

II. FYZIKA

- 1) Mechanika
- kinematika (sleduje změny polohy tělesa v závislosti na čase)
 - dynamika (jedná o vzájemném působení těles vedoucím ke změně jejich pohybového stavu)

Hmotný bod = těleso, jehož rozměry a tvar lze při řešení dané úlohy zanedbat.

Abychom mohli popsat pohyb nějakého tělesa, musíme napřed zvolit těleso, vzhledem k němuž budeme udávat přemístění daného tělesa. Volíme tedy tzv. větažnou soustavu. Každý pohyb sledujeme vzhledem k určité větažné soustavě.

Pohyb přímočarý - hmotný bod se pohybuje po přímce. Pohyb popíšeme pomocí rychlosti v .

a) pohyb rovnoměrný: rychlost je konstantní.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

Př: Vůz se pohyboval rovnoměrně a urazil dráhu 200 m za $\frac{3}{4}$ min. Vypočítejte jeho rychlost v m s^{-1} a v km hod^{-1} .

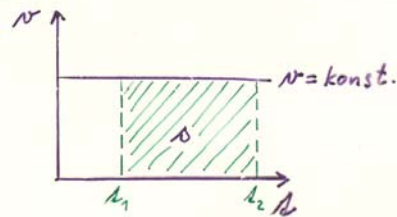
a) $\Delta s = 200 \text{ m}$, $t = \frac{3}{4} \text{ min} = \frac{3}{4} \cdot 60 \text{ s} = 45 \text{ s}$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{200 \text{ m}}{45 \text{ s}} = \underline{\underline{4,44 \text{ m s}^{-1}}}$$

b) $\Delta s = 200 \text{ m} = 0,2 \text{ km}$, $t = \frac{3}{4} \text{ min} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{60} \text{ hod} = 0,0125 \text{ hod}$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0,2 \text{ km}}{0,0125 \text{ hod}} = \underline{\underline{16 \text{ km hod}^{-1}}}$$

Platí: $1 \text{ m s}^{-1} = 3,6 \text{ km hod}^{-1}$



$$s = v \cdot \Delta t$$

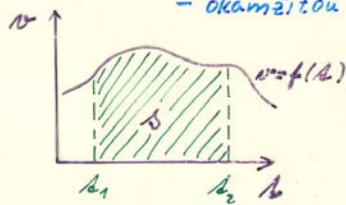
b) pohyb nerovnoměrný: velikost rychlosti se mění

Určujeme: - průměrnou rychlost

$$\bar{v} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

- okamžitou rychlost

$$v = \frac{ds}{dt}$$

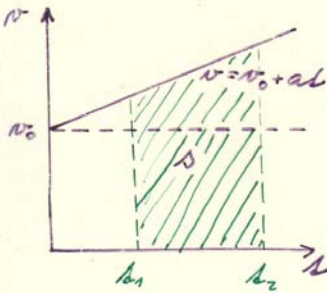


$$\Rightarrow ds = v dt \Rightarrow s = \int_{t_1}^{t_2} v dt$$

a) pohyb rovnoměrně zrychlený

$$v = v_0 + at$$

v_0 ... počáteční rychlost
 a ... zrychlení
 t ... čas
 v ... rychlost



a ... směrnice přímky

$$v = v_0 + at \Rightarrow a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow v = \int a dt$$

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v dt = \int_{t_1}^{t_2} (v_0 + at) dt = \left[v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \right]_{t_1}^{t_2} = v_0 (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} a (t_2^2 - t_1^2)$$

Př: Určete počáteční rychlost a konstantní zrychlení cyklisty, který v páté sekundě urazil dráhu 12 m a v desáté sekundě dráhu 16 m.

