kapacita hliníku je 896 J/kgK a vody 4200 J/kgK.

$c_1 = 896\ \mathrm{J/kgK}$ $\quad c_2 = 4200\ \mathrm{J/kgK}$ $\quad C = 90\ \mathrm{J/K}$

$m_1 = 100\,\mathrm{g} = 0{,}1\,\mathrm{kg}$ $\quad m_2 = 200\,\mathrm{g} = 0{,}2\,\mathrm{kg}$

$t_1 = 60\,°\mathrm{C}$ $\quad t_2 = 20\,°\mathrm{C}$

$t = ?$

$$c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t) = c_2 \cdot m_2 (t - t_2) + C (t - t_2)$$

$$896 \cdot 0{,}1 (60 - t) = 840 (t - 20) + 90 (t - 20)$$

$$89{,}6 (60 - t) = 930 (t - 20)$$

$$5376 - 89{,}6 t = 930 t - 18600$$

$$23976 = 1019{,}6 t$$

$$\underline{t = 23{,}52\,°\mathrm{C}}$$

ú 6/49 ($\Delta E = ?$)
$\Delta U = ?$

$m = 250\ kg$
$h = 5\ m$
$F = 2700\ N$
$g = 9{,}8\ m/s^2$

$W = F \cdot h$
$E_p = mgh$
$\Delta U = W - E_p = F \cdot h - mgh = 2700 \cdot 5 - 250 \cdot 9{,}8 \cdot 5 =$
$= \underline{\underline{1250\ J}} = 1{,}25\ kJ$

ú 5/54

⋮

$$\underline{Q = 9{,}4\ MJ} = 9{,}4 \cdot 10^6\ J$$

$t = ?$ $P_0 = 2{,}5\ kW$ (příkon)

$\eta = 0{,}9\ (90\%)$

výkon $P = P_0 \cdot \eta = 2{,}5 \cdot 0{,}9 = 2{,}25\ kW = 2{,}25 \cdot 10^3\ W$

$Q = W = P \cdot t$

$Q = P \cdot t$

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{9{,}4 \cdot 10^6}{2{,}25 \cdot 10^3} \doteq 4{,}18 \cdot 10^3\ s \doteq 69{,}6\ min$$

6/54 m $c \doteq 4200\ J/kgK$

$h = 60\ m$

$\Delta t = ?$

$E_p = Q$

$mgh = c \cdot m \cdot \Delta t$

$$\Delta t = \frac{\cancel{m}gh}{c \cdot \cancel{m}} = \frac{g \cdot h}{c} \doteq \frac{10 \cdot 60}{4200} = \frac{1}{7} \doteq \underline{\underline{0{,}14\ K}}$$

1. zákon termodynamiky (1. hlavní věta TD)

$$\Delta U = W + Q$$

změna vnitřní energie — práce vykonaná na soustavě — teplo dodané soustavě

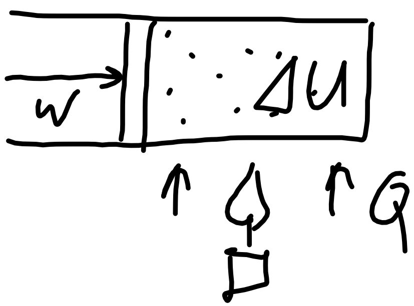
(jinak: „platí zákon zachování mech. energie“
„neexistuje perpetuum mobile 1. druhu“)

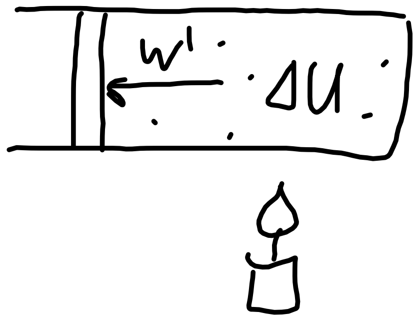
$$Q = \Delta U - W \qquad W' = -W$$

W' … práce vykonaná soustavou

- $Q = \Delta U + W'$

…





Adiabatický děj ($Q = 0$ ... plyn je tepelně izolovaný – nedochází k tepelné výměně)

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

$$Q = 0$$

$$\underline{\Delta U = W}$$

práce vykonaná plynem

Struktura a vlastnosti plynného skupenství

(plyn má nejjednodušší strukturu)

Ideální plyn : jeho částice

1 – jsou zanedbatelně malé
2 – nepůsobí na dálku
3 – dochází jen k dokonale pružným srážkám

(potenciální energie částic je nulová)

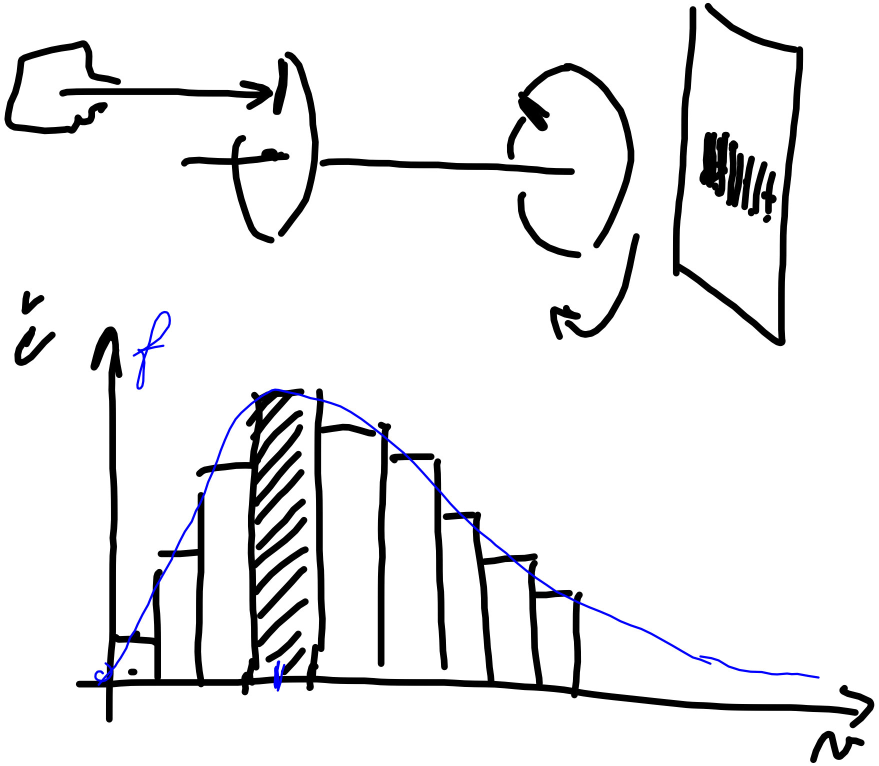
pozn. za normálních podmínek lze většinu plynů považovat za ideální

$\approx 0\,°C\,;\ 10^5\,Pa$

Rozdělení molekul plynu podle rychlosti

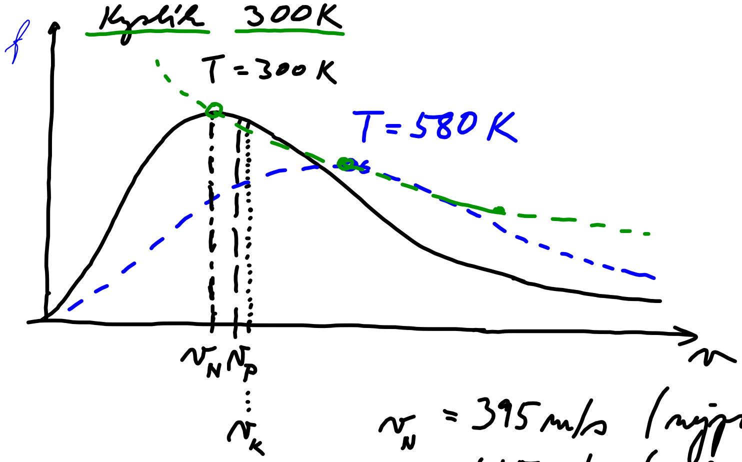
dú - poznámky viz sešit

„Lammertův pokus"



6.1. 2017

Kyslík 300K



$v_N = 395\ m/s$ (nejpravděp. rychl.)

$v_p = 445\ m/s$ (průměrná – " –)

$v_K = 483\ m/s$ (střední kvadratická rychl.)

$$v_K^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \ldots}{N} \quad / \quad E = \frac{\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \ldots}{N}$$

$E_0 = \frac{1}{2} m_0 \cdot v_K^2$ … střed. hodnota transl. kin. energ. připadající na jednu částici

z měření vychází:

$$T \sim E_0$$

$$T = konst. \cdot E_0$$

$$T = \frac{2}{3k} \cdot E_0 = \frac{\cancel{2}}{3k} \cdot \frac{1}{\cancel{2}} m_0 \cdot v_K^2 = \frac{m_0 v_K^2}{3k}$$

$$E_0 = \frac{3}{2} k T$$

$$\frac{1}{2} m_0 v_K^2 = \frac{3}{2} k \cdot T$$

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ J \cdot K^{-1}$ je Boltzmannova konst.

Př: $T = 300\,K \quad v_k = ?$

$O_2 \ldots m_0 \doteq$

$M_m(O_2) = 32\,g = 3{,}2 \cdot 10^{-2}\,kg$

$N_A \doteq 6{,}02\ 10^{23}\,mol^{-1}$

$$\frac{1}{2} m_0 v_k^2 = \frac{3}{2} k T$$

$$k \doteq 1{,}38 \cdot 10^{-23}\,J/K$$

$$m_0 = \frac{M_m(O_2)}{N_A} = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-2}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = 0{,}53 \cdot 10^{-25}\,kg$$

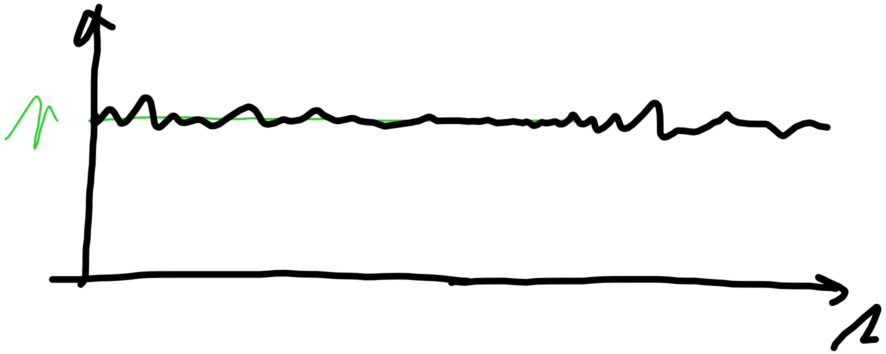
$$\frac{1}{2} m_0 v_k^2 = \frac{3}{2} k T \Big/ \cdot \frac{2}{m_0}$$

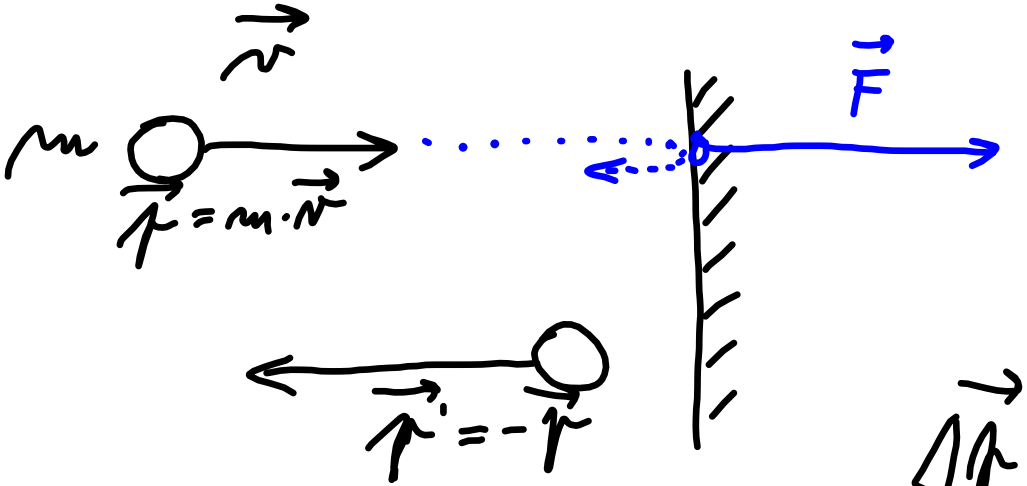
$$v_k^2 = \frac{3kT}{m_0} = \frac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 300 \cdot 10^{-23}}{0{,}53 \cdot 10^{-25}} = \frac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 300}{0{,}53} \cdot 10^2 = \doteq 240000$$

$$v_k \doteq \sqrt{240000} = \sqrt{24 \cdot 10^4} =$$

$$\underline{\underline{v_k = 484\,m/s}}$$

Tlak plinov





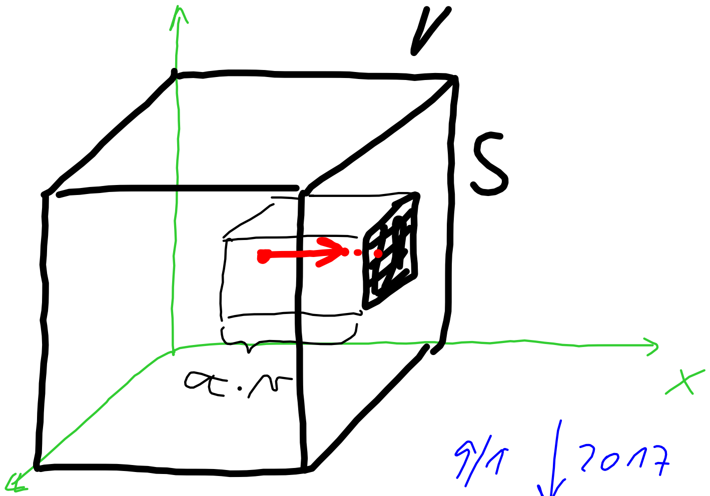
$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{t}$$

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

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

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

$$\Delta p = 2p$$



V ... objem plynu

N ... počet částic (v objemu V)

v ... rychlost částic

N' ... počet částic, které dopadnou na plochu S za dobu τ

N_v ... objemová hustota částic

m_0 ... hmotnost částic

9/1 2017

změna hybnosti při jednom nárazu: $\Delta p = 2m_0 v$

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

$$N' = \underbrace{v \cdot \tau \cdot S}_{\text{objem}} \cdot N_v \cdot \frac{1}{6}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{\Delta p \cdot N'}{\tau}}{S} = \frac{N' \cdot 2 \cdot m_0 v}{\tau \cdot S} = \frac{v \cdot \cancel{\tau} \cdot \cancel{S} \cdot N_v \cdot \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot m_0 v}{\cancel{\tau} \cdot \cancel{S}} =$$

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

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

$$p = \frac{1}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot m_0 v^2$$ ... za v dosadíme v_K

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

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

$$p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{1}{2} m_0 v_K^2 \qquad E_K = N \cdot E_0$$

$$\boxed{p \cdot V = \frac{2}{3} \cdot E_K}$$ ... základní rovnice pro ideální plyn

$$E_0 = \frac{3}{2} k \cdot T$$

Stavová rovnice pro id. plyn

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

konstanta úměrnosti

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

$\boxed{p \cdot V = N \cdot k \cdot T}$

V_0 ... objem připadající na jednu částici

$\boxed{p \cdot V_0 = k \cdot T}$

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

V_m ... molární objem

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

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

$\boxed{p \cdot V_m = R \cdot T}$

$R = N_A \cdot k$ ... molární plynová konstanta

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

n ... látkové množství

$k \doteq 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ J \cdot K^{-1}$ ... Boltzmannova konstanta

$N_A \doteq 6{,}02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$

$R \doteq 8{,}31\ J \cdot K^{-1} mol^{-1}$

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

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

1 ... V_1, p_1, T_1

2 ... V_2, p_2, T_2

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

Př: Při teplotě $-5\,°C$ je tlak v pneumatice $3\cdot10^5\,Pa$. Jaký bude tlak při teplotě $15\,°C$?

