

Tuhé těleso

Otáčivý pohyb kolem pevné osy

$$\omega, f, T, v$$

$$\omega = \frac{(\Delta \varphi)}{(\Delta t)} \quad v = r * \omega$$

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$M = r * F * \sin \alpha = d * f$$

Příklad 1:

Těžiště - hmotnostní střed tělesa

Statika - je třeba splnit dvě podmínky

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad - \text{není-li nula} \Rightarrow \text{pohyb}$$

$$\Sigma \vec{M} = 0 \quad - \text{není-li nula} \Rightarrow \text{rotace}$$

Mechanika tekutin (spojité prostředí)

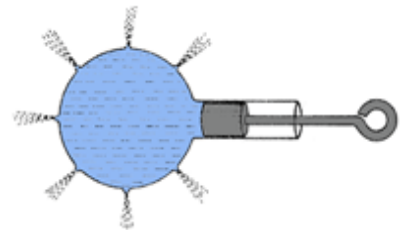
Tekutiny jsou kapaliny a plyny (efektně teče třeba oxid uhličitý).

Veličiny:

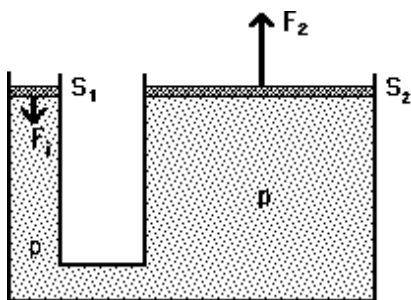
$$\text{Hustota: } \rho = \frac{m}{V} [kgm^{-3}] \quad \text{resp. } \rho = \frac{(\Delta m)}{(\Delta V)}$$

$$\text{Tlak: } p = \frac{F}{S} [Pa = Nm^{-2}] \quad \text{resp. } p = \frac{(\Delta F)}{(\Delta S)}$$

Pascalův zákon: Změníme-li tlak v jednom místě tekutiny, objeví se změna prakticky ihned ve všech místech tekutiny. (Rychlost zvuku v dané tekutině).



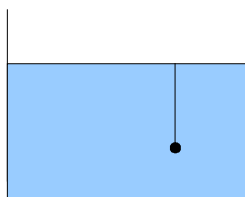
Hydraulické zařízení



$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 \\ \frac{F_1}{S_1} &= \frac{F_2}{S_2} \end{aligned}$$

F_2 je větší než $F_1 \Rightarrow$ využití v lisech, brzdách, zvedání atd.

Hydrostatický tlak



Je způsoben gravitačním polem, ve všech směrech je stejný!

$$p = \frac{F_g}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{(H\rho Sg)}{S} = h\rho g$$

Započítáme-li ještě tlak atmosféry dostaneme: $p = p_0 + h\rho g$

Atmosférický tlak

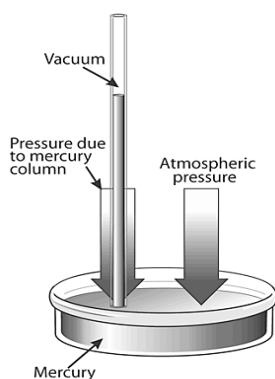
Tlak způsobený tíhou atmosféry (téměř hydrostatický tlak).

Příklad 1: Odhad $\rho = 1,2 \text{ kgm}^{-3} = 1 \text{ kgm}^3$, $p_A = 100 \text{ kPa} \Rightarrow$

$$p_A = h\rho g$$

$$h = \frac{p_A}{\rho g} = \frac{10^5}{1 \cdot 10} = 10 \text{ km} \quad (10 \text{ km nad námi})$$

Torricelliho pokus



$$\Delta h\rho g = p_A$$

$$h = 75 \text{ cm}$$

$$\rho = 13500 \text{ kgm}^3$$

$$p_A = 0,75 \cdot 13500 \cdot 9,8 = 99 \text{ kPa}$$

Normální tlak: $1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 760 \text{ torrů}$

Změny tlaku:

$$1. \text{ Pokles s výškou: } p_A = p_0 \cdot e^{\frac{-\rho_0 h g}{p_0}} \quad e = 2,71$$

2. Počasím - horizontální tlakové pole, tlak přepočtený na hladinu moře.

Příklad 1: Vývěva - výroba vákua

$$d = 15 \text{ cm}$$

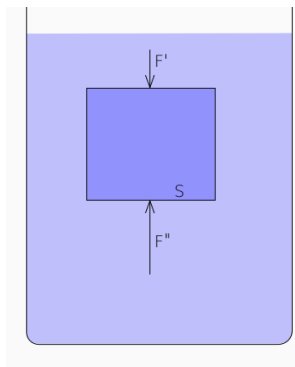
$$F = p \cdot S = \frac{p_A \cdot \pi d^2}{4}$$

$$F = \frac{101000 \cdot 3,14 \cdot 15^2}{4}$$

$$F = 17839125 \text{ N} = 17,8 \text{ MN}$$

Vztlaková síla

Archimédův zákon



Rozdíl sil F'' a F' je F_{vz} - vztlaková síla, síly F'' a F' jsou způsobeny hydrostatickým tlakem.

V případě, že je těleso ponořeno jen z části, musíme započítat jen tu ponořenou část!

Vztlaková síla působí i ve vzduchu, jen je pro člověka zcela zanedbatelná (pro takové pírkó už ne).

$$\begin{aligned}F_G &= F_{vz} \\ F_{vz} &= mg = V \rho g \\ F_{vz} &= V \rho_k g\end{aligned}$$

Příklad 1: Počítáme nosnost balónu

$V = 3000 m_3$ - obsah balónu

$M_B = 320 kg$ - váha samotné konstrukce balónu

$t_B = 70^\circ C$, $\rho_B = 1,023 kgm^{-3}$

$$\begin{aligned}F_g &= F_{vz} \\ m_B g + V \rho_B g + mg &= V \rho_{20} g \\ m_B + V \rho_B + m &= V \rho_{20} \\ m &= V(\rho_{20} * \rho_B) - m_B\end{aligned}$$

1. Venku je $20^\circ C$ $\rho_{20} = 1,204 kgm^{-3}$

$$\begin{aligned}m &= V(\rho_{20} * \rho_B) - m_B \\ m &= 3000(1,204 - 1,023) - 320\end{aligned}$$

$$m = 223 kg$$

2. Venku je $0^\circ C$ $\rho_{20} = 1,295 kgm^{-3}$

$$\begin{aligned}m &= V(\rho_0 * \rho_B) - m_B \\ m &= 3000(1,295 - 1,023) - 320\end{aligned}$$

$$m = 496 kg$$

Hydrodynamika a aerodynamika

Praktický význam (letadla)

Většinou zkoumáme proudění ideální kapaliny, skutečnou kapalinu – reálnou kapalinu.

Ideální kapalina – nestlačitelná, bez vnitřního tření (viskozity)

Proudění:

- Laminární - rovné
- Turbulentní - v čase se mění

Proudnice - v čase neměnné, naznačují nám proud kapaliny.

Objemový průtok - $Q_v = \frac{V}{t} [m^3 s^{-1}]$

Různě široké potrubí propojené:

$$\begin{aligned} Q_{v1} &= Q_{v2} \\ \frac{V}{t} &= \frac{V}{t} \\ \frac{S_1 v_1 t}{t} &= \frac{S_2 v_2 t}{t} \Rightarrow \text{rovnice kontinuity (musí platit, že } V \text{ je stejné v bodech } S \\ S_1 v_1 &= S_2 v_2 \end{aligned}$$

Bernoulliho rovnice

Zákon zachování energie, tlaková potenciální energie

$$\Delta E_{p1} = W = Fs = p_1 S_1 s = p_1 \Delta V$$

$$\Delta E_{p2} = p_2 \Delta V$$

$$\Delta E_{p1} - p_1 \Delta V - p_2 \Delta V = (p_1 - p_2) \Delta V$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) \quad (m = \rho \Delta V)$$

$$(p_1 - p_2) \Delta V = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$$

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

Přidáme gravitační potenciální energii $mgh \rightarrow \rho gh$

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho gh = \text{konst} \quad \text{ZZME - zákon zachování mechanické energie}$$

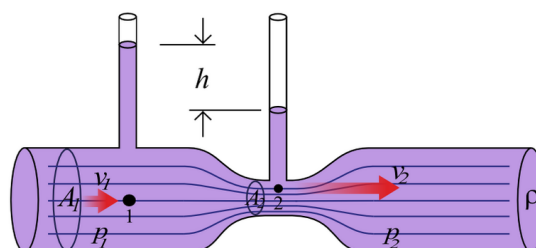
Zvětší se rychlost - zmenší se tlak $\Rightarrow$ hydrodynamický paradox (dva papíry mezi které foukáme).