$$s = v_0 (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} a (t_2^2 - t_1^2)$$

$$12 = v_0 (5 - 4) + \frac{a}{2} (5^2 - 4^2)$$

$$16 = v_0 (10 - 9) + \frac{a}{2} (10^2 - 9^2)$$

$$12 = v_0 + \frac{a}{2} \cdot 9 \quad (1)$$

$$16 = v_0 + \frac{a}{2} \cdot 19 \quad (2)$$

$$4 = 5a \quad (2) - (1)$$

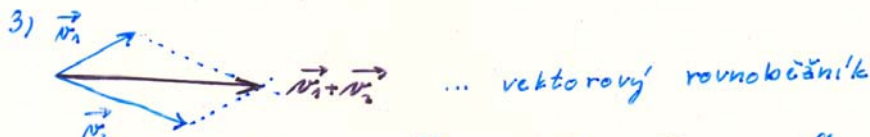
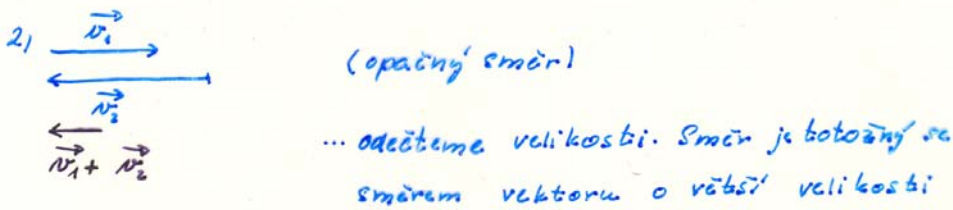
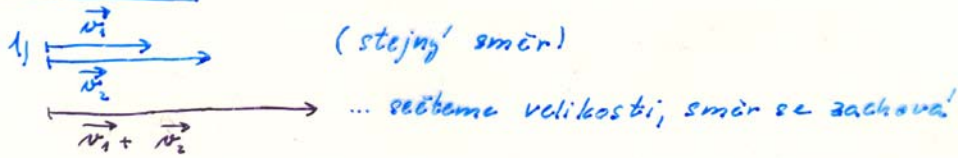
$$a = \frac{4}{5} \text{ m s}^{-2}, \quad v_0 = 8,4 \text{ m s}^{-1}$$

Rychlost a zrychlení jako vektory

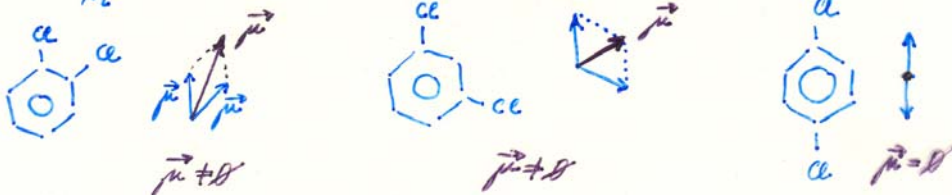
Skalár... veličina, k jejímuž určení stačí udát jen velikost
(hmotnost, čas, hustota, ...)

Vektor... je nutno udát velikost a směr
(rychlost, zrychlení, síla, dipolový moment, ...)

Sečítání vektorů: $v_1 = 4 \text{ m/s}$, $v_2 = 6 \text{ m/s}$



Pr:



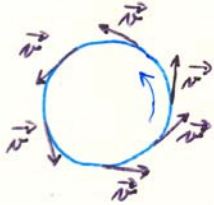
Pohyb křivočarý

Trajektorie = dráha, po které se hmotný bod pohybuje.

a) trajektorie = přímka \Rightarrow pohyb přímočarý

b) trajektorie = křivka \Rightarrow pohyb křivočarý

U křivočarého pohybu leží vektor rychlosti v každém okamžiku v tečně k trajektorii a míří ve směru pohybu.



\Rightarrow ! Při křivočarém pohybu není vektor rychlosti nikdy konstantní!

Pohyb po kružnici

Frekvence pohybu = počet otáček za jednotku času.

$$f \quad [f] = s^{-1}$$

Perioda pohybu = doba, za kterou hmotný bod vykoná jednu

$$T \quad [T] = s \quad \text{otáčku}$$

$$\text{Platí: } f = \frac{1}{T}$$

Úhlová rychlost pohybu:

$$\omega \quad [\omega] = \text{rad} \cdot s^{-1}$$



$$\omega = \frac{\alpha}{t_2 - t_1}$$

... úhel, o který se hmotný bod otočí kolem středu kružnice za jednotku času.

$$\omega = 2\pi f \quad \dots \text{úhel vyjde v radiánech}$$

$$2\pi \text{ rad} \dots\dots\dots 360^\circ$$

$$\pi \dots\dots\dots 180^\circ$$

$$\frac{\pi}{2} \dots\dots\dots 90^\circ$$

Obvodová rychlost: $v = \omega \cdot r$

r ... poloměr kružnice

SÍLA, PRÁCE, ENERGIE

Newtonovy zákony

1. Newtonův zákon (zákon setrvačnosti): Těleso setrvačí v klidu nebo pohybu rovnoměrném přímočarém, není-li vnějšími silami nuceno tento stav změnit.