$p_1 = 3\cdot10^5\,Pa$

$p_2 = ?$

$V_1 = V_2$

$T_1 \doteq 268\,K$

$T_2 = 288\,K$

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{3\cdot10^5 V_2}{268} = \frac{p_2\cdot V_2}{288}$$

$$p_2 = \frac{288}{268}\cdot3\cdot10^5 = $$

$$\doteq 1{,}0746\cdot3\cdot10^5\,Pa = $$

$$\underline{\underline{\doteq 3{,}22\cdot10^5\,Pa}}$$

Tlak v pneumatice se zvýší na $3{,}22\cdot10^5\,Pa$.

Ú 5/81 $V = 2{,}5\,\ell = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\,m^3$

$t = -13\,°C$ $T = 260\,K$

$p = ?$

$N = 10^{24}$

$$\boxed{p \cdot V = N \cdot k \cdot T}$$

Ú 6/81 $m = 1\,g$ CO_2

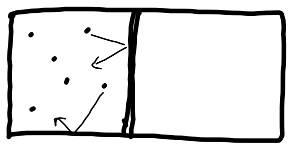
$t = 21\,°C$ $294\,K$

$p = 1\,kPa$

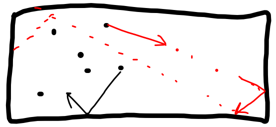
$$pV = n \cdot R \cdot T \qquad n = \frac{m}{M_m}$$

Tepelné děje v ideálním plynu

př. (1)

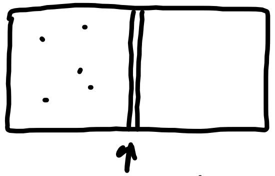


přepážku odstraním – po určitém čase

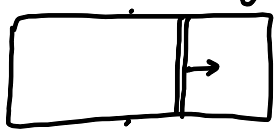


rovnoměrně zaplní celou nádobu
– přejde do stavu termodynamické rovnováhy

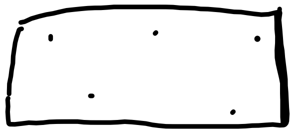
(2)



píst, který se pomalu přesune – zajistí,



že plyn prochází stavy termodynamické rovnováhy.



– takovým změnám říkáme tepelné děje.

Tepelné děje

Izotermický děj

– děj v plynu při němž je stálá teplota

T ... stálá

p, V ... se mění

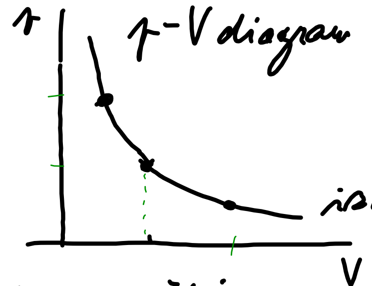
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ – konst.

$p \cdot V = \text{konst}$ (zákon Boyleův-Mariottův: při stálé teplotě je součin tlaku a objemu stálý)

nebo

$p_1 V_1 = p_2 V_2$

p-V diagram



(pozn. při izotermickém ději udržujeme stálou teplotu plynu zahříváním nebo ochlazováním)

(příkl. viz učebnice D.ú.)

Izochorický děj – děj, při kterém se nemění objem plynu.

$V \dots$ konst.

$p, T \dots$ mění se

$$\left(p \cdot V = n R . T \quad / \cdot \frac{1}{V \cdot T} \right.$$

$$\left. \frac{p}{T} = \frac{n . R}{V} = \text{konst} \right)$$

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

… při izochorickém ději je podíl tlaku a termodyn. teploty konstantní (zákon Charlesův.)

Př: Počáteční (přetlak) tlak vzduchu v pneumatice je $2{,}2 \cdot 10^5\,Pa$ při teplotě vzduchu $10\,°C$. Jaký bude přetlak při teplotě $50\,°C$?

(izochor. děj)

atm. tlak

$p_1 = 2{,}2 \cdot 10^5 + 10^5\,Pa = 3{,}2 \cdot 10^5\,Pa$

$t_1 = 10\,°C$

$T_1 \doteq 283\,K$

$T_2 \doteq 50 + 273 = 323\,K$

$p_2 = ?$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot p_1 = \frac{323}{283} \cdot 3{,}2 \cdot 10^5 =$$

$$\doteq 1{,}14 \cdot 3{,}2 \cdot 10^5 \doteq \underline{\underline{3{,}65 \cdot 10^5\,Pa}}$$

přetlak bude $\underline{2{,}65 \cdot 10^5\,Pa}$

Izobarický děj - tlak plynu je stálý

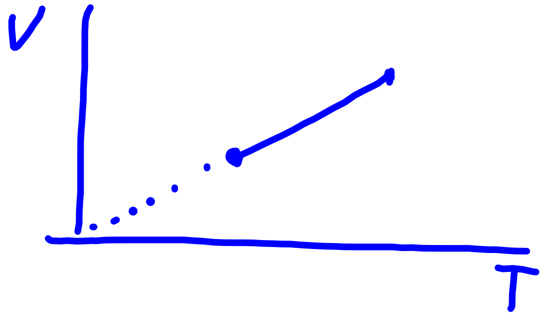
p ... stálý

V, T ... se mění

$$\boxed{pV = n \cdot R \cdot T}$$

$$\frac{V}{T} = konst$$

pozn. $V = konst. T$



Při izobarickém ději je objem plynu přímo úměrný termodynamické teplotě (zákon Gay-Lussacův)

Stavová rovnice pro reálný plyn

reálný plyn ... objem molekul plynu ... b

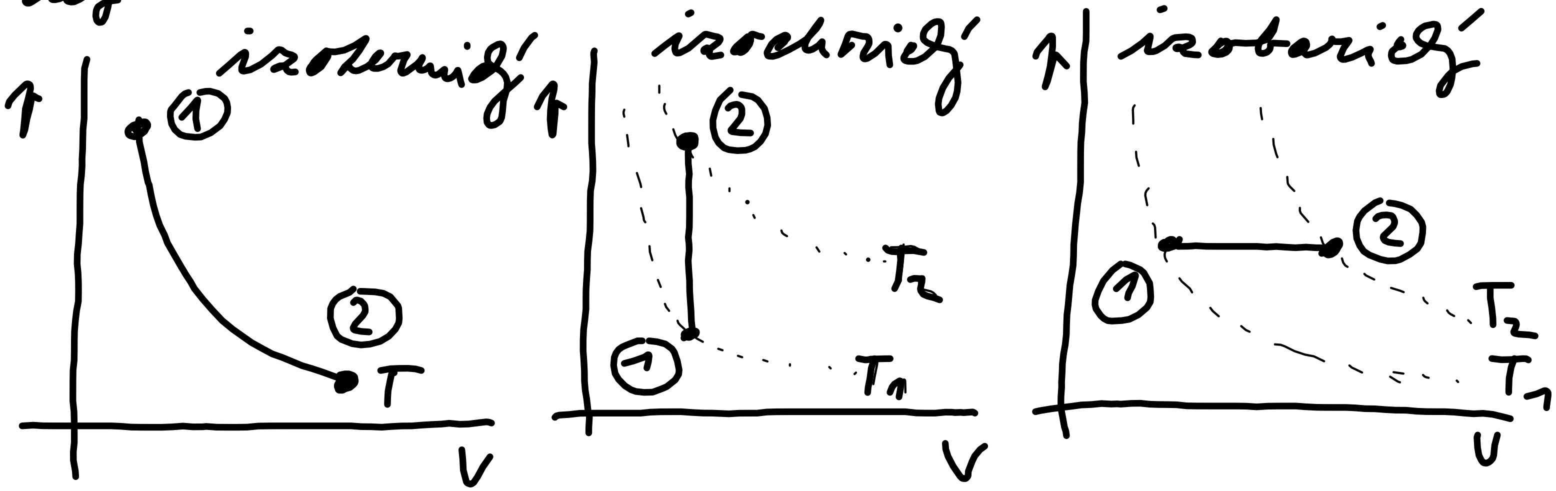
kohezní tlak ... a

V : $V - b$

p : $p + a$

$(p+a)\cdot(V-b) = n R\cdot T$ ... Van der Waalsova rovnice p-V diagramy

děj



1 stav 1

2 stav 2

PF: 3/88

$t_1 = -20°C$ $T_1 = 253 K$

$t_2 = ?$

$V_2 = 1,5 \cdot V_1$

$p_1 = p_2$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{\cancel{V_1}}{253} = \frac{1,5\,\cancel{V_1}}{T_2} \quad / \cdot T_2 \cdot 253$$

$T_2 \doteq 379,5 K$

$t_2 \doteq 106,5 °C$

odvození G-L zák.

$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad / \cdot \frac{1}{p \cdot T}$ $\underline{p \dots konst}$

$$\frac{V}{T} = \underbrace{\frac{n \cdot R}{p}}_{konst.}$$

$$\frac{V}{T} = konst.$$

(pozn. $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$)

Tepelné děje z hlediska energie

(opak.: $\Delta U = Q + W'$ ... Q dodané teplo
W' práce vykonaná na plyn

$\Delta U = Q - W$

$Q = \Delta U + W$ W ... práce vykonaná plynem)

Izobarický děj

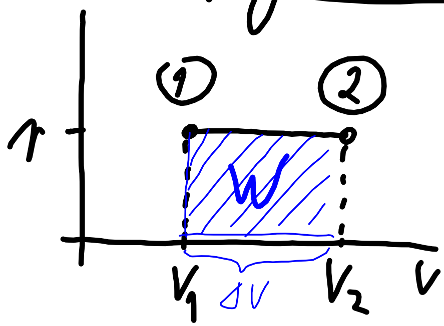
$Q_p = c_p \cdot m \cdot \Delta T$

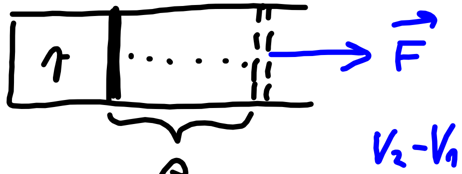
$Q_p = \Delta U + W$

$Q_p = \Delta U + p \cdot (V_2 - V_1)$

$c_p \cdot m \cdot \Delta T = \Delta U + p\Delta V$

c_p ... měrná tepelná kapacita při stálém tlaku





$V_2 - V_1 = \Delta V$

$F = p \cdot S$

$W = F \cdot s = p \cdot \underbrace{S \cdot s}_{V_2 - V_1 = \Delta V}$

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

$W = p \cdot \Delta V$

Izochorický děj

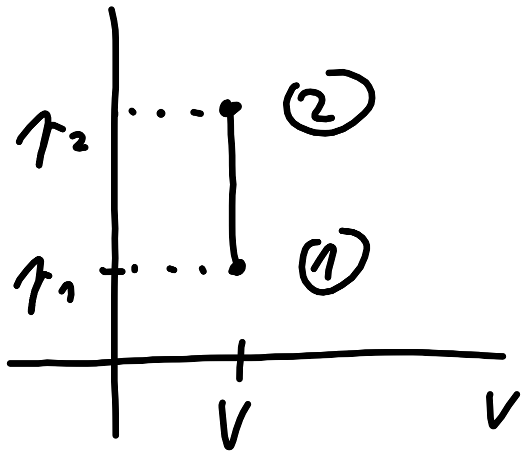
$W = 0$ (nemění se objem)

$Q_V = \Delta U$

$Q_V = c_V \cdot m \cdot \Delta T$

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

c_V ... měrná tepelná kapacita při stálém objemu

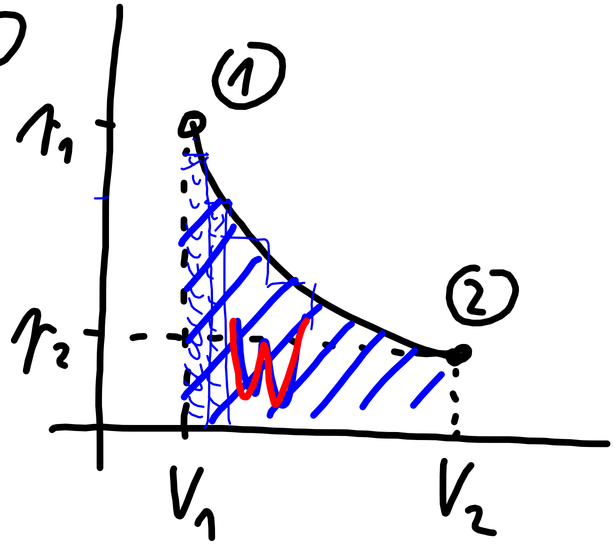


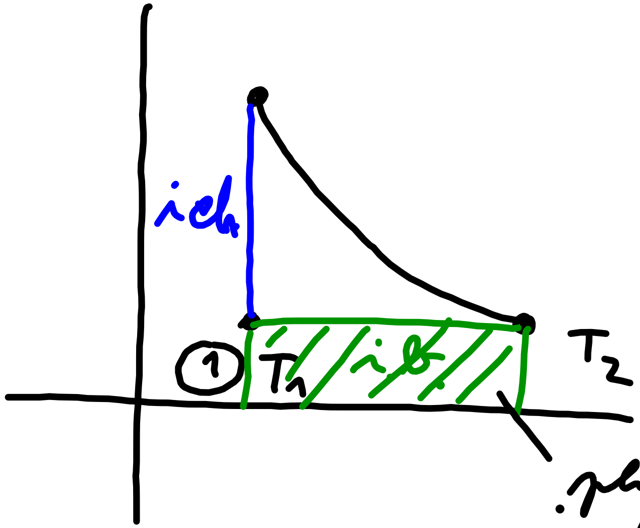
Izotermický děj

T se nemění => $\Delta U = 0$

$(Q = \Delta U + W)$

$Q = W$

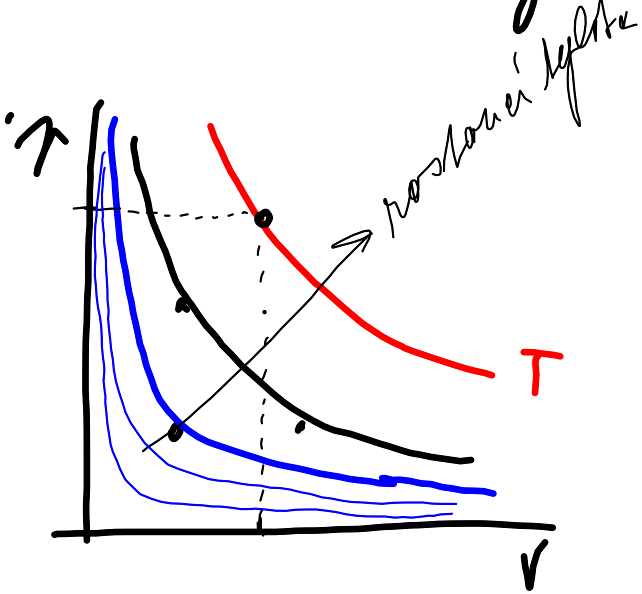




$c_V < c_p$

plyn „navíc" koná práci

pozn.:



Adiabatický děj

$Q = 0$ … děj, při kterém nedochází k tepelné výměně

$(Q = \Delta U + W)$

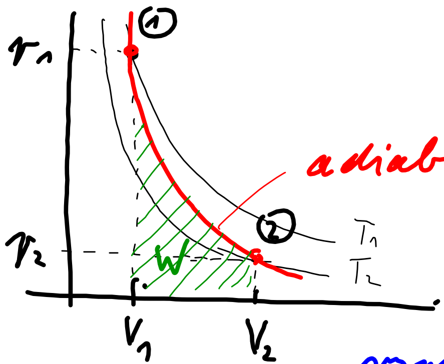
$\underline{0 = \Delta U + W}$ … koná-li plyn práci, bude snižuje se vnitřní energie – plyn se ochladí (a naopak)

pro p, V platí:

$p \cdot V^{\varkappa} = konst$ … Poissonův zákon $\left(p = \frac{konst}{V^{\varkappa}}\right)$

$\varkappa = \frac{c_p}{c_V}$ … Poissonova konstanta

(pro jednoatomový plyn $\varkappa \doteq \frac{5}{3}$)

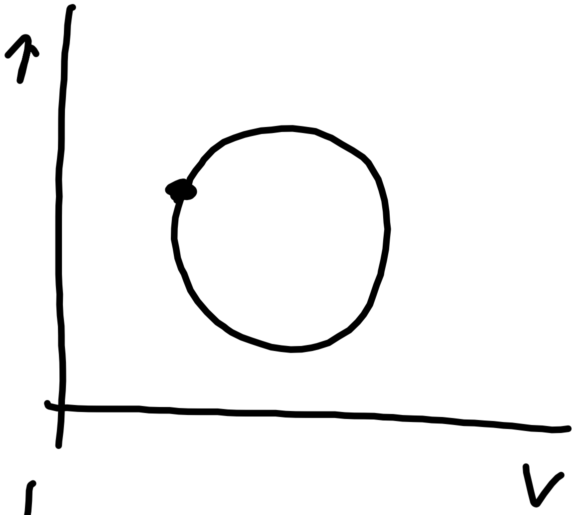


využití – chladicí stroje, motory

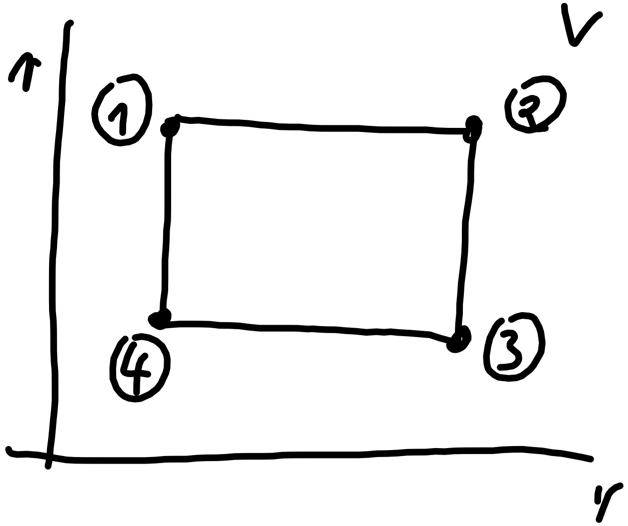
Kruhový děj

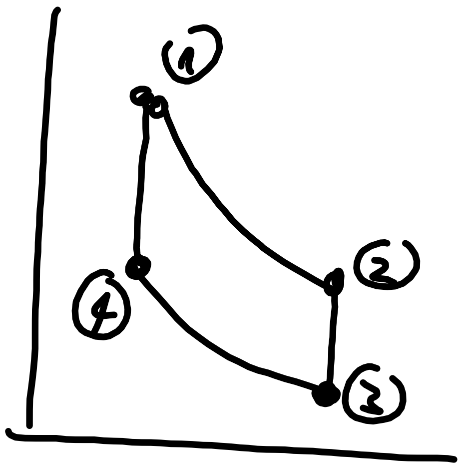
...

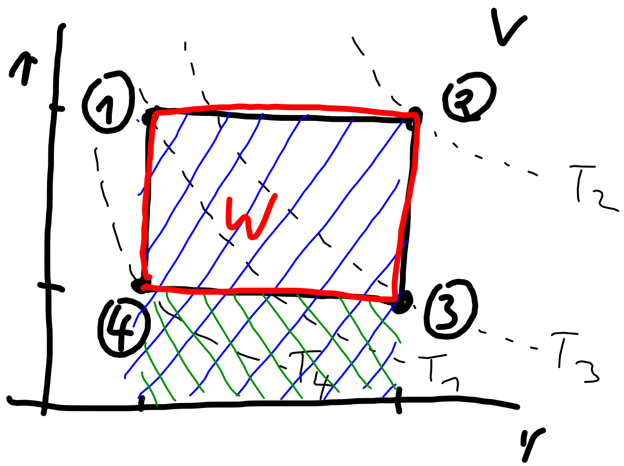
např.



nebo:







1 – 2 $W_{12} = p_1 (V_2 - V_1)$ - dodáváme teplo a plyn koná práci

2 – 3 $W = 0$ ochlazení (snížení tlaku)

3 – 4 $W_{34} = p_3 (V_2 - V_1)$ ochlazování a konání práce na plynu

4 – 1 $W = 0$ zahřívání a zvýšení tlaku

$W = W_{12} - W_{34}$ ... užitečná práce plynu při kruhovém ději.

účinnost tepelného děje

$$\eta \left(= \frac{W_0 - W}{W_0}\right) = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Q_1 ... množství dodaného tepla (ohřívačem při teplotě T_1)

Q_2 ... množství tepla odebraného (chladičem při teplotě T_2)

$$\eta \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

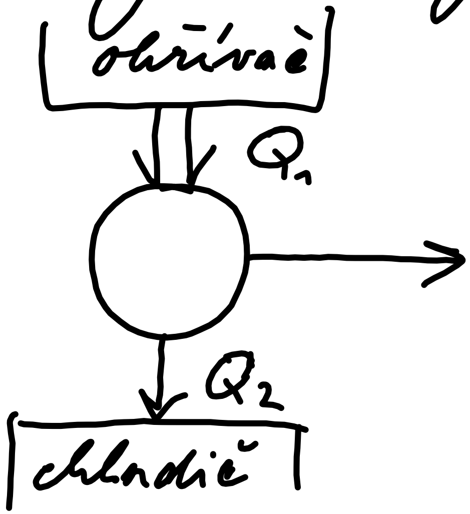
<u>Př:</u> Spočítejte max. možnou účinnost parního stroje, který pracuje s párou o teplotě 120°C a chladičem o teplotě 20°C.

$T_1 \doteq 273 + 120 = 393\,K$

$T_2 \doteq 293\,K$

$$\eta \leqq \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{393 - 293}{393} = \frac{100}{393} \doteq 0{,}25 = \underline{25\,\%}$$

Druhý termodynamický zákon



$W = Q_1 - Q_2$ (Q_2 nemůže být nulové)

2. termodyn. zákon: není možné sestrojit periodicky pracující tepelný stroj, který by přijímal teplo a vykonával stejně velkou práci.

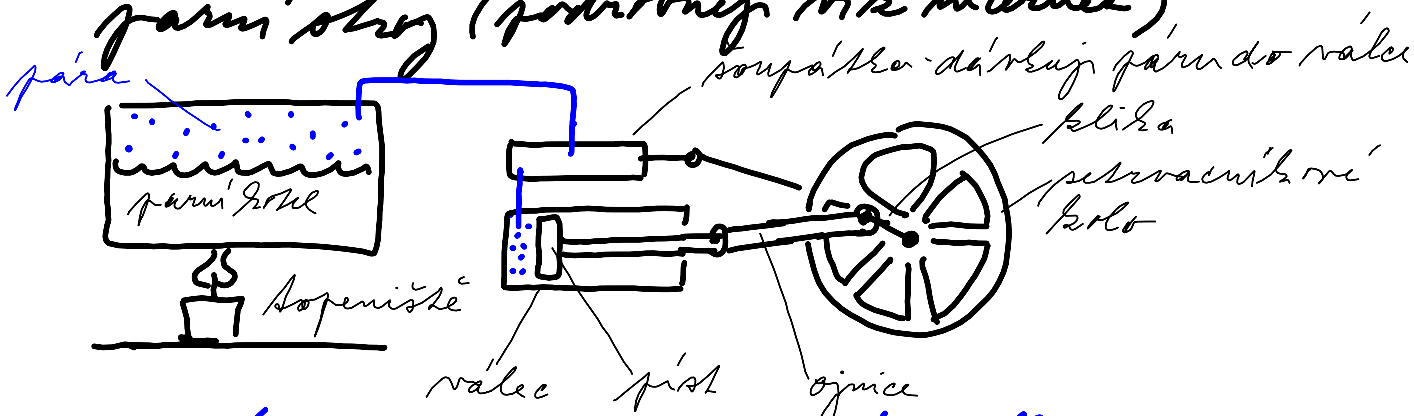
pozn. perpetuum mobile
1., 2., 3. druhu

Tepelné motory

dělení

- podle principu činnosti
  - pístové (tlak plynu působí na píst ve válci)
  - turbínové (proudící plyn roztáčí lopatkové kolo)
  - reaktivní (proudící plyn uniká tryskou)
- podle způsobu výroby pracovní látky
  - parní (plyn o vysokém tlaku a teplotě vzniká zahříváním parního kotle)
  - spalovací (plyn o vysokém tlaku a teplotě vzniká hořením palivové směsi

parní stroj (podrobněji viz internet)



parní stroj: https://www.youtube.com/watch?v=yda4STR1Pe4 parní motocykl: https://www.youtube.com/watch?v=8Lh09hwkQ30

parní turbína - při rozpínání páry v potrubí se tepelná energie mění v kinetickou energii páry, která se převádí na lopatkové - oběžné kolo. (Obvykle bývá vícestupňová.)

DÚ ... opak. spalovací motory

4 taktní	zážehové
2 "	vznětové

Spalovací motory
poznámky pro tercii 2013

- plyn o vysoké energii vzniká hořením paliva

(reaktivní, turbínové, pístové)

Pístové spalovací motory mohou být:
- čtyřtaktní, dvoutaktní...
- zážehové (zapálení jiskrou) a vznětové (samovznícení zvýšenými tlakem a teplotou)

popis 4taktního zážehového motoru: http://v.smid.sk/06-7/motor.html

animace: http://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_ctyrtakt&l=cz

vznětový motor: http://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_diesel&l=cz

4 pracovní doby:
- sání *
- komprese *
- expanze
- výfuk

* u zážehového motoru se nasává palivová směs
u vznětového motoru se nasává vzduch

* u zážehového motoru dojde před expanzí k zážehu elektrickou jiskrou
u vznětového motoru dojde ke vstříknutí paliva do vzduchu, který se při kompresi zahřál nad zápalnou teplotu a dojde ke vznícení

dvoutaktní motor: http://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mf_dvoutakt&l=cz

http://www.scootland.cz/static/pages/scooter-tuning-jaknato/dvoutaktni-motor/2t_animace.gif

Proudové motory

http://www.animfyzika.wz.cz/proudovymotor.html

odkazy:

https://www.google.cz/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fimages.slideplayer.cz%2F10%2F2873645%2Fslides%2Fslide_3.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fslideplayer.cz%2Fslide%2F2873645%2F&docid=eAWdugfu8wQQVM&tbnid=VTGmF-3mlwCIwM%3A&vet=1&w=960&h=720&bih=555&biw=1024&q=proudov%C3%A9%20motory&ved=0ahUKEwiawrmm1J7SAhUCRhQKHQOQA0MQMwg-KBgwGA&iact=mrc&uact=8#h=720&imgrc=VTGmF-3mlwCIwM:&vet=1&w=960

V-1 https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR591D1g9pxiRzciZHK-09GdzDtVSfk078WA0AebdiCRTYk1I62

V-1 https://www.google.cz/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fs-media-cache-ak0.pinimg.com%2Foriginals%2F94%2F24%2F16%2F942416400dd81fef155e3d3f63a24cab.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.com%2Fmrscottmn%2Fgerman-ww2-v-1-v-2-vergeltungswaffe-a-4-aggregat-4%2F&docid=XEZ6de-TQS-JjM&tbnid=2O3zftUElvbdYM%3A&vet=1&w=400&h=174&bih=555&biw=1024&q=v-1&ved=0ahUKEwjcyLby1J7SAhWHuhoKHZFeA7sQMwhFKClwIg&iact=mrc&uact=8

model letadla s pulzním motorem https://www.youtube.com/watch?v=tgp3j-odseo

bláznivé tryskové kolo https://www.youtube.com/watch?v=bKHz7wOjb9w

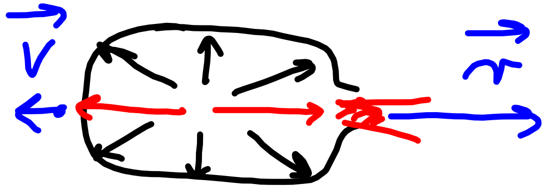
raketový motor https://www.google.cz/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.leteckemotory.cz%2Fteorie%2Fpics%2Fschema_raketovy_kph.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.leteckemotory.cz%2Fteorie%2Ftypy-leteckych-motoru%2F&docid=Xu1sgBHmuOaabM&tbnid=E3g6F4LyLcOHXM%3A&vet=1&w=464&h=182&bih=555&biw=1024&q=raketov%C3%BD%20motor&ved=0ahUKEwi5_cjk1Z7SAhUC6RQKHYHjCkMQMwgeKAMwAw&iact=mrc&uact=8