Příklad 1: Venturiho vodoměr

$$Q_v = S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{Q_v}{S_1}$$

$$v_2 = \frac{Q_v}{S_2}$$



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

$$\frac{1}{2} \rho \frac{Q_v^2}{S_1^2} + p_1 = \frac{1}{2} \rho \frac{Q_v^2}{S_2^2} + p_2$$

$$\frac{1}{2} Q_v^2 \left(\frac{1}{S_1^2} - \frac{1}{S_2^2} \right) = p_2 - p_1$$

$$Q_v = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho \left(\frac{1}{S_1^2} - \frac{1}{S_2^2} \right)}}$$

Pozn: Vztlak na křídlech (letectví - magie)

Odporová síla

Newtonův vztah: $F_{ODP} = \frac{1}{2} C \rho S v^2$ kde C - koeficient odporu, ρ - hustota, S - plocha průřezu (v nejširším místě), v - vzájemná rychlost.

Různé koeficienty: Kapka - 0,03, koule - 0,48, deska - 1,12, auto - 0,3 až 0,4

Příklad 1: Škoda Fabia $C=0,33$, $S=2,1 \text{ m}^2$, $\rho=1,3 \text{ kg m}^{-3}$

1. Při 90 km h^{-1}

$$F_{ODP} = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$

$$F_{ODP} = 182 \text{ N}$$

2. Při 120 km h^{-1}

$$F_{ODP} = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$

$$F_{ODP} = 491 \text{ N}$$

3. Při 150 km h^{-1}

$$F_{ODP} = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$

$$F_{ODP} = 783 \text{ N}$$

Auto, Odpor + valivé tření. pohyb pomocí síly třecí síly (pneumatika - asfalt)

Příklad 2: Mezní rychlost pádu

Parašutista 220 km h^{-1}

Míček 150 km h^{-1}

Kapka 25 km h^{-1}

$$V=\frac{4}{3}\pi r_2=14\,mm^3$$

$$S=\pi r=7\,mm^2$$

$$\rho \acute{e} 1,3\,kgm^{-3}$$

$$C=0,48\,F_{ODP}=F_g$$

$$\frac{1}{2}CS\,\rho\,v^2=V\,\rho_v\,g$$

$$v=\sqrt[2]{\frac{2V\,\rho_v\,g}{CS\,\rho}}$$

$$v=8\,ms^{-1}$$

Molekulová fyzika a termika

Zabývá se podrobně co se děje v látce.

Dva přístupy jak popisovat co se děje

- Mikroskopický – zkoumá strukturu na mikroskopické úrovni, na základě toho vysvětluje co vysvětlit lze.
- Makroskopický – zkoumá stav nějaké soustavy a její změny.

Mikroskopický přístup

Atomová hypotéza – „všechno se skládá z atomů, malých částic, které se neustále neuspořádaně pohybují“

Atomy lze vidět pomocí elektronového mikroskopu – hmatová metoda – hrot končí jedním atomem – elektrický proud (díky němu pozná jak daleko je od povrchu).

Historie

Filosofové ve starém Řecku, často a rádi přemýšleli z čeho je svět. Démokritos – přišel s pojmem atom (atomos = nedělitelný) – pouze teorie.

Chemie, Avogadro, Brownův pohyb – Brown pozoroval, pylová zrníčka, která „cestovala“, sváděl to na bakterie. Až v roce 1905 dokázal Einstein z analýzy vypočítat velikost molekul atd.

Atomy jsou „malé“

Řádově $10^{-10} m = 0,1 nm$

$1 mol$ - počet atomů v 12 gramech $^{12}_6C = 6,022 \cdot 10^{23} = N_A$

N_A - Avogadrova konstanta

Látkové množství: $n = \frac{N}{N_A}$

Atomová hmotnostní jednotka: $M_u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$ - což je tolik, kolik váží proton (neutron).

Relativní atomová hmotnost: $A_r = \frac{M_A}{M_u}$ - kolik obsahuje protonů a neutronů.

Molární hmotnost - $M_m = \frac{m}{n}$ - hmotnost 1 molu: $[M_m] = kg mol^{-1} \dots g mol^{-1}$

Dva přístupy:

$m = M_m \cdot n$ - přes látkové množství

$m = m_a \cdot N = A_r \cdot M_u \cdot N$ N - počet částic

Příklad 1:

1. Kolik je molekul ve sklenici vody o objemu $0,2 l$

$$N = \frac{m}{m_1}$$

$$m_1 = A_R * m_u$$

$$N = \frac{m}{M_R * m_u} \quad - m_1 \text{ je hmotnost jedné molekuly,}$$

$$N = \frac{0,2}{18 * 1,66 * 10^{-27}}$$

$$N = 6,69 * 10^{24}$$

2. Sklenici vylijeme do moře, promíchání a znovu nabrání. Kolik původních molekul naberu.

$$V = 1338 * 10^{18} m^3$$

$$\frac{0,2 * 10^{-3}}{1338 * 10^{18}} * 6,69 * 10^{24} = 1$$

=> Homeopatie => ještě větší ředění => ...

Brownův pohyb

Atomy se neustále neuspořádaně pohybují. Neuspořádaně – statistické chování, absolutní náhoda. při velkém počtu molekul (N) => zákonité chování. Neustále – odpuzují se díky elektrické síle.

V pevném tělese atomy drží pevně na svých pozicích, ale neustále kmitají.

Základy termiky

Makroskopický přístup, termodynamika

Základní pojmy:

- Soustava a okolí – přesné ohraničení soustavy, zbytek je okolí
 - Izolovaná soustava – nepůsobí na ni zvenku žádná síla, nedochází k výměně energie ani hmoty s okolím. Například termoska

0. zákon termodynamiky: Každá soustava, která je od určitého okamžiku v neměnných vnějších podmínkách, dospěje do rovnovážného stavu v němž zůstává dokud se vnější podmínky nezmění.

Rovnovážný stav – stavové veličiny jsou neměnné, popisují stav soustavy – tlak, teplota...

Relaxační doba – doba za jak dlouho nastane rovnovážný stav

Měření teploty

Teplotu měříme pomocí rovnovážného stavu (díky 0. zákonu termodynamiky). Po relaxační době nastane rovnovážný stav => známe teplotu.

Využití závislosti nějaké fyzikální veličiny na teplotě:

- Plynový nebo kapalinový teploměr
- Bimetalový
- Elektronický
- Radiační (infračervený)

Teplotní stupnice

Celsiova stupnice – 1730 – za normálního tlaku.

Vzal s teplotu tání ledu (naházal led do studené vody do izolované misky) => 0°C

Jako druhou teplotu vzal teplotu vody ve varu.

Fahrenheitova stupnice - 1724 - sůl s ledem (-18°C) $\Rightarrow 0^{\circ}\text{F}$, teplota zdravého člověka ($37,7^{\circ}\text{C}$) $\Rightarrow 100^{\circ}\text{F}$. Převod: $t_F = \frac{9}{5}(t_c + 32)$ a zpět $T_c = \frac{5}{9}(t_F - 32)$

Termodynamická - Kelvinova stupnice - jako základní bod je absolutní nula - 0K , trojný bod vody - při stejné teplotě existuje led, pára i kapalina - nemůže nastat za atmosférického tlaku - $273,16\text{K}$. $T = t_c + 273,15$ A zpět $t_c = T - 273,16$

	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	K
Nejnižší teplota na zemi	-71°C	$-95,8^{\circ}\text{F}$	202 K
Varu dusíku	-196°C	-320°F	77 K
Tání hliníku	660°C	1220°F	933 K
Povrch Slunce	5497°C	$9926,6^{\circ}\text{F}$	5770 K

1. Zákon termodynamiky

Byl první, až po tom ustanovili fyzici nultý - bylo jim to samozřejmé.

Pokus 1: Necháme nepružnou kuličku spadnout na podložku. Mechanická energie se nezachovává

Pokus 2: Brzdy v autě, meteorit, třením $\rightarrow$ oheň - Při úbytku mechanické energie roste teplota (například auto z velké mechanické energie zpomalí brzdami a ty se zahřívají).