2. Newtonův zákon (z. síly)

Časová změna hybnosti je úměrná působící síle a má s ní stejný směr.

3. 3. zákon (z. akce a reakce)

Síly, jimiž na sebe působí dvě tělesa, mají vždy stejnou velikost a opačný směr.

ad 1) Chem. soustava, do níž není zvenjšku zasahováno, po určité době dospěje do rovnováhy a v ní setrvačí, pokud není rovnováha vnějším zásahem porušena.

ad 2) Hybnost

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

m ... hmotnost

$$[p] = [m] \cdot [v]$$

v ... rychlost

$$[p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = k \cdot \vec{F}$$

Pozn.: V soustavě SI je $k=1$.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Pozn.: $m = \text{konst.}$ jen pro $v < 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \Rightarrow d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt \Rightarrow \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \vec{I}$$

\vec{I} ... impuls síly

1. věta impulsová

$$\text{Je-li } \vec{F} = \text{konst.}, \text{ pak } m_0 \vec{v}_2 - m_0 \vec{v}_1 = \vec{F} (t_2 - t_1)$$

Význam: Známe-li \vec{F} a Δt , můžeme vypočítat změnu^D rychlosti, aniž známe dráhu.

Důsledek: Hybnost izolované soustavy je konstantní
(zákon zachování hybnosti).

(izol. soust. $\Rightarrow \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{p}_2 = \vec{p}_1$).

ad 3) V chemii je obdobou Le-Chatelierův princip:

Porušíme-li rovnováhu vnějším zásahem (akcí), proběhne takový děj (reakce), který směřuje proti účinkům vnějšího zásahu.

Tlak je roven velikosti síly kolmo působící na plochu jednotkové velikosti.

$$p = \frac{F}{S} \quad [p] = \text{Pa} = \text{Nm}^{-2} \quad (\text{pascal})$$

Hydrostatický tlak:

$$p = \rho g h$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

ρ ... hustota kapaliny

h ... hloubka pod hladinou

Mechanická podmínka fázové rovnováhy: Tlaky dvou spojených soustav jsou při rovnováze stejné.

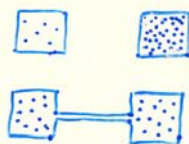
Důsledek:

a) spojené nádoby



$$\rho g h_1 = \rho g h_2 \\ h_1 = h_2$$

b)



c) Teplota varu kapaliny je teplota, při níž se tenže par kapaliny rovná vnějšímu tlaku.

Archimédův zákon: Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze kapaliny vytlačené ponořeným tělesem.

Stokesův zákon: $F = 6\pi\eta r v$ (viz praktikum)

F ... síla, udávající velikost odporu, který viskozitní prostředí klade pohybujícímu se tělesu (kuličce)

$\pi = 3,14$

η ... viskozita

r ... poloměr kuličky

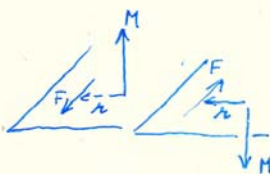
v ... rychlost (pádu) kuličky

Otáčivý pohyb tuhého tělesa → moment síly, moment setr-
vatnosti.

Moment síly: $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

Směr určí pravidlo
pravé ruky.

\vec{M} ... moment síly
 \vec{r} ... rameno síly
 \vec{F} ... síla



$$\vec{M}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 \quad (\text{směřuje dopředu})$$

$$\vec{M}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 \quad (- \text{ dozadu})$$

Momentová věta: Otáčivý účinek sil působících na těleso
otáčivé kolem pevné osy se ruší, jestliže se vektro-
rový součet momentů všech sil vzhledem k ose rov-
ná nule.