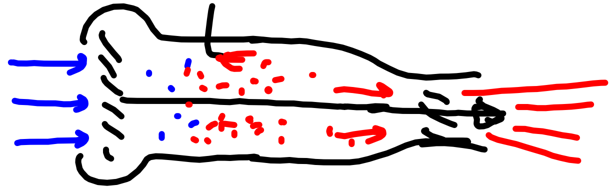
motor V-2 https://www.google.cz/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb%2Fa%2Fad%2FV-2_f%25C3%25B6rbr%25C3%25A4nningskammare.JPG%2F220px-V-2_f%25C3%25B6rbr%25C3%25A4nningskammare.JPG&imgrefurl=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FV-2_rocket&docid=2EVy_ounRk9mUM&tbnid=UUnf2eDvBoFp_M%3A&vet=1&w=220&h=248&bih=555&biw=1024&q=V-2&ved=0ahUKEwiRk4uB1p7SAhWEvhQKHTh7DUQQMwhZKDYwNg&iact=mrc&uact=8

raketa V-2 https://www.google.cz/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fs-media-cache-ak0.pinimg.com%2Foriginals%2F79%2Fa1%2Fe4%2F79a1e4aab609edd325f8425f72e1d14d.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.com%2Fpin%2F619949323499137776%2F&docid=dyPJvFqnd_iSwM&tbnid=CdbrE5sxKBpQ7M%3A&vet=1&w=900&h=893&bih=555&biw=1024&q=V-2&ved=0ahUKEwiRk4uB1p7SAhWEvhQKHTh7DUQQMwiBASheMF4&iact=mrc&uact=8

https://www.google.cz/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.circlecity.co.uk%2Fwartime%2Fgerman%2Fgfx%2Fv2rocket3.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.circlecity.co.uk%2Fwartime%2Fgerman

Reaktivní motory – tryskové motory





proudové raketové

turbovrtulové . . .

pulzní, náporové, kompresorové

Struktura a vlastnosti pevných látek

pevné látky – nerosty, horniny, org. látky,
neorg. – živočiš. původu

látky – krystalické
– amorfní

Krystalické látky – pravidelné uspořádání
částic

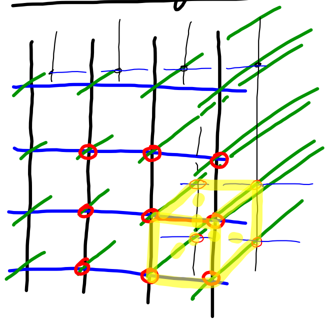
monokrystal – úplné uspořádání

polykrystal – skládá se z velkého počtu
drobných krystalů

Amorfní látky ... částice mají pouze krátkodosa-
hové uspořádání

Ideální krystalová mřížka ... trojrozměrná soustava rovnoběžek

průsečíky – uzlové body



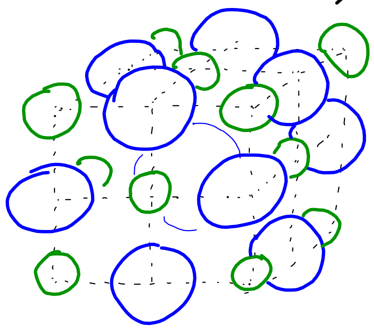
Umístíme-li do uzlových bodů částice, dostáváme krystalovou mřížku

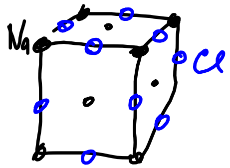
V C

elementární buňka – nejmenší rovnoběžnostěn krystalové mřížky je základní stavební jednotkou krystalu a určuje krystalografickou soustavu krystalu.

1Jednotlivé soustavy
- 1.1Trojklonná (triklinická)
- 1.2Jednoklonná (monoklinická)
- 1.3Kosočtverečná (ortorombická)
- 1.4Čtverečná (tetragonální)
- 1.5Šesterečná (hexagonální)
- 1.6Klencová (trigonální)
- 1.7Krychlová (kubická)

př: $NaCl$ (Na^+; Cl^-)





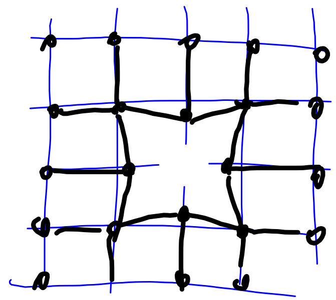
Typy vazeb DÚ

Mřížkové poruchy

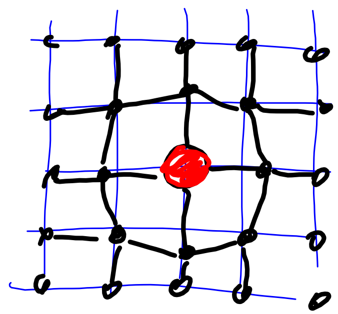
Reálné krystaly se od ideálních liší poruchami:

Bodové (v jednom bodu)

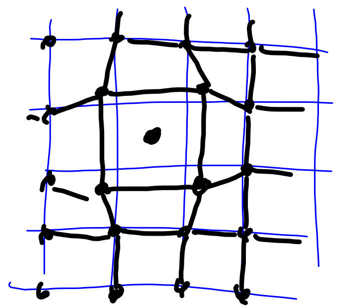
vakance - chybějící atom



příměsi - cizí atom

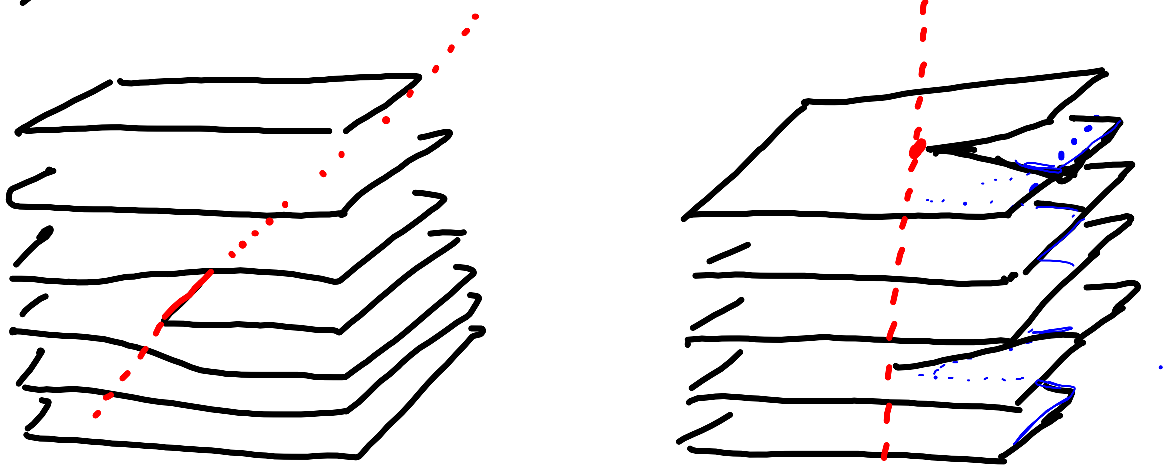


intersticiální poloha
- atom v mezimřížkové poloze



čárové poruchy (dislokace)

hranové šroubové



Poruchy vznikají při růstu krystalů

Deformace

- změna tvaru (objemu) způs. účinkem vnějších sil

Deformace
- tahem (napínání struny..)
- tlakem (lisování plechů karos.)
- ohybem
- smykem (stříhem)
- kroucením

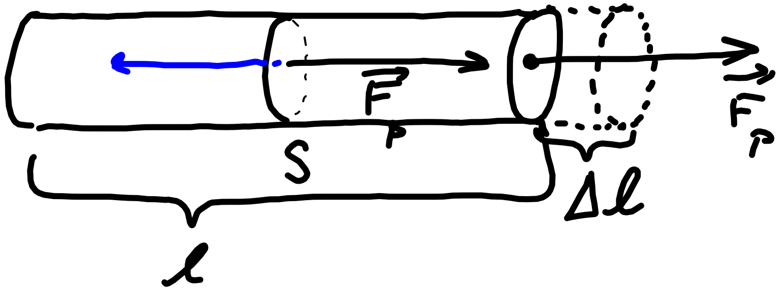
- deformace tahem

normálové napětí:

$$\sigma_n = \frac{F_p}{S}$$

F_p … síla pružnosti

S … plocha kolmého řezu



Δl … prodloužení

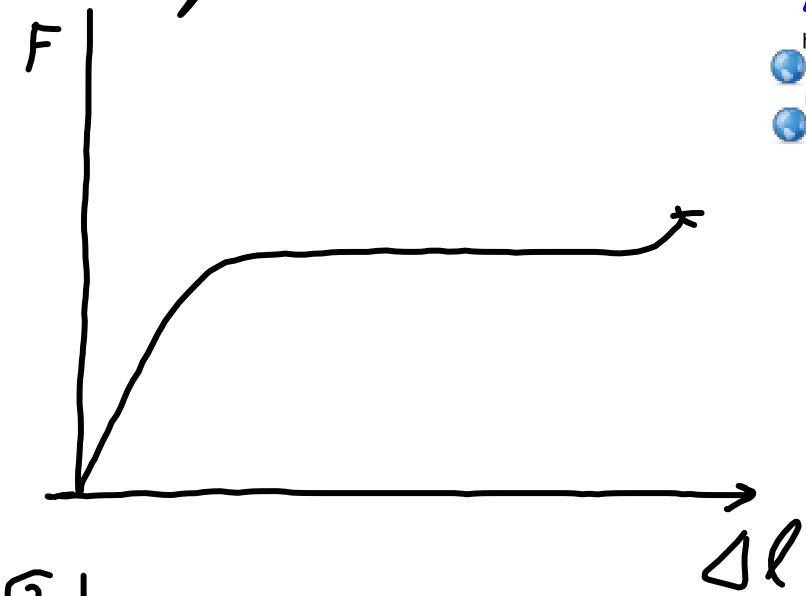
$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ … relativní prodloužení

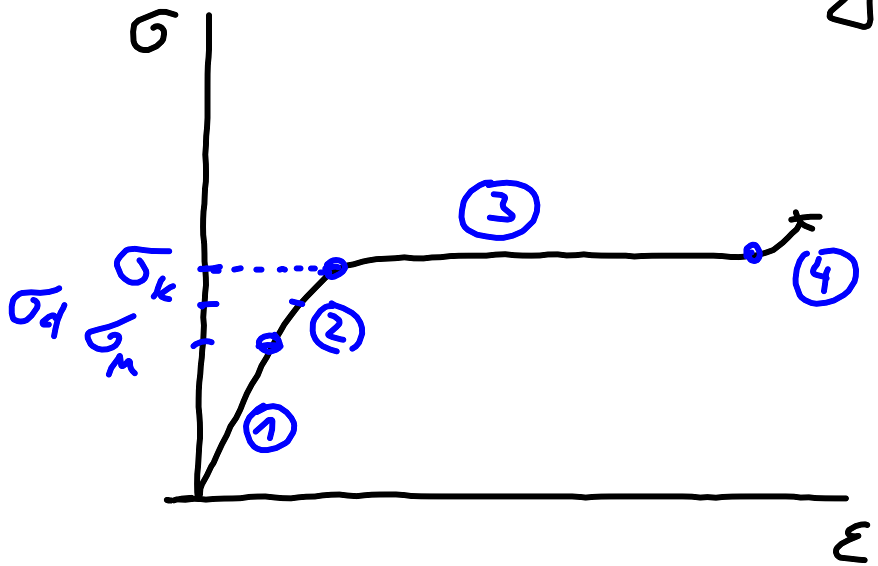
Křivka deformace

... viz teorie k lab. měření:

http://v.smid.sk/fyzika/scr/tabule_normalove-napeti.jpg

http://v.smid.sk/fyzika/2x1/PL-deformacni_krivka.pdf





① $\underline{\underline{\sigma = E \cdot \varepsilon}}$

... H.Z.

DÚ ... příklady na Hookův zákon

Oblast pružné deformace popisuje Hookův zákon:

normálové napětí je přímo úměrné relativnímu prodloužení.

$\sigma_n = E \cdot \varepsilon$ E ... modul pružnosti (v tahu)

pozn. Součinitel bezpečnosti

$j = \frac{\sigma_p}{\sigma'}$ ... dovolené napětí

Př.: Spočtěte prodloužení ocelové struny (o průměru 0,2 mm a délce 60 cm) při dosažení meze úměrnosti.

$\boxed{\Delta l = ?}$ ocel: $\sigma_u = 310\ MPa = 310\cdot 10^6\ Pa$

$l = 0{,}6\ m$ $E = 210\ GPa = 210\cdot 10^9\ Pa$

$r = 0{,}1\ mm = 10^{-4}\ m$ $(\sigma_p = 1760\ MPa)$

$\sigma_u = E\cdot\varepsilon \qquad \left(\sigma_u = \frac{F}{\pi r^2}\right)$

$\sigma_u = E\cdot\frac{\Delta l}{l} \quad / \cdot l \cdot \frac{1}{E}$

$\Delta l = \frac{\sigma_u \cdot l}{E} = \frac{31\cancel{0}\cdot 10^6\cdot 0{,}6}{21\cancel{0}\cdot 10^9} = \frac{31\cdot 0{,}6}{21}\cdot 10^{6-9} \doteq 0{,}886\cdot 10^{-3}\ m$

$\Delta l \doteq 0{,}9\ mm$

ocelová struna se prodlouží o 0,886 mm.