Vnitřní energie - je součet kinetické energie náhodného pohybu částic + jejich celkové potenciální energie.

1. Tepelná energie - kinetická energie pohybu
2. Energie chemické vazby - rozdělování vazeb
3. Jaderná energie - štěpení jader atomů
4. Energie záření - například záření od Slunce k Zemi

Pokus 3: Benzinový motor - po zapálení roste teplota, ale mechanická energie se nemění. Energie je „uložená“ v molekulách benzínu a chemicky se přeměňuje. Vnitřní energie.

Pokus 4: Hrnek s čajem - čaj chladne = předává energii okolí. Vnitřní energie

Zákon:

$$\Delta U = W + Q, \quad U - \text{změna vnitřní energie, } W - \text{práce, } Q - \text{teplo}$$

Vyjádření principu zachování energie

Perpetuum mobile (1. druhu) - výroba více energie než mu dodáme jako počáteční impuls, dle současných zákonů nelze perpetuum mobile sestavit.

Změna vnitřní energie konáním práce:

1. Parní stroj, motor

$$W = F \cdot s = p \cdot S \cdot \Delta l = p \Delta V - \text{změna objemu plynu}$$

2. Tření - těleso s rychlostí v končí po dráze s s rychlostí $v=0$

$$W = F s = \Delta E = \frac{1}{2} m v^2$$

3. Havárie raketoplánu Columbia - o kolik se zmenšila mechanická hmotnost raketoplánu ($m = 68\text{t}$), s jakým výkonem ho síly brzdili?

$$14:44 \rightarrow h = 121\text{ km}, \quad v_1 = 7,5\text{ km s}^{-1}$$

$$14:49 \rightarrow h = 63\text{ km}, \quad v_2 = 5,5\text{ km s}^{-1}$$

$$E_p = mg \Delta h$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$E_p = 68000 * 10 * 58000$$

$$E_p = 39440000000 = 39,44 \text{ GJ}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2)$$

$$E_k = \frac{1}{2} * 68000 * (7500^2 - 5500^2)$$

$$E_k = 8,84 * 10^{11} \text{ J} = 884 \text{ GJ}$$

$$E_p + E_k = 923,44 \text{ GJ}$$

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

$$P = \frac{923,44 * 10^9}{900}$$

$$P = 1 * 10^9 \text{ W} = 1 \text{ GW}$$

Tepelná výměna

Kamna - teplejší, hrnec - studenější => tepelná výměna tepla (Q).

Teplo - energie vyměněná mezi tělesy v důsledku teplotního rozdílu mezi nimi

Tepelná kapacita



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

c - měrná tepelná kapacita materiálu

C - tepelná kapacita tělesa

CO?	$c [J kg^{-1} K^{-1}]$
Olovo	128
Měď	386
Hliník	900
Led	2220
Líh	2430
Voda	4180
Vzduch	~ 1000

=> využití vody ke chlazení atd.

Kalorimetr - tepelná výměna v tepelné izolaci.

Příklad 1: Kolik stojí ohřátí 1 litru vody z 20°C na 100°C se 100% účinností, při ceně 3,50 Kč/1 kWh.

$$Q = mc \Delta t$$

$$Q = 1 \cdot 4180 \cdot 80$$

$$Q = 334400 J$$

$$1 kWh = 1000 \cdot 3600 J = 3,6 MJ$$

$$\text{Cena: } \frac{0,344}{3,6} \cdot 3,5 = 0,32 \text{ Kč}$$

Mechanismy přenosu tepla

1. Vedení tepla - pouze při dotyku

$$\frac{Q}{t} = \frac{k \cdot S}{d} \cdot \Delta t \quad K - \text{koeficient topné vodivosti} \quad [W m^{-1} K^{-1}] \quad , \text{ Hliník } 235, \text{ Suchý vzduch}$$

0,026, cihly - 0,2 až 1,2.

Využití ve stavebnictví

2. Proudění - vlastnost tekutin, hlavní význam v atmosféře.
3. Záření - infračervené záření (někdy nazývané tepelné) - každé teplé těleso je zdrojem tohoto záření. Slunce - $1400 W m^{-2}$

2. Zákon termodynamiky

Neuspořádanost (entropie) uzavřeného systému roste při ději nevratném, zůstává při ději vratném, nikdy neklesá.

$$\Delta S \geq 0 \quad - \text{v uzavřeném systému}$$

Příklad 1: Do dvou částí nádoby dáme dva různé plyny -> nastává nevratný děj -> na konci

budou oba plyny promíchány. (Neuspořádanost se zvětšila)

Příklad 2: Padající kulička: před dopadem – jako celek se pohybuje dolů, při nárazu se molekuly rozpohybují náhodně. Mechanická energie => tepelnou energii – proces je nevratný (resp. Je to velmi nepravděpodobné aby kulička vyskočila zpátky).

Pravděpodobnost, že se vzduch v místnosti se shlukne v jedné části místnosti.... Každá

molekula se chová náhodně.... Je $p = \left(\frac{1}{2}\right)^N$ (pokud bychom chtěli všechny molekuly v jedné polovině místnosti)

Tepelné stroje

Jak přeměnit teplo na práci. Již ve starověku se o to pokoušeli, ale až v 19. století (století páry) se to podařilo.

Sadi Carnot – objevil základní princip

Teplejší těleso T_H -> teplo do stroje Q_H -> koná práci W -> zbytkové teplo (chladič) Q_s

Nikdy nebude efektivita 100%, musí platit ZZE $Q_H = W + Q_s$. Ideální stroj: $\eta = \frac{T_H - T_s}{T_H}$ -

ideální chladič by musel mít 0 K.

Parní stroj, parní generátor, spalovací motory, proudové motory, raketové motory

Chladicí zařízení

Teplejší těleso T_H <- teplo do stroje Q_H - <- koná práci W <- zbytkové teplo (chladič) Q_s

$$Q_s + W = Q_H$$

Účinnost: $\eta = \frac{Q_s}{W}$

Struktura a vlastnosti plynů

Má hodně malou hustotu, je dobře stlačitelný, teče, většinou je průhledný.

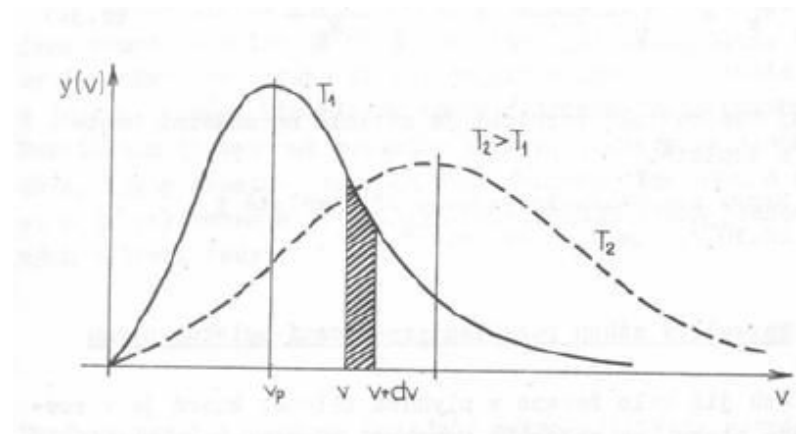
Kinetická teorie - plyn se skládá z molekul = hmotné body, obyčejná mechanika, statistika.

Ideální plyn - molekuly jsou hmotné body daleko od sebe. Molekuly se srážejí dokonale pružnými srážkami.

Rozložení rychlostí molekul v plynu - Lammertův pokus - zdroj plynu, překážka s úzkou štěrbinkou, dva kotouče se štěrbinou - vzájemně posunuty, na konci byl terč.

Dva kotouče se otáčejí => kotouči prolétají jen ty rychlosti, které chceme. Měnil frekvenci => určité počty molekul mají stejnou rychlost.

J.C. Maxwell - teoreticky odvodil rozložení rychlostí v ideálním plynu. Graf: V_p - nejpravděpodobnější rychlost (vrchol křivky). V - průměrná rychlost (pod vrcholem)



$$V_K = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{m_M}} \quad \text{- střední kvadratická rychlost - průměrná rychlost s } v^2$$

K = Boltzmannova konstanta = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
 T - teplota v Kelvinech
 m_0 - 1 molekula
 $R = 8,31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Příklad: $t = 20^\circ \text{C}$

Dusík N_2 - $m_M = 28 \text{ g mol}^{-1}$ $V_K = \sqrt{\frac{3RT}{m_M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,028}} = 510,75 \text{ ms}^{-1}$

H_2O - $m_M = 18 \text{ g mol}^{-1}$ $V_K = \sqrt{\frac{3RT}{m_M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,018}} = 637 \text{ ms}^{-1}$

Vodík - $m_M = 2 \text{ g mol}^{-1}$ $V_K = \sqrt{\frac{3RT}{m_M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,002}} = 1911 \text{ ms}^{-1}$

Vysvětlení nepřítomnosti vodíku a hélia v zemské atmosféře.