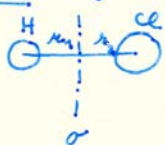
Rovnováha na páce: $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 = 0$

$$r_1 F_1 = r_2 F_2 = 0$$

$$r_1 F_1 = r_2 F_2$$

Moment setrvačnosti: $J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots$

Pr.: HCl



σ ... osa otáčení

$$J = m_H \cdot r_1^2 + m_{Cl} \cdot r_2^2$$

→ IR rotační spektroskopie, urcování atomových
poloměrů, délek vazeb, ...

Význam: Známe-li \vec{F} a s , můžeme vypočítat změnu^D rychlosti, aniž známe dráhu.

Důsledek: Hybnost izolované soustavy je konstantní
(zákon zachování hybnosti).

(izol. soust. $\Rightarrow \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{p}_2 = \vec{p}_1$).

ad 3) V chemii je obdobou Le-Chatelierův princip:

Pomůžeme-li rovnováhu vnějším zásahem (akcí), proběhne takový děj (reakce), který směřuje proti účinkům vnějšího zásahu.

Tlak je roven velikosti síly kolmo působící na plochu jednotkové velikosti.

$$p = \frac{F}{S} \quad [p] = \text{Pa} = \text{Nm}^{-2} \quad (\text{pascal})$$

Hydrostatický tlak:

$$p = \rho g h$$

$$g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

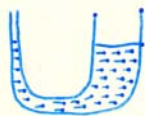
ρ ... hustota kapaliny

h ... hloubka pod hladinou

Mechanická podmínka fázové rovnováhy: Tlaky dvou spojených soustav jsou při rovnováze stejné.

Důsledek:

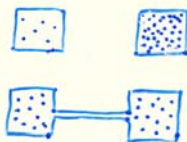
a) spojené nádoby



$$\rho g h_1 = \rho g h_2$$

$$h_1 = h_2$$

b)



c) Teplota varu kapaliny je teplota, při níž se tenže par kapaliny rovná vnějšímu tlaku.

Energie = schopnost konat práci.

Lomonosov (1748): Energii nelze vytvořit ani ji nelze zničit.

Kinetická energie: $E = \frac{1}{2} m v^2$

Potenciální energie: $E = m g h$ měrné teplo

Tepelná energie: $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$... pro zahřívání látky v daném skupenství
 $\Delta Q = m \cdot l$... pro změnu skupenství při dané teplotě
 $\Delta Q = T \cdot \Delta S$... energet. změna související se změnou entropie
(definice entropie $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$)

Světelná energie: $E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ $3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Elektrická energie

Chemická energie (\rightarrow reakční tepla, energie vazeb, elektronová afinita, ionizační potenciál, jaderná energie, ...)

Vnitřní energie soustavy: $\Delta U = \Delta Q - \Delta A$ 1. věta termodynamická

ΔU ... zvýšení vnitřní energie

ΔQ ... dodané teplo

ΔA ... práce vykonaná soustavou.

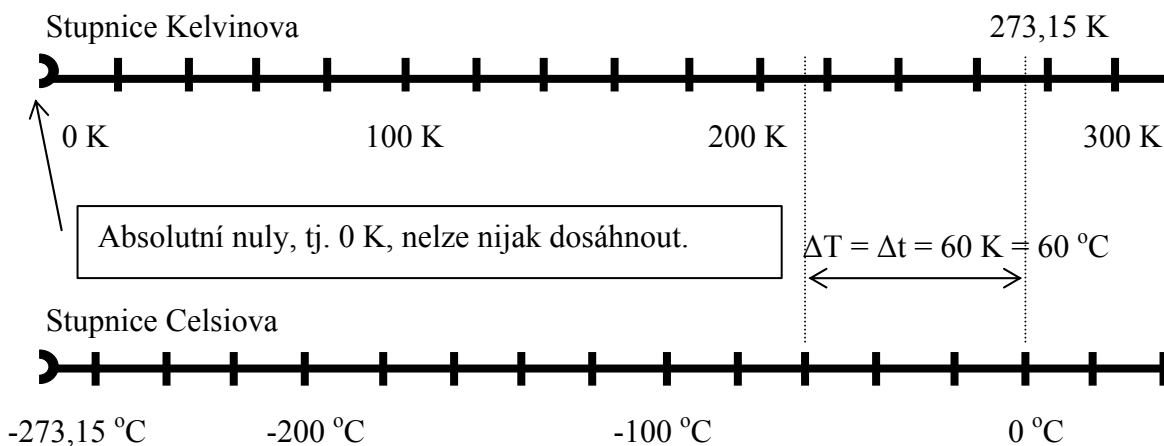
$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$
 ΔW ... práce dodaná soustavě

• Energie patří mezi stavové funkce = ty veličiny, jejichž velikost nemůžeme určit (změřit ani vypočítat), ale můžeme určit jejich změnu.