Při jakém prodloužení se struna přetrhne?

za σ_u dosadíme σ_p

$\Delta l = \frac{\sigma_p \cdot l}{E} = \frac{1760\cdot 10^6\cdot 0{,}6}{}$ ... nelze řešit

modul pružnosti - ale při dosažení meze pevnosti nejde o pružnou deformaci

Ú 6. str. 140

$\sigma_p = 10\ GPa = 10^{10}\ Pa$

$d = 1\ \mu m = 10^{-6}\ m \quad r = 0{,}5 \cdot 10^{-6}\ m = 5 \cdot 10^{-7}\ m$

$F = ?$

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

$F = \sigma_p \cdot S = \sigma_p \cdot \pi r^2 = 10^{10} \cdot \pi \cdot 5^2 \cdot 10^{-14} = 78{,}54 \cdot 10^{-4}\ N$

$F \doteq 8 \cdot 10^{-3}\ N = \underline{8\ mN}$

ú 5/137

$F = 2\,MN = 2 \cdot 10^6\,N$

$\sigma_p = 700\,MPa = 7 \cdot 10^8\,Pa;\ j = 5$

$d = ?$

$S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$

$\sigma' = \frac{F}{S}$ (dovolené napětí)

$j = \frac{\sigma_p}{\sigma'} \Rightarrow \sigma' = \frac{\sigma_p}{j}$

$S = \frac{F}{\sigma'} = \frac{F}{\frac{\sigma_p}{5}}$

$S = \frac{F \cdot 5}{\sigma_p}$

$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{F \cdot 5}{\sigma_p}$

$d^2 = \frac{4\,F \cdot 5}{\sigma_p \cdot \pi}$

$d = \sqrt{\frac{4F}{\sigma_p \cdot \pi}}$; pro $j = 5$

$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{F \cdot 5}{\sigma_p \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 5}{7 \cdot 10^8 \cdot \pi}} =$

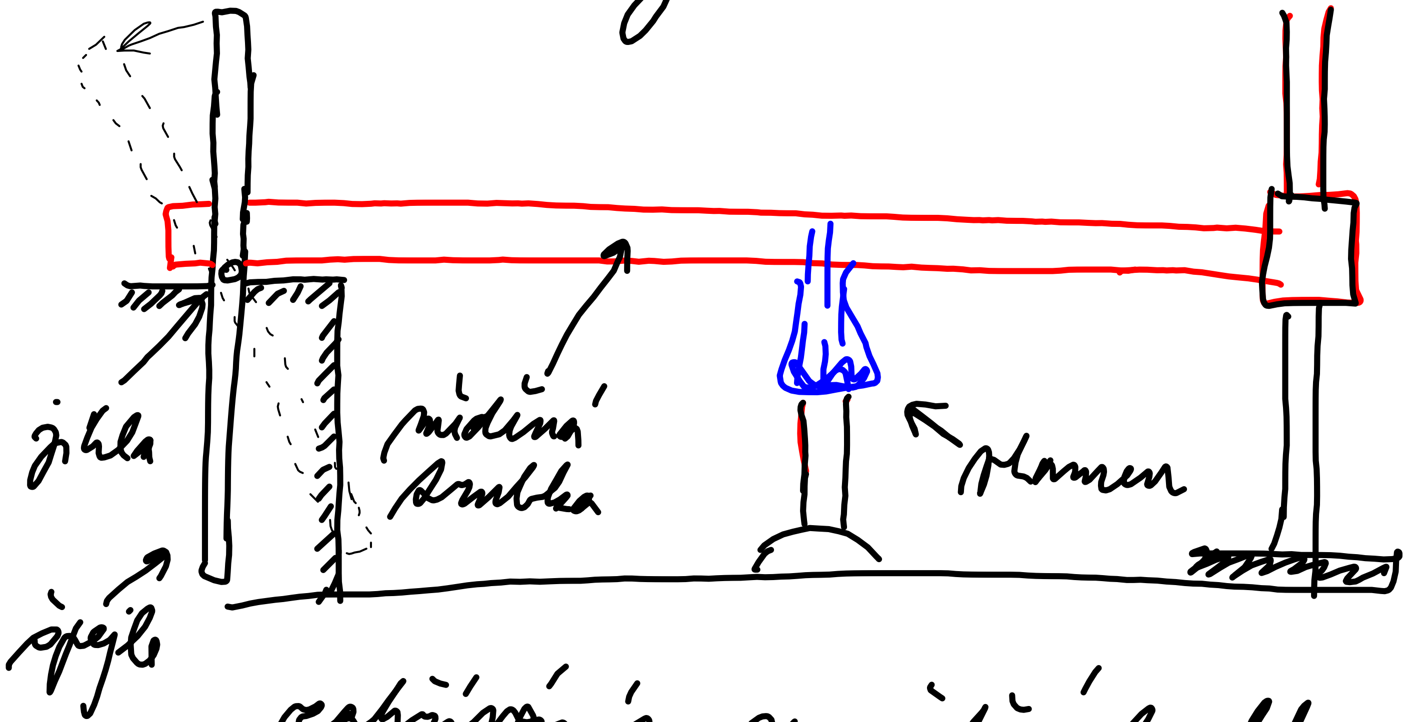
$\doteq 2 \cdot \sqrt{\frac{2}{7 \cdot \frac{22}{7}} \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{5}{11} \cdot 0{,}1} =$

$\doteq 0{,}135\ m$

Teplotní roztažnost pevných látek

DÚ - opak. míra tepl. roztažnosti ze ZŠ.

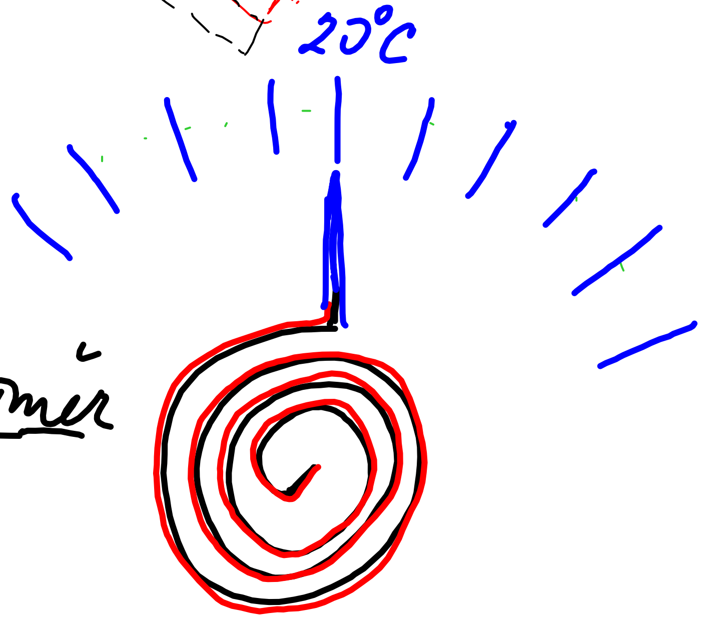
Roztažnost pevných látek



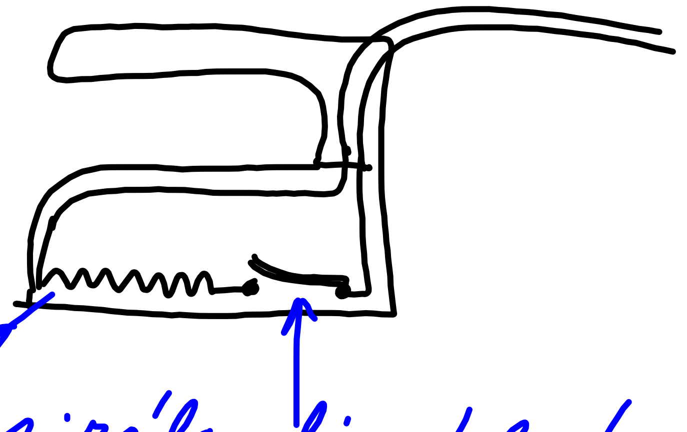
zahříváním se měděná trubka prodlužovala
(vychýlení ručičky ze špejle)

Bimetalový pásek

bimetalový teploměr

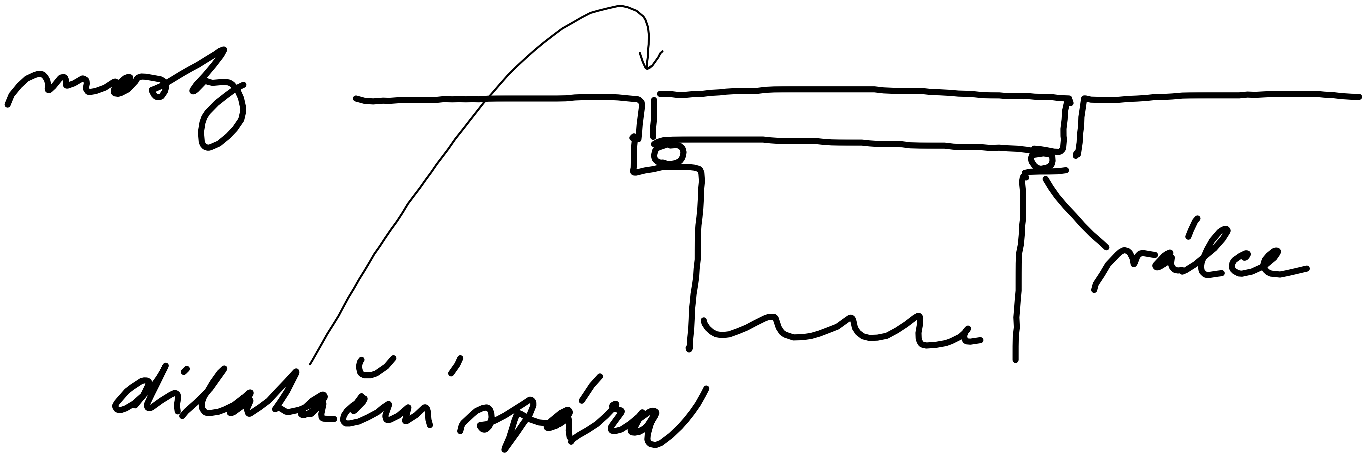


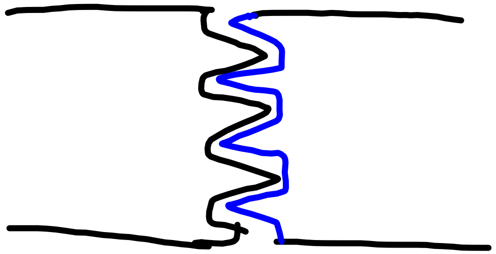
termostat



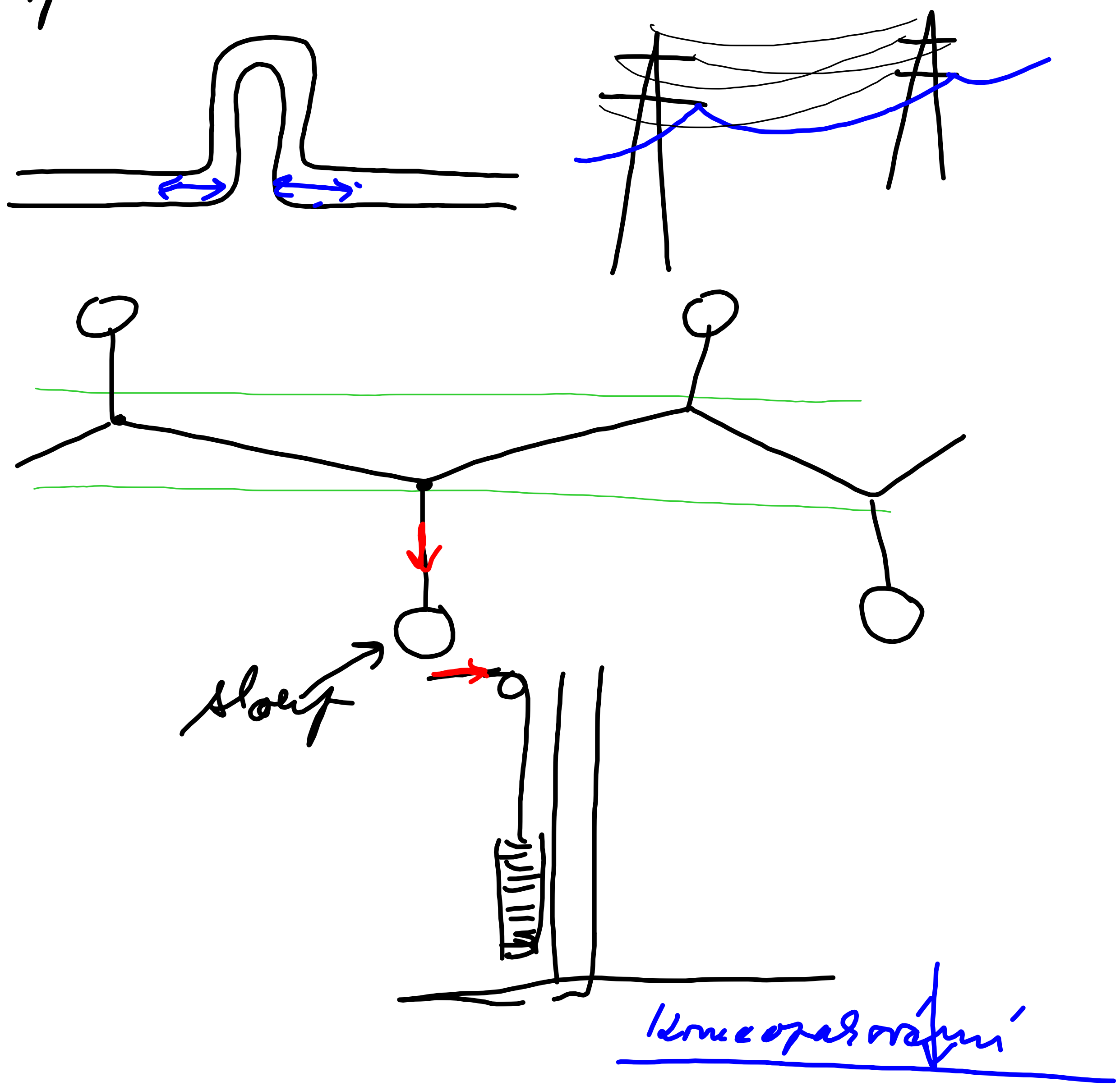
vodiče

topná spirála bimetalový vypínač

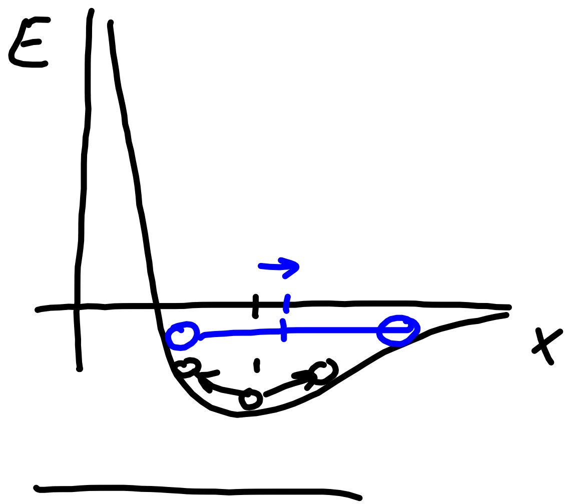

mosty
dilatační spára
válce



potrubí a vodiče



poznámka



pro malý rozdíl teplot je prodloužení přímo úměrné teplotě

Δl ... prodloužení ; Δt ... rozdíl teploty

l ... délka při teplotě t

l_0 ... délka (poč.) při teplotě t_0

$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t$ α ... součinitel délkové teplotní roztažnosti

$l - l_0 = \alpha\, l_0 \cdot \Delta t$

$l = l_0 + \alpha\, l_0\, \Delta t$

$\underline{\underline{l = l_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)}}$

1A/218

$\Delta t = 50\,K$ (z -10°C na 40°C) (i 50°C)

$\frac{\Delta l}{l_0} = 0{,}07\%$ $\Delta l = l_0 \cdot 0{,}07\% = l_0 \cdot 0{,}0007 =$
$= l_0 \cdot 7 \cdot 10^{-4}$

$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \Delta t$
$\Delta l = l_0 \cdot 7 \cdot 10^{-4}$ $\Rightarrow \alpha \Delta t = 7 \cdot 10^{-4}$

$\alpha = \frac{7 \cdot 10^{-4}}{\Delta t} = \frac{7 \cdot 10^{-4}}{50} = 0{,}14 \cdot 10^{-4}$

$l_0 = 56{,}9\,mm$ $\alpha = 1{,}4 \cdot 10^{-5}\,K^{-1}$

$\Delta l = l_0 \cdot 7 \cdot 10^{-4} = 0{,}03983\,mm \doteq 39{,}8\,\mu m$

Př. (D.ú.) Jak velké normálové napětí vyvolá v mědném drátu, který je volně natažen na délku 1 metr při teplotě 32 °C, jestliže jej ochladíme na -32 °C při zchování délky. (Předpokládejte, že se drát nejprve ochladí a pak o stejnou délku natáhne. Předpokládejte pružnou deformaci a výsledné normálové napětí porovnejte s mezí úměrnosti.)