Stavová rovnice ideálního plynu

Makroskopicky - veličiny, kterého popisují plyn = stavové veličiny IP - tlak, objem, N (n) - počet částic (počet molů), T - teplota.

Jak spolu stavové veličiny souvisí?

Stavová rovnice byla odvozena na základě experimentů a měření.

Vypočítáváme jakým tlakem působí jedna molekula v imaginární krychli při srážce se stěnou:

$$\Delta p_x = m \cdot v_x \cdot 2 \quad F = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{2a}{v_x}$$

$$p = \frac{\frac{2mv_x}{2a}}{\frac{v_x}{a^2}} = \frac{2mv_x^2}{2a^3} = \frac{mv_x^2}{a^3} \Rightarrow p = \frac{m}{a^3} * (V_{1x}^2 + V_{2x}^2 \dots) \Rightarrow p = \frac{m}{V} * N * \frac{3KT}{m} \frac{1}{3} \Rightarrow p = \frac{NkT}{V} \quad pV = nRT$$

Příklad 1: (7 z papíru) Odvoďte Avogadrovu konstantu

1 mol za normálních podmínek zaujme vždy objem 22,4 litrů. Důkaz:

$$p_A = 101,3 \text{ kPa}$$

$$t = 0^\circ \text{C}$$

$$pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$V = \frac{1 * 8,3 * 273}{101,3 * 10^3}$$

$$V = 0,022 \text{ m}^3 = 22 \text{ l}$$

Děje v plynech

Je-li množství plynu konstantní, pak

$$pV = nRT$$

$$\frac{pV}{T} = nR \quad - nR \text{ jsou konstantami}$$

$$\text{Děj s plynem: } \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Děj izotermický - za konstantní teploty: $p_1 V_1 = p_2 V_2$. V praxi jsou to děje probíhající velmi pomalu.

Děj izobarický - za konstantního tlaku: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$. V praxi chladíme uzavřený balónek.

Existence absolutní nuly

Děj izochorický - za konstantního objemu: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. V praxi je to děj v pevné uzavřené nádobě.

Příklad 1: Izobarický děj

$$t_1 = 80^\circ \text{C}$$

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

$$V_1 = 2 \text{ l}$$

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

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

$$V_2 = \frac{273 + 20}{273 + 80} * 2 \text{ l}$$

$$V_2 = 1,6 \text{ l}$$

Příklad 2: Izochorický děj

$$t_1 = 23^\circ \text{C}$$

$$p_a = 10^5 \text{ Pa}$$

$$t_2 = 40^\circ \text{C}$$

$$h = 0,42 \text{ m}$$

$$p_2 = p_a + h \rho g$$

$$p_2 = 10^5 + 0,42 \cdot 1000 \cdot 10$$

$$p_2 = (10^5 + 4200) \text{ Pa}$$

Příklad 3: vycházíme z příkladu 2

$y = kx + q \rightarrow p = kt + p_0$ - lineární funkce $\Rightarrow$ rovnice o dvou neznámých $\Rightarrow k, p_0, t$

Změna energie při dějích v plynech

1. Izotermický děj, $T = \text{konst.}$

$$\Delta U = W + Q$$

$$\Delta U = 0$$

$$Q = W \text{ (znamenko ignorujeme - nehraje roli)}$$

2. Izochorický děj, $V = \text{konst.}$

$$\Delta U = W + Q$$

$$W = 0$$

$$\Delta U = Q$$

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

3. Izobarický děj, $p = \text{konst.}$

$$\Delta U = W + Q$$

$Q_p = c_p \cdot m \cdot \Delta t \Rightarrow c_p > c_v$, protože u izobarického děje je nutno konat také práci W .

4. Adiabatický děj, $Q = 0$, $T = \text{konst.}$. Děj probíhá při dokonalé tepelné izolaci, takže soustava žádné teplo nepřijímá ani nevydává.

$$p_1 V_1^\kappa = p_2 V_2^\kappa$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} \text{ - polssonova konstanta}$$

$$\kappa = \frac{5}{3} \text{ - pro jednoatomový plyn}$$

$$\kappa = \frac{7}{5} \text{ - pro dvouatomový plyn}$$

Příklad 1: Pokud budeme ohřívat vzduch ve třídě, nejde ani o izochorický ani o izobarický děj, po zahřátí přebytečné molekuly místnost opustí (ať dveřmi, oknem...).

Referáty - důležité věci

Rakety - nic nového, znali je už staří Číňané, avšak kapalinové se objevují až ve 30. letech 20. století.

Nejpokročilejší rakety – německé A-4, technicky nejpokročilejší, jsou na nich založeny všechny dnešní rakety. W. von Braun – konstruktér.

Z jednočinného atmosférického čerpadla.

James Watt – vylepšoval parní stroj, našel sponzora => výroba vylepšených parních strojů a jejich prodej.

V 19. století se využívali téměř na všechno.

Příklad 2: Vysvětlete proč se teplota vzduchu s nadmořskou výškou zmenšuje, když teplejší vzduch stoupá vzhůru. Konvence vzduchu se dá přibližně modelovat adiabatickým dějem (vzduch vede špatně teplo). Pokuste se odhadnout teplotní rozdíl mezi nadmořskou výškou 0 m. N. m. (tlak 100 kPa) a v 1000 m. N. m. (88 kPa)...

Teplý vzduch stoupá, klesá tlak => masa vzduchu se roztahuje => ochlazuje se

Adiabatický děj ($Q=0$) - vzduch stoupá tak rychle, že si nestihne vyměňovat teplo s okolím. Změní objem.

$$h_1=0\text{ m} \quad p_1=100\text{ kPa} \quad t_1=20^\circ\text{ C}$$

$$h_2=1000\text{ m} \quad p_2=88\text{ kPa} \quad t_2=?^\circ\text{ C}$$

$$p_1 V_1^\kappa = p_2 V_2^\kappa$$

$$pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$p_1 * \left(\frac{nRT_1}{p_1} \right)^\kappa = p_2 * \left(\frac{nRT_2}{p_2} \right)^\kappa$$

$$\frac{p_1}{p_1^\kappa} * T_1^\kappa * (nR)^\kappa = \frac{p_2}{p_2^\kappa} * T_2^\kappa * (nR)^\kappa$$

$$p_1^{(1-\kappa)} * T_1^\kappa = p_2^{(1-\kappa)} * T_2^\kappa$$

$$\frac{p_1^{(1-\kappa)}}{p_2^{(1-\kappa)}} = \frac{T_2^\kappa}{T_1^\kappa}$$

$$T_2^\kappa = T_1^\kappa * \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{(1-\kappa)}$$

$$T_2 = T_1 * \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{(1-\kappa)}{\kappa}}$$

=> Pokles o 10°C na 1000 metrů

Fyzika pevných látek

Jaký je nejpevnější materiál (v tahu)? - Uhlíková nanovlákná, pavoučí vlákno.

Čistý křemík - k čemu? Výroba polovodičů

Sněhová vločka - proč má pravidelný tvar? Tvar šestiúhelníku, desublimace.

Koeficient bezpečnosti? Předimenzování nosnosti výtahu. Nejmenší u letadla (s vysokým by se neodlepil od země).

Nanotechnologie - uměle vyrobené technologie, založené na mikroskopických „součástkách“. Například nanovlákná.

Fyzika pevných látek tvoří v současné době až 50% výzkumu (počítáno fyziky pevných látek).

Teoreticky - kvantová fyzika

Pevné látky

Monokrystalické - je tvořena pouze jedním krystalem - drahokamy.

Polykrystalické - skládá se z mnoha krystalů (mnohdy jsou tak malé, že si toho člověk nevšimne), většina pevných látek - kovy.

Amorfni - beztvare - „málo tekutá kapalina“ - sklo, vosk.