1. věta termodynamická \rightarrow Energie a práce jsou rovnocenné, mohou na sebe vzájemně přecházet.

Termika

Srovnání Kelvinovy a Celsiovy teplotní stupnice: Stupně jsou stejně velké, tj. **teplotní rozdíly** jsou v obou stupnicích stejně velké a tudíž **se nepřevádějí**. Stupnice se od sebe liší pouze polohou nuly:



Převodní vztah pro teplotu: $T = t + 273,15$

T ... teplota v kelvinech

t ... teplota ve stupních Celsia

Př.:

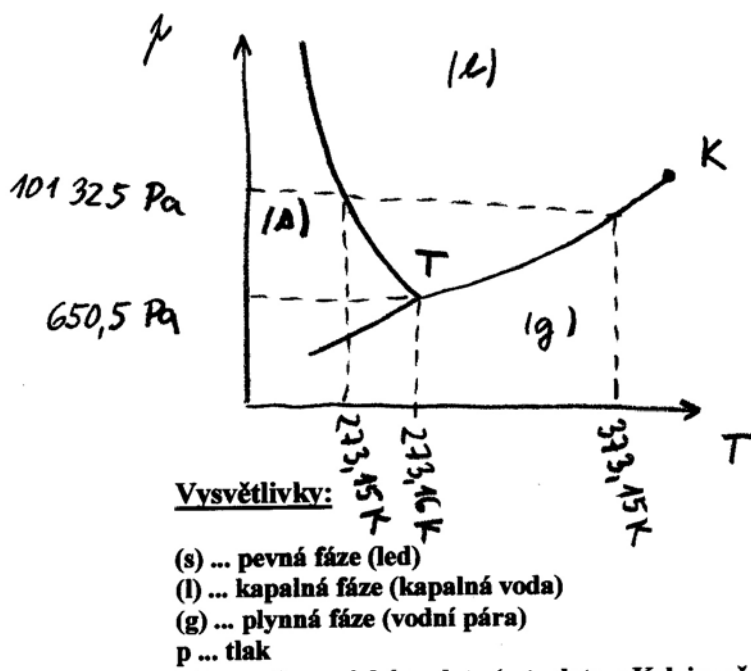
$$373,15 \text{ K} = t \text{ } ^\circ\text{C} + 273,15 \quad \text{odtud } t = (373,15 - 273,15) = 100^\circ\text{C}$$

Teplotní rozdíly se nepřevádějí: $\Delta T = \Delta t$

Př.:

Zahřejeme-li těleso o 60K, je to přesně totéž, jako kdybychom řekli, že jsme je zahřáli o 60 °C.

Fázový diagram vody:



Vysvětlivky:

- (s) ... pevná fáze (led)
- (l) ... kapalná fáze (kapalná voda)
- (g) ... plynná fáze (vodní pára)
- p ... tlak

Gibbsův fázový zákon: $v + f = s + 2$

- plochy $v = 2$
- čáry $v = 1$
- trojný bod $v = 0$

Vysvětlivky:

- (s) ... pevná fáze (led)
- (l) ... kapalná fáze (kapalná voda)
- (g) ... plynná fáze (vodní pára)
- p ... tlak
- T termodynamická teplota (= teplota v Kelvinově stupnici)

v ... počet stupňů volnosti (= počet intenzivních stavových veličin (např. tlak, teplota, koncentrace), které lze současně nezávisle na sobě měnit, aniž by se tím změnil počet fází v soustavě).

f ... počet fází (fáze je část soustavy, která má ve všech svých částech stejné vlastnosti. U vody uvažujeme fázi pevnou - led, kapalnou - kapalná voda a plynnou - vodní pára. U jiných látek může být situace složitější. Např. uhlík má tři pevné fáze - amorfni (saze), šesterečnou (grafit) a krychlovou (diamant)).