[51,840 MPa

1 200 GPa

52 224 000 Pa ≐ 52 MPa

141 MPa

$\sigma_m \doteq 85$ MPa

Teplotní objemová roztažnost

Př: Mějme závislost objemu krychle na teplotě, platí-li: $a = a_0 \cdot (1+\alpha \Delta t)$

$$V_0 = a_0^3$$

$$V = a^3 = a_0^3 \cdot (1+\alpha\Delta t)^3 = (1+2\alpha\Delta t+\alpha^2\Delta t^2)(1+\alpha\Delta t)$$

$$= V_0 \cdot (1 + 3\cdot\alpha\Delta t + 3\cdot\alpha^2\cdot\Delta t^2 + \alpha^3\cdot\Delta t^3) =$$

$$\doteq V_0 (1+3\alpha\Delta t)$$

druhá (třetí) mocnina malého čísla je mnohonásobně menší číslo

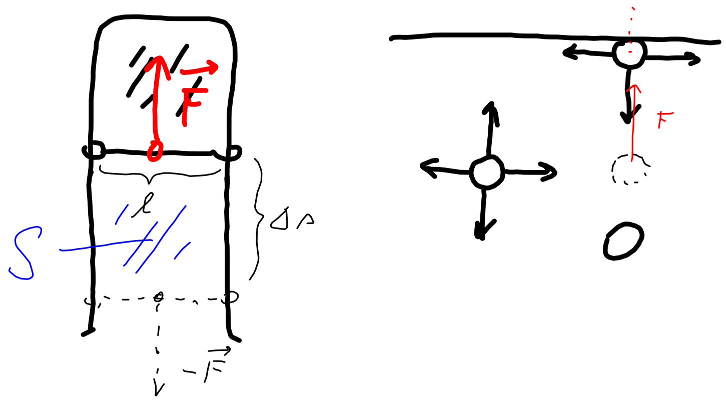
$$V = V_0 \cdot (1+\beta\cdot\Delta t)$$

$\beta \doteq 3\alpha$ – nezávisí na tvaru nádoby

Teplotní roztažnost pev. těles v praxi
(viz opak. Z.Š. - mosty, kolejnice, potrubí,
troleje, bimetal ...)

Struktura a vlastnosti kapalin
(pozn. - Fev měření povrchového napětí)

Povrchová vrstva



molekula povrch. vrstvy má vyšší potenciální energii

- povrchová vrstva se chová jako pružná blána.

F ... povrchová síla

σ ... povrchové napětí (viz Fev)

E ... povrchová energie

$$\sigma = \frac{F}{l} \Rightarrow F = \sigma \cdot l$$

$$E = (W =)\ F \cdot s = \sigma \cdot \underbrace{l \cdot s}_{S} = \sigma \cdot S$$

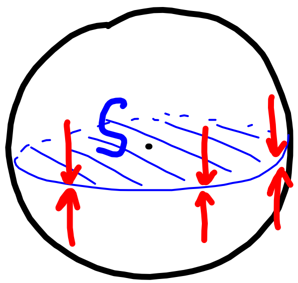
$$\underline{E = \sigma S}$$

Př: Spočítejte tlak (přetlak) v mýdlové bublině o poloměru 2 cm. (Počítejte s povrchovým napětím 34 mN/m.)

$\sigma = 34\ mN/m = 0{,}034\ N/m$

$r = 2\ cm = 0{,}02\ m$, povrch je dvojitý

$p = \frac{F}{S}$ $\qquad S = \pi r^2$



$F = 2 \cdot o \cdot \sigma = 2 \cdot 2\pi r \cdot \sigma = 4\pi r \sigma$

$p = \frac{4\pi r \sigma}{\pi r^2} = \frac{4\sigma}{r}$

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

$p = \frac{4 \cdot 0{,}034}{0{,}02} = \frac{4 \cdot 34}{20} = 6{,}8\ Pa$

pro $r = 0{,}1\ mm$ $\quad p = \frac{4 \cdot 0{,}0340}{0{,}0001} = 4 \cdot 340 = 1360\ Pa$

ú 6/161

$d = 1\,\mu m = 10^{-6}\,m$

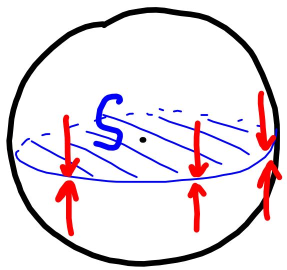
$h = 5\,m$

$p_0 = 1\,000\,hPa = 10^5\,Pa$

$\sigma = 73\,mN/m = 73 \cdot 10^{-3}\,N/m$

$\rho = 1000\,kg/m^3$

$g \doteq 10\,m/s^2$



1) tlak způs. povrch. napětím

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2\pi r \cdot \sigma}{\pi r^2} = \frac{2\sigma}{r}$$

2) hydrostat. tlak

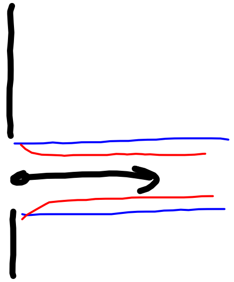
$$p_h = h \cdot \rho \cdot g$$

3) výsledný tlak $p_v = p + p_h + p_0 = \frac{2\sigma}{r} + h\rho g + p_0 =$

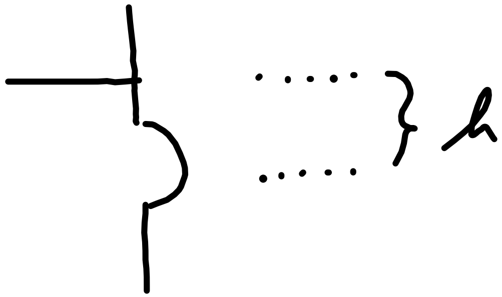
$$= \frac{4\sigma}{d} + h\rho g + p_0 = \frac{4 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}} + 50000 + 10^5 =$$

$$= 292\,000 + 50\,000 + 100\,000 = \underline{\underline{442\,000\,Pa}} \doteq \underline{0{,}44\,MPa}$$

pozn. k měření výtokové rychlosti ...



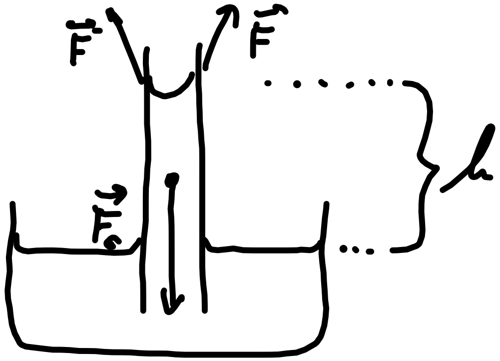
síly povrchového napětí zúží pramínek vytékající vody

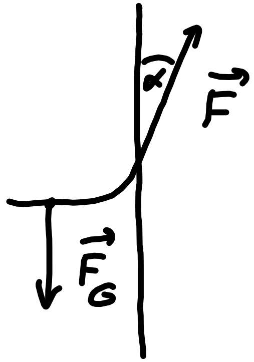


... kapilární tlak snižuje výtokovou rychlost

Kapilární jevy

(viz teorie k měření povrch. napětí)

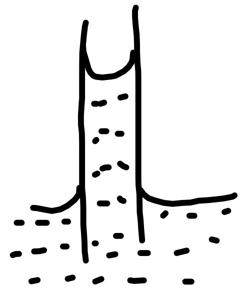


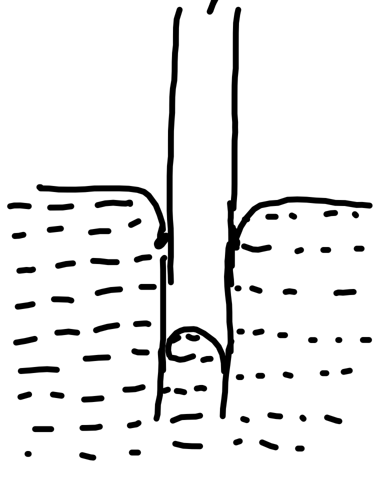


$$F_G = \sigma \cdot l \cdot \cos\alpha$$

$$F_G \doteq \sigma \cdot 2\pi r$$

kapilární - elevace - deprese

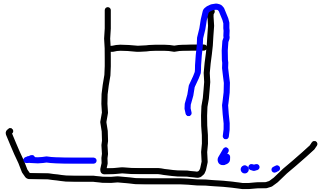




např. voda - sklo

např. rtuť - sklo

pokus



(DÚ - př. 1 ml vody
$E = ?$ na kapky ϕ 0,1 mm)

$V = 1\,ml = 10^{-6}\,m^3$

$r = 0{,}05\,mm = 5\cdot 10^{-5}\,m$

$\sigma = 0{,}073\,N/m = 7{,}3\cdot 10^{-2}\,N/m$

n ... počet kapiček

$$E = \sigma\cdot S\cdot n = \frac{\sigma\cdot 4\pi r^2\cdot V\cdot 3}{4\pi r^3} = \frac{3\cdot\sigma\cdot V}{r} = \frac{3\cdot 7{,}3\cdot 10^{-2}\cdot 10^{-6}}{5\cdot 10^{-5}} = \underline{\underline{4{,}38\cdot 10^{-3}\,J}}$$

$$n = \frac{V\cdot 3}{4\cdot\pi r^3}$$

$$S = 4\pi r^2$$

Ú 6/220

$t_1 = 20\ °C$ V ... objem 1. tělesa při tepl. 20 °C

$m_1 = 534\ g$ V' ... objem 1. tělesa při tepl. −10 °C

$t_2 = -10\ °C$ ρ_2 ... hustota lithia při tepl. −10 °C

$m_2 = \ ?$

$\alpha = 5{,}6 \cdot 10^{-5}\ K^{-1}$ $\Delta t = t_2 - t_1 = -30\ K$

$$m_2 = \rho_2 \cdot V$$

$$\rho_2 = \frac{m_1}{V'}$$

$$V' = V \cdot (1 + 3\alpha\Delta t)$$

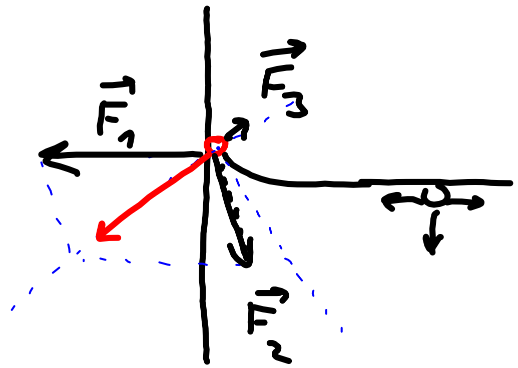
$$m_2 = \rho_2 \cdot V = \frac{m_1}{V'} \cdot V = \frac{m_1 \cdot V}{V \cdot (1 + 3\alpha\Delta t)} = \frac{m_1}{1 + 3\alpha\Delta t} =$$

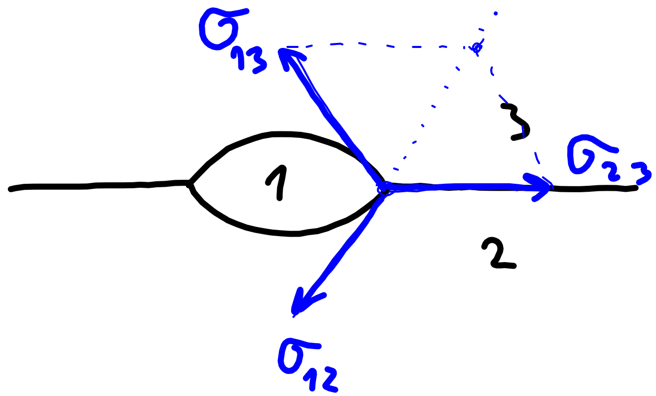
$$= \frac{534}{1 - 3 \cdot 5{,}6 \cdot 10^{-5} \cdot 30} = \frac{534}{1 - 9 \cdot 5{,}6 \cdot 10^{-4}} = \frac{534}{1 - 0{,}00504} =$$

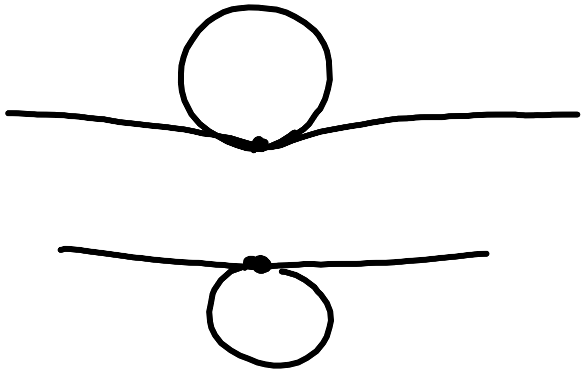
$$= \frac{534}{0{,}99496} \doteq \underline{\underline{536{,}7_{05}\ g}} \ \left(\doteq 537\ g\right)$$

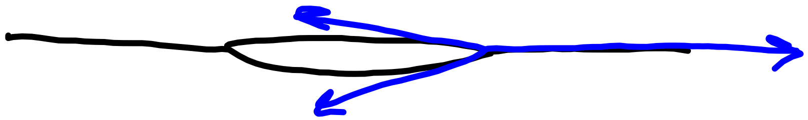
Jiné lithiové těleso (stejný objem při nižší teplotě) bude mít hmotnost přibližně 536,7 g.