(Makromolekulární - dřevo, plasty - organické molekuly)

(Heterogenní - beton)

Podle vazeb mezi atomy:

- Molekuly + krystalické látky
- Zbytek - plyny, kapaliny

Struktura monokrystalu

„Stavebnice“ - kostky stavebnice - atomy z PS; lepidlo - chemická vazba

Po zvětšení bychom viděli pravidelnou, silně periodickou skupinu. Pohyb (kmitají).

Geometrie

Krystalová mřížka - definuje uspořádání atomů v prostoru, vyjadřuje symetrii

Krystalová soustava - 7 druhů

Elementární buňka - to je to, co se v krystalu neustále opakuje

Jak? Z tvaru krystalu (pouze odhad), RTG difrakce

Fe alfa - různé krystalické soustavy

Prostorově centrovaná, krystalová soustava - krychlová. a - mřížkový parametr,
 $a = 0,287 \text{ nm}$; elementární kostičkou jsou jen 2 - středový a jakýkoliv jiný.

Příklad: Můžeme teoreticky odvodit hustotu železa

$$a = 0,287 \text{ nm}$$

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

$$\rho = \frac{2 * m_0}{a^3}$$

$$\rho = \frac{2 * A_R * m_u}{a^3}$$

$$\rho = \frac{2 * 56 * 1,67 * 10^{-27}}{(0,287 * 10^{-9})^3}$$

Příklad 2:

NaCl - krychlová soustava, dva různé typy atomů.

Příklad 3: diamant - každý atom má 4 sousedy => pevnost

Fulereny - koule vytvořená z jedné vrstvy grafitu

Nanovlákná

Skutečný krystal - nemá dokonalou strukturu - objevují se zde poruchy - příměsi (příměsí nemůže být cokoliv). Využití skutečných krystalů - v polovodičích. Porucha - dislokace - čárová porucha, vrstvy jsou rozrušeny a napojeny o jednu vrstvu níž - dává kovům právě takové vlastnosti.

Metalurgie

Výroba Si

Deformace

Původ vlastností – druh vazby – elektrická síla

Různé druhy deformací:

- Tahem
- Tlakem
- Ohýbáním
- Smykem
- Kroucením (torzí)

Deformace:

- Plastická – zůstane v deformovaném tvaru (tzn. trvalá)
- Elastická – vrací se do původního tvaru

Normálové napětí $\sigma = \frac{F}{S} [Pa]$ (normála – kolmá přímka na tečnu kružnice)

Mez pevnosti σ_{max} - kdy materiál praskne.

Příklad: lano – délka l , jaké nejdelší lano je možné vyrobit z oceli, aby uneslo svoji vlastní váhu

Mez pevnosti $\sigma = 2 GPa$

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{S} = \frac{F_g}{S} = \frac{S \cdot l \cdot \rho \cdot g}{S} \\ \sigma &= l \cdot \rho \cdot g \\ l &= \frac{\sigma}{\rho \cdot g} \\ l &= \frac{2 \cdot 10^9}{7600 \cdot 10} \\ l &= 26 km\end{aligned}$$

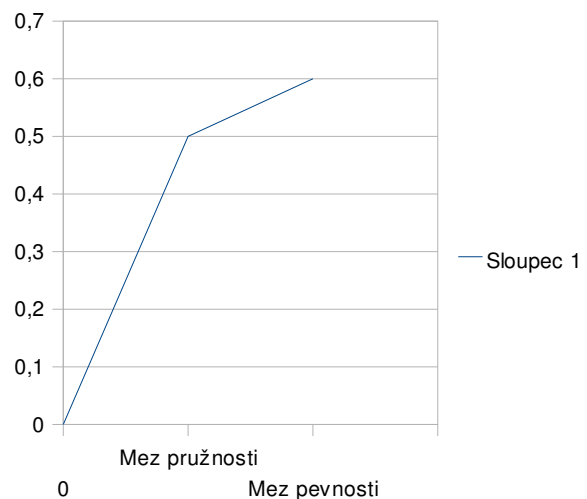
Hookeův zákon – princip objeven v roce 1676 – po mez pružnosti je to elastická, od meze pružnosti do meze pevnosti se materiál ničí, ale praská až za mezí pevnosti.

$$\begin{aligned}\frac{\Delta l}{l} &= \frac{1}{E} \sigma \Rightarrow \epsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ - relativní prodloužení} \\ \sigma &= E \cdot \epsilon\end{aligned}$$

E – youngův modul pružnosti

Ocel = E = 220 GPa, mez pevnosti = 0,3 – 2,0 GPa

Prodloužení oceli o 1% $\sigma = 220 \cdot 10^9 \cdot 10^{-2} = 2,2 \cdot 10^9 Pa$



Délková roztažnost

$$\begin{aligned}l &= l_0 (1 + \alpha \Delta t) \\ \Delta l &= l_0 \alpha \Delta t\end{aligned} \quad \alpha \text{ - součinitel délkové teplotní roztažnosti (cizím slovem dilatance).}$$

Kolejnice, bimetalové pásky (teploměry)

Změny skupenství

Jaká skupenství hmoty známe, a které je nejvíce zastoupeno. Kapalně, plazma, plyn, pevné. Nejvíce je plazmy.

Děšť, sníh, rosa - kondenzace

Při jaké tlaku voda vře - záleží na tlaku.

Jak dlouho by Temelín rozpouštěl ledovec.

Proč nás větrák v létě ochlazuje.

Skupenství = fáze

Vypařování - var

Plazma - ionizovaný plyn

Plazma -> plyn - ionizace

Změna skupenství - je charakterizována vnějšími podmínkami: tlakem a teplotou

Při změně skupenství látka buď přijímá nebo odevzdává skupenské teplo.

$$L = l \cdot m ; l - \text{měrné skupenské teplo (charakteristika látky)}, [L] = J$$

Příklad 1: máme 1kg ledu o teplotě 0°C

1. Kolik tepla je potřeba k roztavení ledu

$$l_T(\text{voda}) = 334000 \text{ Jkg}^{-1}$$

$$L_T = l_T \cdot m = 334000 \text{ J}$$

2. Kolik je potřeba k ohřátí vody na 100°C

$$Q = mc \Delta t = 1 \cdot 4800 \cdot 100$$

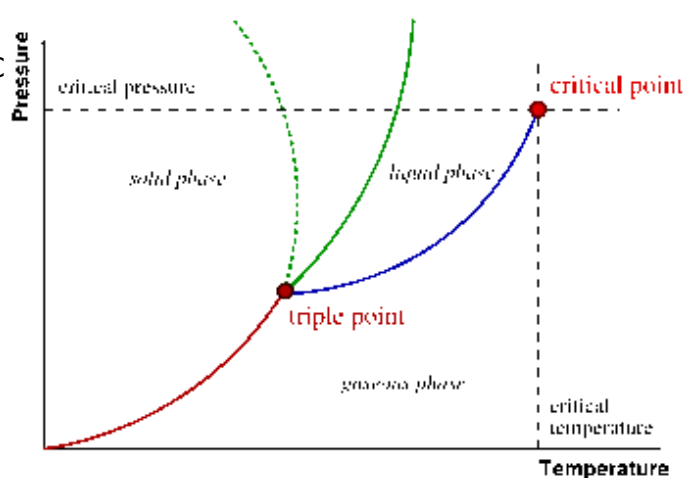
$$Q = 418000 \text{ J}$$

3. Kolik je potřeba k přeměnu na páru

$$l_v(\text{voda}) = 2260000 \text{ Jkg}^{-1}$$

$$L_v = l_v \cdot m = 2260000 \text{ J}$$

Fázový diagram (vpravo), trojný bod. Kritický bod - nelze poznat, jestli je to plyn nebo kapalina.



Meteorologie

Absolutní vlhkost vzduchu - hmotnost vodních par v kilogramech v 1m³ vzduchu

Maximální absolutní vlhkost - kolik maximálně se tam vejde vodní páry, je-li překročeno dochází ke kondenzaci.

Relativní vlhkost vzduchu - (%) - absolutní vlhkost děleno maximální absolutní vlhkostí

Rosný bod - teplota, při které začíná vzduch kondenzovat (ovlivněno tlakem).

Kmity, vlny, zvuk

K čemu mají hodiny kyvadlo? Jak víme, co je uvnitř země? Co mají společného světlo a zvuk? Jak funguje MP3? Jak vyrobit hudební nástroj? Proč spadnul most Tacoma Narrows?

Mechanické kmitání

Kmitání: *periodický pohyb kolem rovnovážné polohy* Příklady: Závažíčko na provázku, nebo závažíčko na pružince, hudební nástroj, most, strom, srdce, molekula.

Aby vznikl kmitavý pohyb – síla, která vrací těleso do rovnovážné polohy

Perioda – T – doba jednoho kmitu

Frekvence – f – počet kmitů za sekundu $f = \frac{1}{T} [Hz = s^{-1}]$

Amplituda – maximální výchylka

$x(t) = f \cdot t$

$x(t) = v \cdot t$ – rovnoměrný pohyb

Harmonické kmitání

ω – úhlová frekvence (rychlost) $\omega = \frac{(2 \cdot \pi)}{T}$

Nejjednodušší možné kmitání $\Rightarrow x(t) = x_m \cdot \sin(\omega t) = x_m \sin\left(\frac{t}{T} \cdot 2\pi\right)$

Příklad: střídavý proud, závaží na pružině

Podmínkou ke vzniku harmonických kmitů je, aby síla, která vrací těleso do rovnovážné polohy, byla přímo úměrná výchylce $\Rightarrow F = k \cdot x$

Příklad 1:

$$x(t) = 0,002 \cdot \sin(10\pi t) (SI)$$

x_m, f, T, ω

$$\begin{array}{lll} \omega = 10\pi & 10\pi = \frac{2\pi}{T} & f = \frac{1}{T} \\ x_m = 0,002m & T = 0,2s & f = 5Hz \end{array}$$

Rychlost, zrychlení

$$x(t) = x_m \sin(\omega t)$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v = \omega \cdot x_m \cdot \cos(\omega t)$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = -\omega^2 \cdot x_m \cdot \sin(\omega t)$$

Energie

V rovnovážné pozici je maximální kinetická energie, v krajní poloze – je polohová energie. Neustále se přeměňují.

$$E_k + E_p = \text{konst}$$

Tlumené kmitání – postupně utlumené

Skládání kmitů

Příklady: zavěšení dvou pružinek a dvou závaží (1 rozměrný příklad), zavěšení závaží, tak aby se mohla hýbat oba směry (2 rozměrný příklad)

Princip superpozice – výsledná výchylka se bude rovna součtu jednotlivých výchylek.

$$x = x_1 + x_2 + \dots$$

Stejná frekvence

Dvě sinusoidy, fázový posun ϕ . Součet: algebraicky $x = x_m \cdot (\sin(\omega t) + \sin(\omega t + \phi))$, grafiky (součet jednotlivých bodů) – největší amplituda je, když rozdíl je nejmenší =>

$$x_m = x_{m1} + x_{m2} \quad \text{nejnižší:} \quad x_m = x_{m1} - x_{m2}$$

Příklad 1:

$$f = 1 \text{ Hz}$$

$$x_m = 2 \text{ m}$$

1. Rovnice pohybu

$$\omega = 2\pi f = 6,28$$

$$x = x_m \sin(\omega t)$$

$$x = 2 \sin(6,28 \cdot t)$$

2. Maximální rychlost
3. Maximální zrychlení

Blízké frekvence

$$f = |f_1 - f_2|$$

Čím bližší frekvence, tím pomalejší budou rázy.

Rázy, záznamy

Různé frekvence

Orchestr (různé nástroje) => chaotický graf => naše ucho to dokáže zpracovat

„sin + sin + ...“ - = libovolná periodická funkce => fourierova řada => každá má jen dva parametry. MP3 - komprese zvuku, JPG, Video...

Nucené kmitání

Př: na houpačce

Každý oscilátor má svou vlastní frekvenci kmitání danou jeho parametry.

Nutící síla má frekvenci f_1 , pokud $f = f_1$ - nastala rezonance.

Vlnění

Elektromagnetické vlny - mobil, rádio

Světlo - morseovka, optickým kabelem

Telefon - elektrický proud

Hlasem – zvuk – taky vlnění

Základní principy:

- Přenos tělesa z místa a na místo b – klasika, doprava dopisem, mnou, holubem.
- Vlnění – informace se dostala na místo, ačkoliv by těleso přemístilo

Rozdělení:

- Mechanické – zdrojem je mechanické kmitání, které se šíří v nějakém pružném prostředí.
Př: zvuk, vlny na vodní hladině, seismické vlny
- Elektromagnetické – zdrojem je elektromagnetické kmitání, které se šíří ve vakuu nebo v látce
Pr: rádio, mobil televize, mikrovlny, radar

Rozdělení:

- Podélné vlnění – ve směru šíření, podél osy
Pr: zvuk
- Příčné vlnění – šíří se „do boku“, kolmo na směr šíření - elektromagnetické, seismické vlny

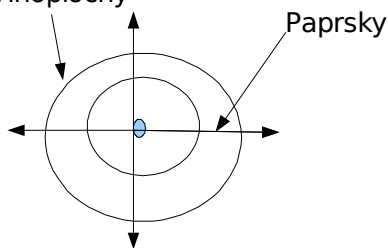
Písemka v úterý 8. 4. - na kmitání

Šíření vlnění v prostoru

Od zdroje se šíří do všech směrů stejně.

Kulová vlna:

Vlnoplochy



Rovinná vlna – když už jsou paprsky rovnoběžné

Rovnice vlnění



Zdroj: $y = y_m \cdot \sin(\omega t)$ (- výchylka v čase t)

v – rychlost šíření

$$t_z = \frac{x}{v}$$

$$y = y_m \cdot \sin(\omega(t - t_z))$$

$$y = y_m \cdot \sin\left(\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) \quad \text{Tz je zpoždění, } \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{v} = k \quad - \text{ vlnové číslo}$$

$$y = y_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\omega}{v} \cdot x\right)$$

$$y = y_m \cdot \sin(\omega t - kx) \quad \text{Funkce 1. času, 2. polohy } x \Rightarrow \text{funkce dvou proměnných}$$

když $t = \text{konstatní}$, pak bude obrázek kmitání „zmražen“ - tzn. jako bychom vyfotili. λ - vlnová délka - délka vln.

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f} \quad - \text{vztah mezi rychlostí šíření vlny a frekvencí.}$$

Vzorečky:

$$y = y_m \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f} \quad - \text{zapamatovat}$$

$$\omega = 2\pi f \quad - \text{zapamatovat}$$

$$k = 2\frac{\pi}{\lambda}$$

Příklad 1: Zvuk

$$f = 200 \text{ Hz}$$

$$v = 300 \text{ ms}^{-1} \quad (\text{ve vzduchu})$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = 300 / 200 = 1,5 \text{ m}$$

Příklad 2: Wifi

$$v = c = 300\,000 \text{ kms}^{-1}$$

$$f = 2,4 \text{ Ghz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ m}$$

Příklad 3: rovnička

$$y_m = 10 \text{ cm}$$

$$v = 5 \text{ ms}^{-1}$$

$$f = 2 \text{ Hz}$$

$$y = y_m \cdot \sin(\omega t - kx)$$

$$y = y_m \cdot \sin\left(2\pi f t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$$y = 0,1 \sin\left(4\pi t - \frac{4\pi x}{5}\right)$$

Jevy vlnění v prostoru

Pohlčení - například nějaká pružná látka, nikdy nelze pohlčit 100%.

Odraz

Lom

Interference – skládání

Rozptyl

Ohyb

Dopplerův jev

Interference

(Skládání, sčítání)

Princip superpozice – vlnění v prostoru a čase

Destruktivní $\Delta x = \frac{\lambda}{2} \quad \frac{3}{2}\lambda$

Konstruktivní - $\Delta x = 0 \quad \lambda$ - vlny jsou posunuté tak, že se po odrazu/sečtení nezničí.

Stojaté vlnění – šíření vlny v uzavřeném prostoru – odraz a cesta zpátky. Pevný konec – daná překážka. Volný konec.