pozn. povrchové napětí na rozhraní tří látek



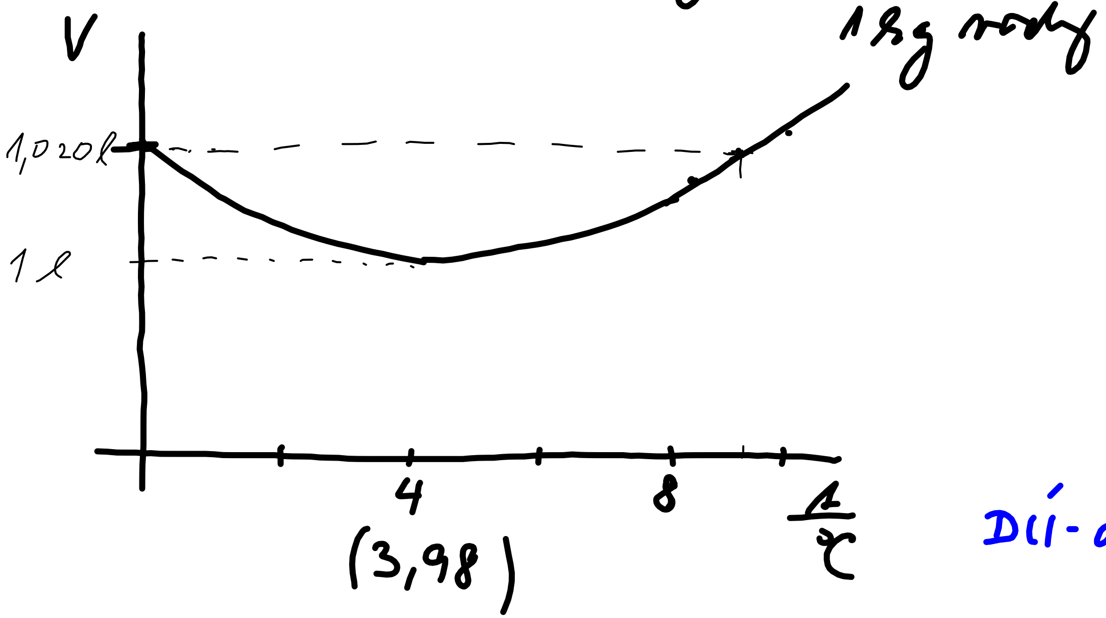






$$\sigma_{23} > \sigma_{12} + \sigma_{13}$$

Anomálie vody



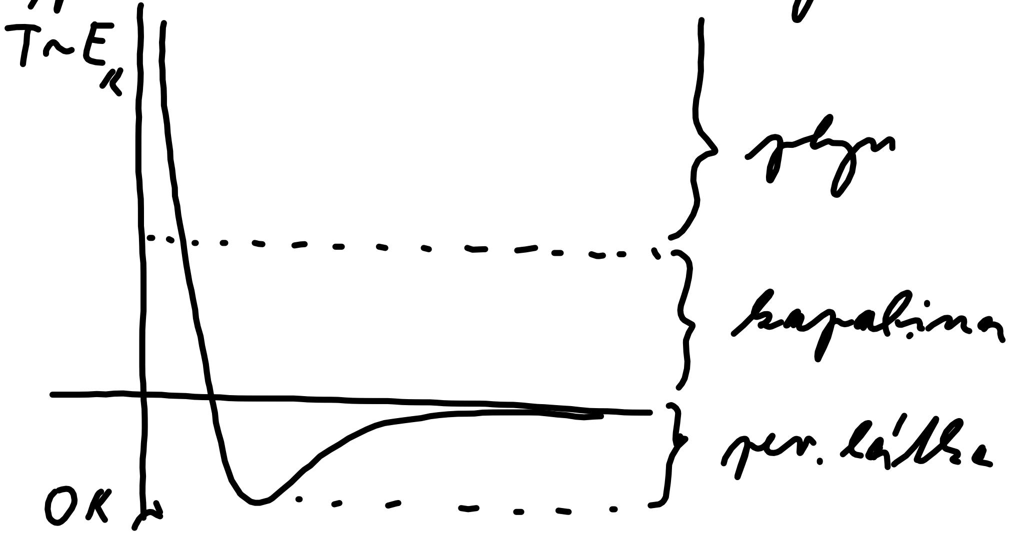
DÚ - doplnit komentář

https://www.google.cz/search?q=anom%C3%A1lie+vody&espv=2&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiCvr7f4ZnTAhWHuhoKHRWGCnUQ_AUIBigB&biw=775&bih=534#imgrc=_sjjeOtahgVx7M:

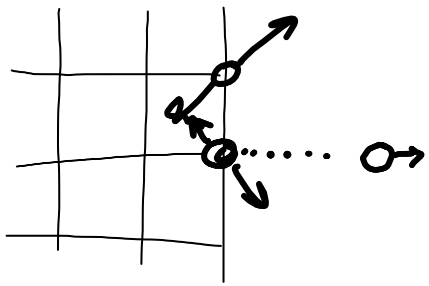
Změny skupenství – (fázové přeměny)

fáze – systém v rovnovážném stavu, který má ve všech místech stejné vlastnosti (např. jednotlivá skupenství)

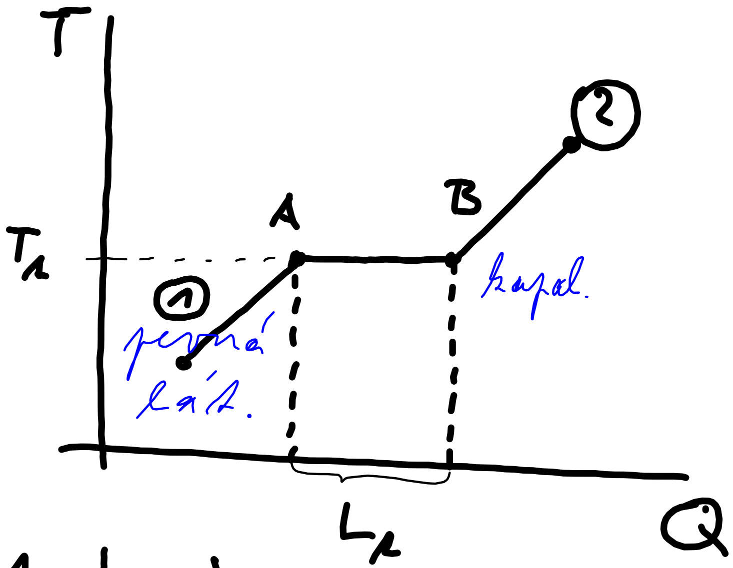
pozn.



Tání a tuhnutí

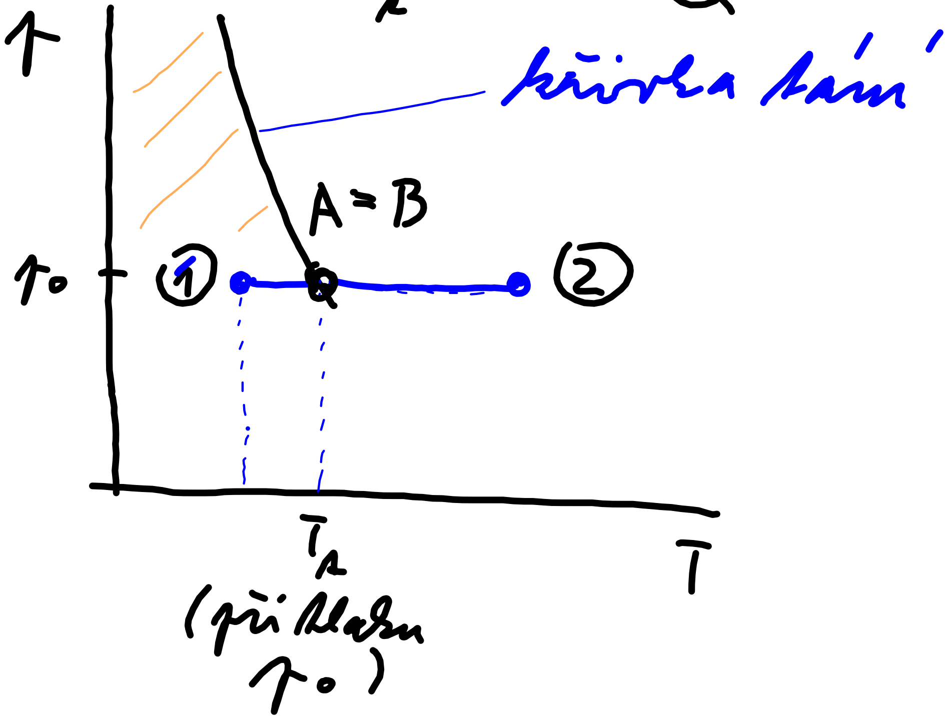


při tání musíme
látce dodávat teplo
- teplota se nemění



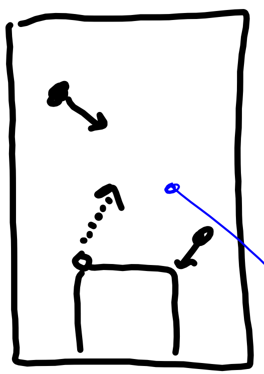
L_t ... skup. teplo tání

$l_t = \frac{L_t}{m}$ ... měrné skup. teplo tání



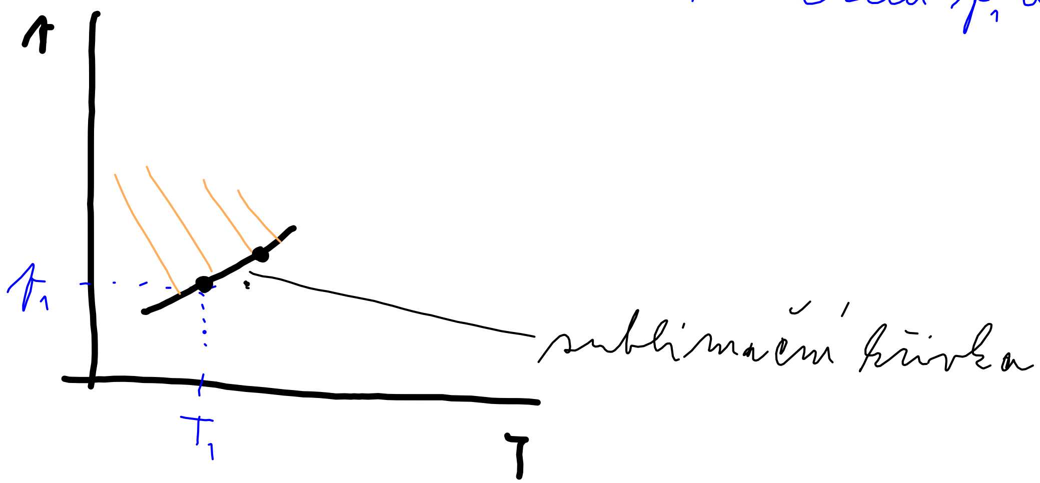
Sublimace a desublimace

- částice z povrchu pevné látky přechází přímo do plyn. skup.