Příklady: Akustika místnosti, optika

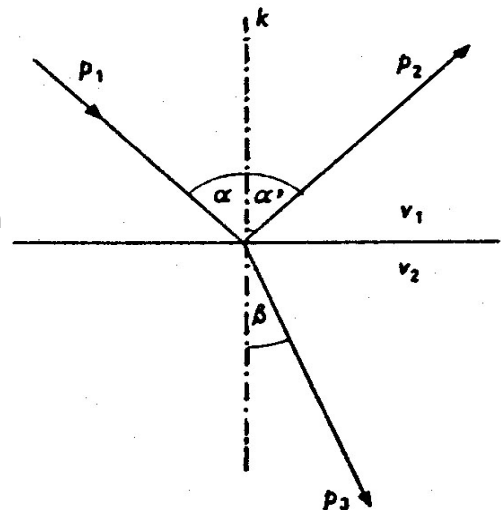
Odraz

Při dopadu vlnění na plochu dojde k odrazu a pohlcení (průchod)

Při dopadu na hladkou plochu platí zákon odrazu:

$$\alpha = \beta$$

Při dopadu na nehladkou plochu dojde k odrazu do všech směrů



Lom

Nastává na odlišném prostředí, musí se lišit rychlostí jakou se tam vlnění šíří

Huygensův princip – druhý obrázek

$$\sin \alpha = \frac{v_1}{d}$$

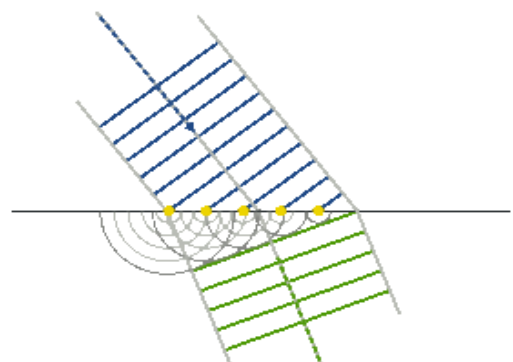
$$\sin \beta = \frac{v_2}{d}$$

- zákon lomu

$$\frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{v_2}{\sin \beta}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Totální odraz – nemůže se zlomit => odráží se => zvuk ve vodě se odrazí od hladiny, nahoře není nic slyšet!

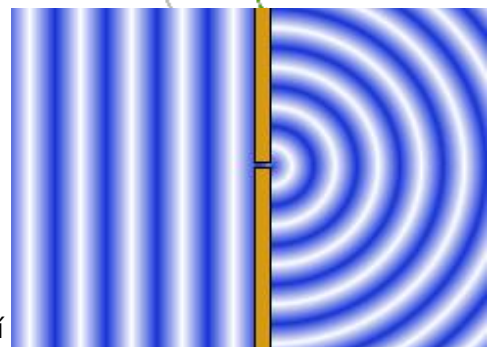


Rozptyl

Nastává v nehomogenním prostředí – spousta odrazů a lomů – posvícení do mlhy

Ohyb

Síla ohybu závisí na vlnové délce - λ - čím větší, tím větší



ohyb. Světlo – zvuk – rádiové vlny.

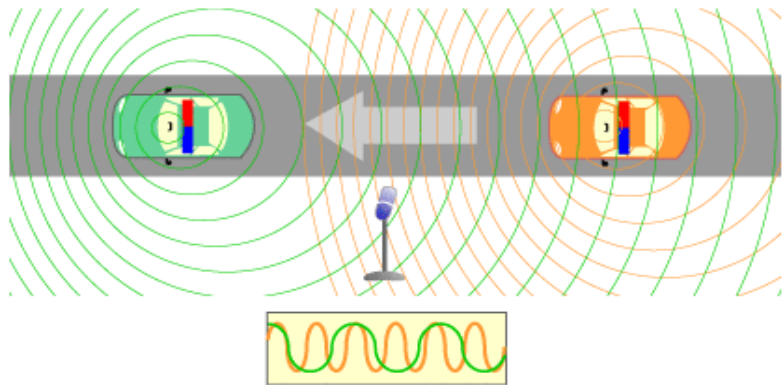
Dopplerův jev

1842 – pražský rodák Ch. Doppler

Změna frekvence při vzájemném pohybu zdroje a pozorovatele

Jede-li sanitka k nám slyšíme vyšší frekvenci, když se vzdaluje tak nižší.

Rudý posuv – dokázáno že vesmír se rozpíná.



Akustika

Fyzikální, hudební, stavební, elektroakustika, fyziologická - multioborová

Zvuk je vlnění, o frekvenci, kterou slyší ucho (20 Hz – 20 kHz).

Menší frekvence než 20 Hz – infrazvuk

Vyšší frekvence než 20 kHz – ultrazvuk

Zdrojem zvuku je mechanické kmitání. Zvuk se šíří vzduchem, případně kapalinou nebo pevnou látkou.

Liší se v rychlosti šíření – čím pevnější je uspořádání – tím rychleji se šíří. Ve vzduchu je rychlost asi 340 m/s (záleží na teplotě a vlhkosti). Ve vodě je asi 1500 m/s, v oceli 5000 m/s

Zvuk analogově - $u(t) = \dots \rightarrow x(t) = \dots$ napětí na výchylku

Zvuk digitálně - $x(t) = \dots \rightarrow A - D$ převodník : řada čísel frekvence časového snímání - vzorkovací frekvence

Zvuk – neexistuje ostrá hranice:

Hudební akustika

- Tóny – jsou periodické
 - Výška – dána frekvencí tónu
Pythagoras – objevil v kovárně, že délka tyče ovlivňuje zvuk a že některé různé tyče spolu ladí a neladí. (Příjemně vnímáme pouze poměry frekvencí vyjádřené poměrem malých celých čísel
Galilei, Newton – vysvětlili zvuk
 - Hlasitost - amplitudou
 - Barva – tvarem funkce
- Hluky – neperiodické

Výška tónu

Melodie – je určena poměrem frekvencí. (absolutní výšku tónu běžný člověk nepozná)

Poměr 2:1 – oktáva, 3:2 – kvinta, 4:3 – kvarta

Hudební stupnice – C-DUR - $440/5)^*3$

	C	D	E	F	G	A	H	C
Poměry f	1:1	9:8	5:4	4:3	3:2	5:3	15:8	2:1
f	264 Hz	297	330	352	396	440 Hz	495	528
T. ladění f	262	294	330	349	392	440 Hz	494	524

Temperované ladění – umožňuje na jeden nástroj zahrát více stupnic – 7 tónů a 5 půltónů, interval rozdělili na 12 dílů = 12 tónů, pravidelně – $2:1/12 \Rightarrow 12$ odmocnina ze 2 : 1

$262 \cdot 12 \times 12$ odmocnina ze 2

Barva tónu

Příklad struny – při rozkmitu struny vzniká stojaté vlnění $\Rightarrow$ různé možnosti (l = délka struny):

Jméno	Vlnová délka	f
Základní mód	$\lambda = 2l$	$f = \text{základní frekvence}$
Druhý harmonický mód	$\lambda = l$	$2f$
Třetí harmonický mód	$\lambda = 2/3 l$	$3f$
...		

Princip superpozice - každý zvuk struny vzniká složením různých harmonických módů

Skládání kmitů různých frekvencí => fourierova řada.

Frekvenční spektrum zvuku - jaké jsou tvořící frekvence, toto slyšíme (nikoliv tvar funkce).

Intenzita a hlasitost

Akustický výkon - $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$

Na určité místo v prostoru přichází zvuk o určité intenzitě - $I = \frac{\Delta P}{\Delta S} [Wm^{-2}]$

Lidské ucho slyší intenzitu od $10^{-12} Wm^{-2}$ po $1 Wm^{-2}$ => vnímáme zvuk logaritmicky =>

Hladina intenzity - $\beta = 10 * \log \frac{I}{I_0} [dB]$ - $I_0 = 10^{-12} Wm^{-2}$ - práh slyšení - v intervalu od <0;120> dB

I	10^{-12}	10^{-11}	...	10^{-2}	10^{-1}	1
β	0	10	...	100	110	120

Elektrický proud

Kolik elektrických spotřebičů máte doma?

Jaký vynález umožnil rozvoj elektrotechniky? - Voltův článek – zdroj proudu napětí.

Co škodí našemu tělu? Proud či napětí. - Proud – ničí tělo, zahřívá, rozkmitává.

Jaký materiál je nejlepší vodič. - Supravodič – odpor nula.

Princip zdrojů světla.

Základní pojmy:

- Podle průběhu proudu
 - Stejnoseměrný - DC
 - Střídavý - AC
- Podle látky ve kterém proud prochází
 - Kov – volné elektrony
 - Polovodičem – volné elektrony (je jich málo)
 - Supravodiče
 - Plynem – ionty atomy plynu nebo elektrony
 - Kapalinou – ionty přítomné v kapalině

- Definice elektrického proudu

Jaké množství náboje projde nějakým místem (určitým průřezem)

$I = \frac{Q}{t}$ ($i = \frac{dQ}{dt}$ - kratičkový interval) – Jednotka 1 Ampér (je základní jednotka, na rozdíl od Coulombu)

Směr proudu + → - (ve skutečnosti je to přesně naopak)

- Elektrický obvod

Musí se skládat ze 3 částí: zdroj, vodič(e), spotřebič. Vodiče uzavírají okruh, obvod.