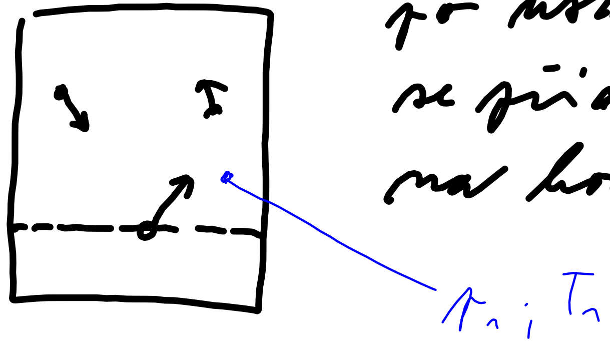


- při dané teplotě se ustaví termodyn. rovnováha
- tlak sytých par

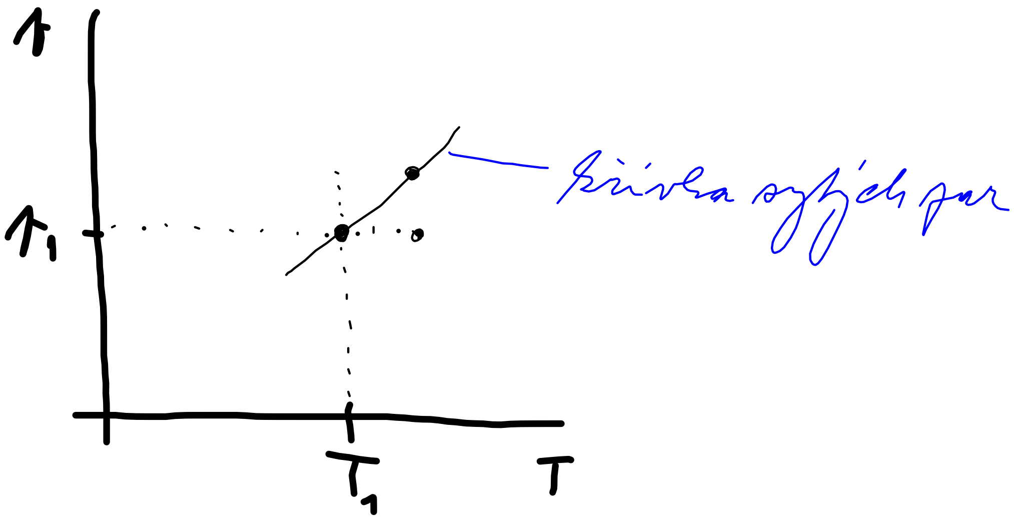
stav s tlakem p_1 a teplotou T_1



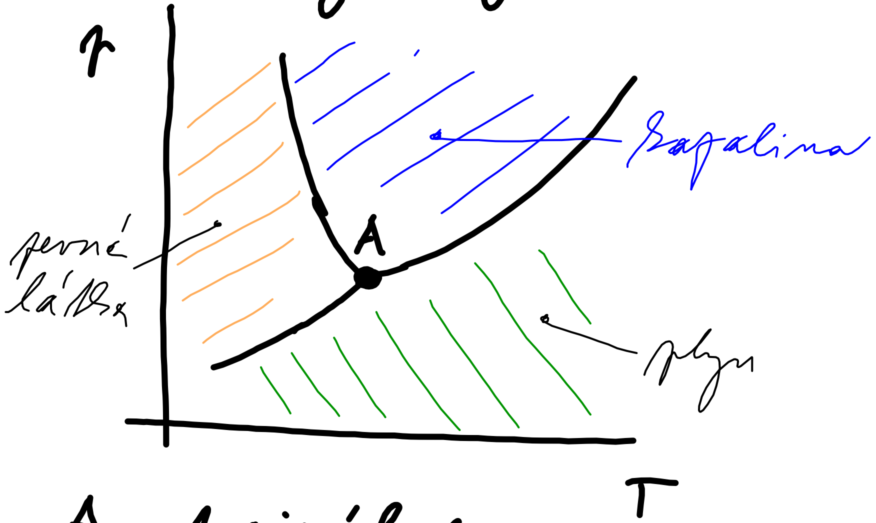
Vypařování a (var –) kondenzace



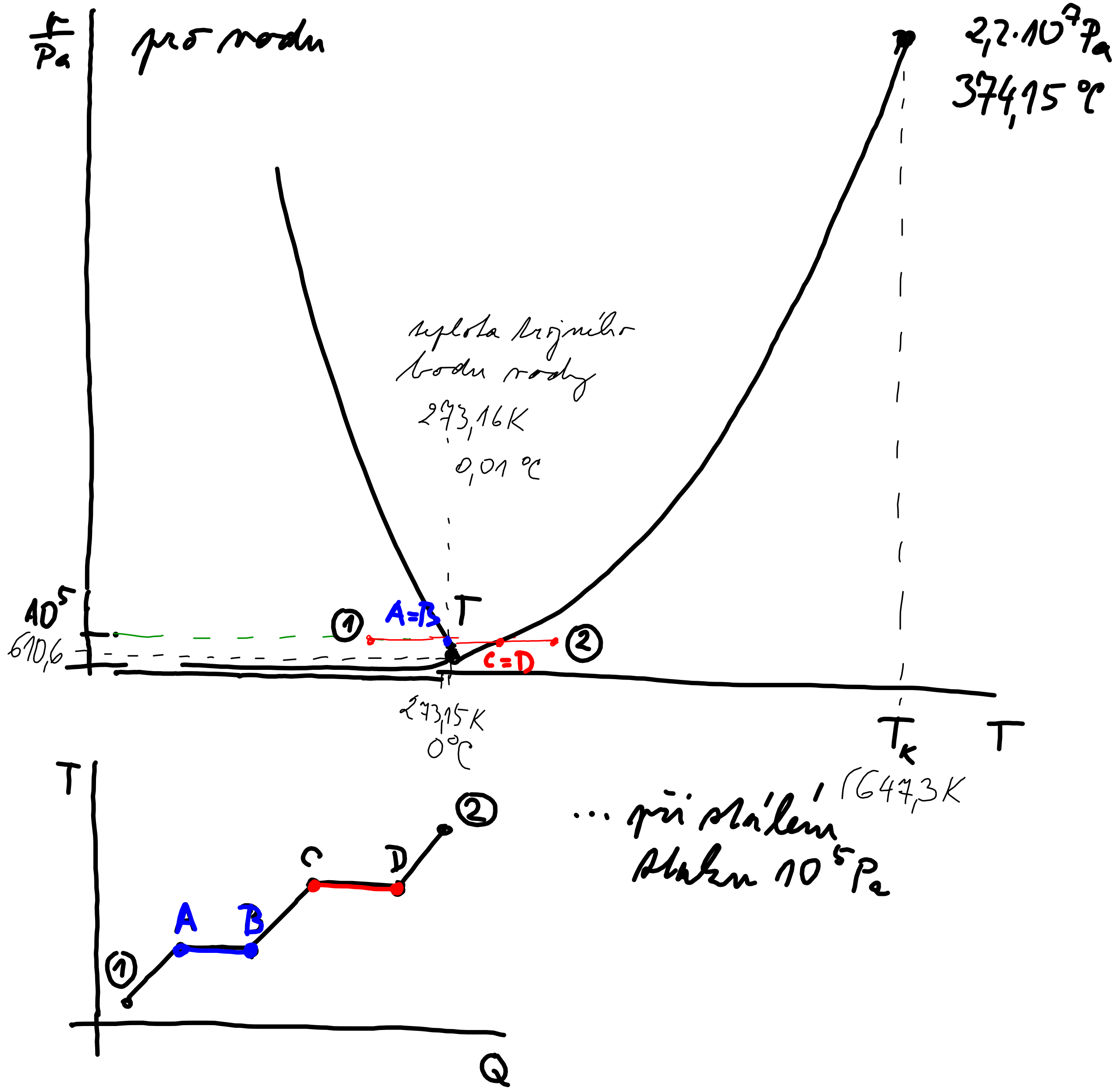
po ustavení termodyn. rovnováhy se při daná teplotě tlak ustálí na hodnotě tlaku syt. par.



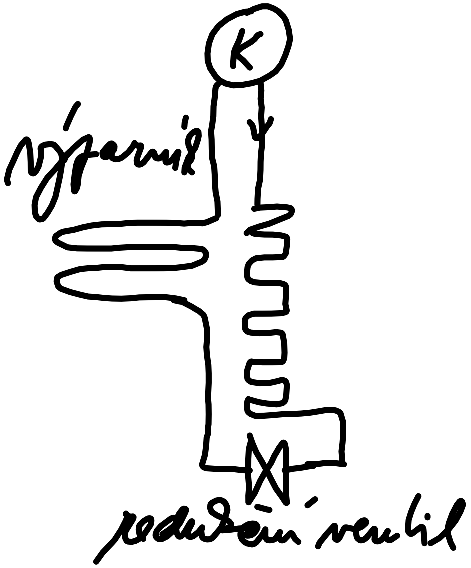
Fázový diagram

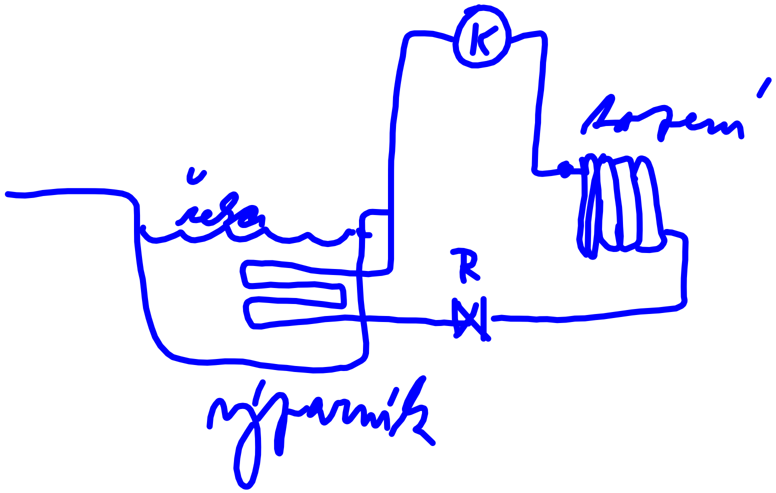


A ... trojný bod - stav termodynam. rovnováhy mezi pevným, kapalným a plynným skupenstvím.

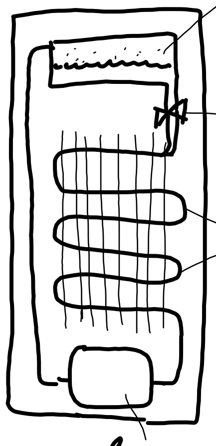

p/Pa
pro vodu
2,2·10^7 Pa
374,15 °C
teplota trojného bodu vody
273,16 K
0,01 °C
10^5
610,6
A=B
T
C=D
1
2
273,15 K
0 °C
T_K
T
647,3 K
T
Q
A
B
C
D
… při stálém tlaku 10^5 Pa

Chladící stroje a tepel. čerpadlo





Chladnička (poznámky z tercie – 8tř. 25´)



výparník – nižší tlak, při něm kapalina vaří i při nižší teplotě a odebírá teplo svému okolí – chladí

redukční ventil, za nímž se prudce sníží tlak, čímž se plyn ochladí až zkapalní

horký plyn se ochlazuje (zadní část chladničky „topí")

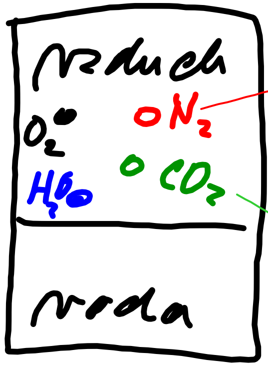
kompresor – snižuje tlak ve výparníku, odčerpává vzniklé páry, na druhé straně stlačuje plyn, který se při tom zahřívá.

chladnička odebere teplo potravinám a předá je okolnímu vzduchu v místnosti.

funguje jako tepelné čerpadlo.

pozn. podobně funguje i vytápění tepelným čerpadlem – výparník je zahříván (místo teplými potravinami) mimo dům – např. vodou z řeky a „zadní část chladničky" funguje jako topení.

Vodní pára v atmosféře



(částečný!) parciální tlak dusíku

parciální tlak CO_2

⋮

$\Phi = \frac{m}{V}$ ... absolutní vlhkost vzduchu

Φ_m ... max. možná vlhkost vzduchu (přidané teplota a tlak)

$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_m}$ ... relativní vlhkost vzduchu

aktuální vlhkost vzduchu v učebně $\varphi = 35\,\%$

venku? $39\,\%$

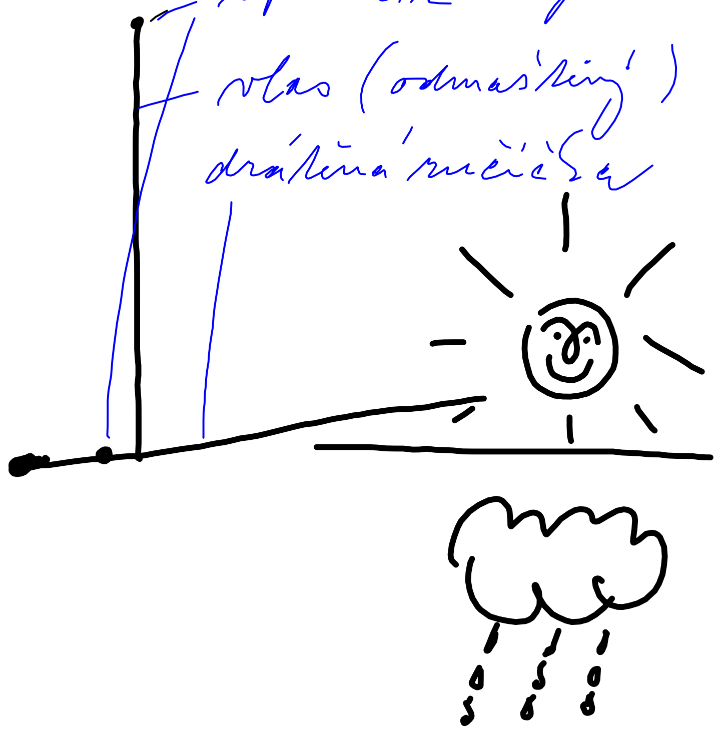
rosný bod – teplota, na ....

Vlasový vlhkoměr

špendlík - zapíchnutý do svislého prkénka

vlas (odmaštěný)

drátěná ručička



V suchém vzduchu se vlas zkracuje, ve vlhkém se prodlužuje a pohybuje ručičkou. Ta může ukazovat na symboly počasí nebo na údaj o relativní vlhkosti v procentech.

- psychrometr
- anomálie vody - viz výše (10/4 2017)

Ú 3/197

$t = 25\ °C$

$V = 3\ m^3$

$\Delta m = 42\ g$

$\Phi = ?$

$\varphi = ?$

$\rho = 23\ g/m^3 = \Phi_{max}$

$$\Phi = \frac{\Delta m}{V} = \frac{42}{3} = 14\ g/m^3$$

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_{max}} = \frac{14}{23} \doteq 0{,}61 = 61\%$$

Abs. vlhkost vzduchu je $14\ g/m^3$ a relat. $\varphi \doteq 61\%$.

množství dodaného tepla

$$Q = c_1 \cdot m \cdot (t_0 - t_1) + l_t \cdot m + c_2 \cdot m (t_v - t_0) + c_K \cdot (t_v - t_1)$$

Př: Spočítejte množství tepla, které potřebujeme, aby z kostky ledu o hmotnosti 0,5 kg a tepl. −3 °C vznikla voda o teplotě 20 °C.

$t_1 = -3\ °C$ $\quad c_L = 2090\ J/kgK$

$t_2 = 20\ °C$ $\quad c_v \doteq 4200\ J/kgK$

$l_t = 332\,000\ J/kg$

$t = 20$ $\quad t_0 = 0\ °C$

$$Q = c_L \cdot m \cdot (t_0 - t_1) + l_t \cdot m + c_v \cdot m \cdot (t_2 - t_0)$$

$$Q = 2090 \cdot 0{,}5 \cdot 3 + 332\,000 \cdot 0{,}5 + 4200 \cdot 0{,}5 \cdot 20 =$$

$$= 3\,135 + 166\,000 + 42\,000 = \underline{\underline{211\,135\ J}}$$

K získání vody o teplotě 20 °C potřebujeme dodat 211 135 J.

Př: Měřením rosného bodu a teploty v místnosti určete relativní vlhkost vzduchu.

(Teplotu rosného bodu můžeme určit měřením teploty ochlazované vody – ve sklenici s kostkou ledu nebo pod vodovodním kohoutkem, ze kterého vytéká postupně chladnější a chladnější voda, až se sklenice – kohoutek – orosí.)

$t = 28\ °C$ – teplota v místnosti

$t_r = 13{,}8\ °C$ – teplota rosného bodu

z tabulek: (hustota syté páry)

$10\ °C \ldots 9{,}4\ g/m^3$

$15\ °C \ldots 12{,}8\ g/m^3$ … pozn. hodnoty upřesníme lineární interpolací

$25\ °C \ldots 21{,}73\ g/m^3$

$30\ °C \ldots 30{,}3\ g/m^3$

pro 28 °C k první hustotě ($21{,}73\ g/m^3$) přičteme $\frac{3}{5}$ (protože 28 je o $\frac{3}{5}$ z 5 větší než 25) $\frac{3}{5}$ z rozdílu mezi vyšší a nižší hustotou:

$$\rho^{28} = 21{,}73 + \frac{3}{5}\overbrace{(30{,}3 - 21{,}73)}^{8{,}57}$$

$$\rho^{28} = 26{,}872\ g/m^3$$

pro 13,8 °C

$$\rho^{13{,}8} = 9{,}4 + \frac{3{,}8}{5} \cdot \overbrace{(12{,}8 - 9{,}4)}^{3{,}4}$$

$$= 11{,}984\ g/m^3$$

(hmotnost vodních par v $1\ m^3$ vzduchu v místnosti)

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_{max}} = \frac{11{,}984}{26{,}872} =$$

$$\doteq 44{,}6\ \% \doteq 45\ \%$$

Aktuální vlhkost vzduchu 29.5.2017 v posluchárně fyziky byla přibližně 45 %. (zaokrouhleno na %)

Kmitání (ω)

Kmitání tělíska na pružině