Napětí mezi kladným a záporným pólem zdroje, ve spotřebiči energii se energie přeměňuje na jinou formu.

Elektrony ve zdroji by chtěli ke kladnému, avšak musí vlivem napětí k zápornému pólu => je potřeba nějaká neelektrická síla.

Elektrická síla koná práci

Spotřebič

Převádí formy energií. Jeho základní vlastností je odpor R, který udává, jak velký proud bude v dané situaci procházet.

$$I = \frac{U}{R}$$

Jednotka odporu $VA^{-1} = \Omega$

Odpor závisí na různých parametrech (teplota, napětí)

Práce vykonaná elektrickou silou je:

$$W = Q \cdot U$$

$$Q = I \cdot t$$

$$W = I \cdot U \cdot t$$

Příkon:

$$P = U \cdot I$$

$$\frac{\Delta E_p}{Q} = \Delta \Phi = U \quad - \text{práce potřebná k přenesení určitého náboje.}$$

Zdroje napětí

Ideální zdroj - udržuje mezi dvěma póly požadované napětí bez ohledu na procházející proud.

Reálný zdroj - má vnitřní odpor (R_I) => při zatížení proud způsobí pokles napětí.

U_e - elektromotorické napětí - napětí nezatíženého zdroje - je dáno konstrukcí zdroje

U - svorkové napětí - napětí při zatížení.

Uzavřený obvod - ideální zdroj

$$I = \frac{U_e}{R}$$

Uzavřený obvod - reálný zdroj

$$I = \frac{U_e}{R + R_I}$$

Měkký zdroj - má R_I velké, například baterie, I_{max} je malé

Tvrdý zdroj - má malý vnitřní odpor, maximální proud je velký, například autobaterie.

Zdroj regulovaný - I_{max} je omezeno, například zásuvka, jistič (10A, 15A)

Zdroje v praxi

Galvanické články - nevýhoda: malá kapacita, malá životnost:

- Jednorázové
- Dobíjecí - po vybití se stává spotřebičem

Elektromagnetické generátory - spočívá na elektromagnetické indukci - neomezená kapacita - cívka, naopak nelze elektřinu skladovat.

Solární články - využívá energii slunečních paprsků

Termočlánky - kontakt dvou kovů zahříváme => dostáváme proud

Palivové články (vodík)

Fyziologické - například rejnok.

Zdroj AC/DC; napětí U_c (nezatíženého zdroje), vnitřní odpor, kapacita.

Příklad 1: baterie AA: kapacita 2000 mAh → 3x

$$P = 1 \text{ W}$$

$$Q = I \cdot t$$

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U}$$

2000 mAh => 2 Ah => 7200 As

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$t = \frac{Q}{\frac{P}{U}}$$

$$t = \frac{Q \cdot U}{P}$$

$$t = \frac{7200 \cdot 4,5}{1}$$

$$t = 32400 \text{ s} = 9 \text{ hodin}$$

Obvody

Kirchhofovy zákony

Sériové a paralelní zapojení

Sériové zapojení

Zapojení za sebou

R1, R2, R3

1. Proud bude všude stejný $I = I_1 = I_2 = I_3$
2. Napětí se dělí podle odporu jednotlivých rezistorů $U = U_1 + U_2 + U_3$, $U_1 = R_1 \cdot I$.
Největší napětí bude na největším odporu.
3. $R = R_1 + R_2 + R_3$

Př: vánoční světílka, ochranný odpor

Paralelní zapojení

Zapojení vedle sebe

1. Napětí je všude U
2. Proud se dělí podle R => největší proud jde větví, kde je menší odpor

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \quad - \quad I_1 = \frac{U}{R_1} \quad - \text{nepřímá úměrnost}$$

$$3. \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Příklady: elektrická síť

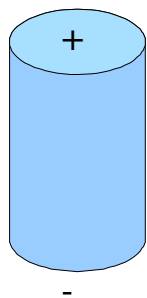
Př: kolik 100 V žárovek můžu zapojit jednoho okruhu ($U = 230 \text{ V}$) s jističem 10 A. Jaký bude celkový odpor a příkon.

$$I_1 = \frac{P}{U} = \frac{100}{230} = 0,43 \text{ A}$$

$$n = \frac{10}{0,43} = 23$$

$$P = 2300 \text{ W}$$

Elektrický proud v kovech



Co vede: volné elektrony - posunují se naprosto chaoticky, ale díky elektrickému pohybu se alespoň pohybuje ve směru intenzity.

↓ Tepelný pohyb: 10^6 ms^{-1}

Driftová rychlost: 10^{-5} ms^{-1} - posun elektronů vpřed

Šíření elektrické pole: $10^8 \text{ ms}^{-1} = c$

Jak určit R vodiče - nepřímá úměrnost:

S - průřez, l - délka, ρ - rezistivita - vlastnost materiálu Ωm

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Stříbro - $\rho = 1,62 \cdot 10^{-8} \Omega m$

Měď - $\rho = 1,69 \cdot 10^{-8} \Omega m$

Hliník - $\rho = 2,75 \cdot 10^{-8} \Omega m$

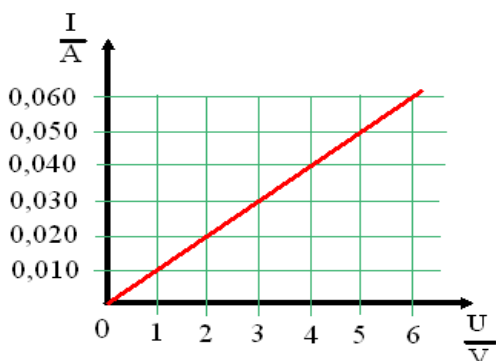
Železo - $\rho = 9,68 \cdot 10^{-8} \Omega m$

Polovodič-n - $\rho = 8,7 \cdot 10^{-4} \Omega m$

Sklo - $\rho = 10 \cdot 10^{14} \Omega m$

Přechodový odpor - vzniká při napojení vodičů příliš malou plochou.

Ohmův zákon



VA charakteristika kovového vodiče - závislost proudu na napětí.

$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{R} \cdot U$$

Zahříváním vodiče dochází ke zploštění přímky (do křivky) → lineární závislost → R je konstantní

Teplotní závislost odporu - $R = R_1(1 + \alpha \Delta t)$

α - vlastnost materiálu

Δt - rozdíl teplot

Příklad: Odpor, proud a příkon

$R_{\text{studené}} = 60 \Omega$ - odpor studeného vlákna za pokojové teploty

$R_x = 636 \Omega$

$\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$t = ?$ - teplota žárovky

$$R = R_1(1 + \alpha \Delta t)$$

$$R = R_1 + R_1 \alpha \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{-R_1 + R}{R_1 \alpha}$$

$$\Delta t = \frac{576}{60 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta t = 1920^\circ \text{C}$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$P = U \cdot I$$

Studené vlákno:

$$I = \frac{230}{60}$$

$$P = 874 \text{ W}$$

$$I = 3,83 \text{ A}$$

$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$P = U \cdot I$$

Teplé vlákno:

$$I = \frac{230}{636}$$

$$P = 83 \text{ W}$$

$$I = 0,4 \text{ A}$$

Supravodiče

Vede elektrický proud bez odporu, odpor by způsoboval odpor. Jsou známy 100 let.

Měkké supravodiče - prvky a přímé slitiny - chladí se heliem => neekonomické, je potřeba chladit až na 4K.

Druhého typu - chladí se dusíkem, funkční teplota - 136K

Využívají se při urychlování částic, přenos části, nukleární magnetická rezonance, motory, e-bomba. Ekonomicky je velice náročné.

Výroba silného magnetického pole.

Bezpečnost při práci s elektřinou

Práce s napětím do 24 V (bez školení) - odpor našeho těla.

$$U_H = 4,5 \text{ V}$$

$$I = 90 \mu \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4,5}{90 \cdot 10^{-6}} \text{ - způsobeno především zpocením a vlhkostí rukou.}$$

$$R = 50 \text{ k } \Omega$$

Vodivosti pomáhá voda, nejlépe slaná. Odpor těla od 2–50 k Ω

Pro střídavý proud je kritických 25 mA - zástava dechu a 80 mA - zástava srdce.