T ... trojný bod (rovnováha tří fází - u vody rovnováha led-kapalina, pára), $v = 0$

K ... kritický bod (mizí hranice mezi kapalnou a plynnou fází. Při teplotách vyšších než je kritická teplota plyn nelze zkapalnit).

Fázové přeměny:

- (s) → (l) tání
- (l) → (s) tuhnutí
- (s) → (g) sublimace
- (g) → (s) desublimace
- (l) → (g) vypařování
- (g) → (l) kondenzace

Budeme-li zahřívát led o počáteční teplotě nižší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (= teplota tání vody při standardním tlaku, standardní tlak je $101\,325\text{ Pa}$), proběhnou postupně tyto děje, k jejichž uskutečnění je zapotřebí teplo Q zapsané vpravo:

- | | |
|--|---|
| 1) zahřívání ledu z 0 K na $T_{\text{tání}} = 273,15\text{ K}$ | $Q_1 = m \cdot c_{\text{ledu}}(T_{\text{tání}} - T_{\text{počáteční}})$ |
| 2) Tání ledu při $T_{\text{tání}} = 273,15\text{ K}$
(dokud led neroztaje, teplota nevzroste nad $273,15\text{ K}$) | $Q_2 = m \cdot l_{\text{tání}}$ |
| 3) zahřívání vody z $T_{\text{tání}} = 273,15\text{ K}$ na $T_{\text{varu}} = 373,15\text{ K}$ | $Q_3 = m \cdot c_{\text{kapalné .vody}}(T_{\text{varu}} - T_{\text{tání}})$ |
| 4) Vypařování vody při $T_{\text{varu}} = 373,15\text{ K}$
(dokud se voda nevypaří, teplota nevzroste nad $373,15\text{ K}$) | $Q_4 = m \cdot l_{\text{varu}}$ |
| 5) Zahřívání vodní páry | $Q_5 = m \cdot c_{\text{páry}}(T_{\text{konečná}} - T_{\text{varu}})$ |

l ... skupenské teplo (= teplo, které je nutno dodat jednomu kilogramu látky, aby tento změnil skupenství. Např. teplo, které je zapotřebí k tomu, aby roztál 1 kg ledu). Mluvíme o skupenském teple tání, o skupenském teple vypařování, o skupenském teple sublimace...

c ... měrné teplo (= teplo, které je nutno dodat jednomu kilogramu látky, aby tento zvýšil svou teplotu o 1 K , tedy o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

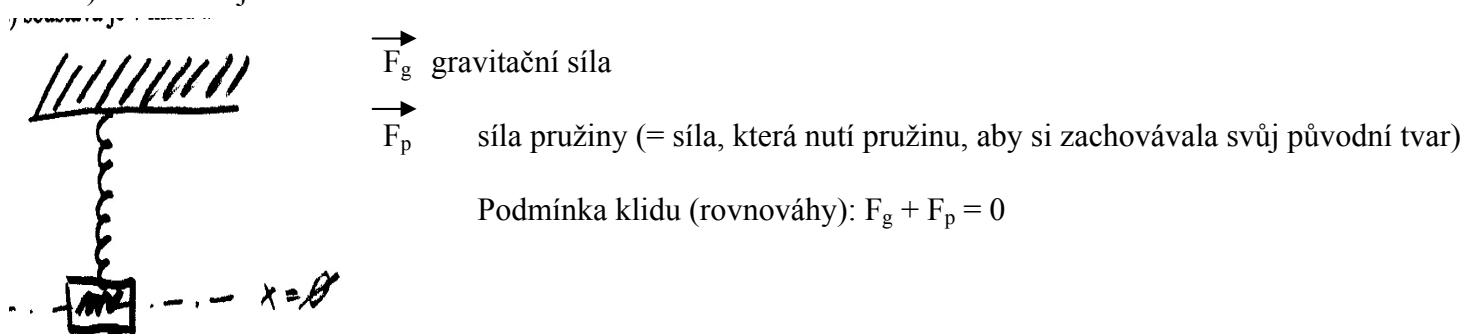
m ... hmotnost zahřívané látky

Kalorimetrická rovnice

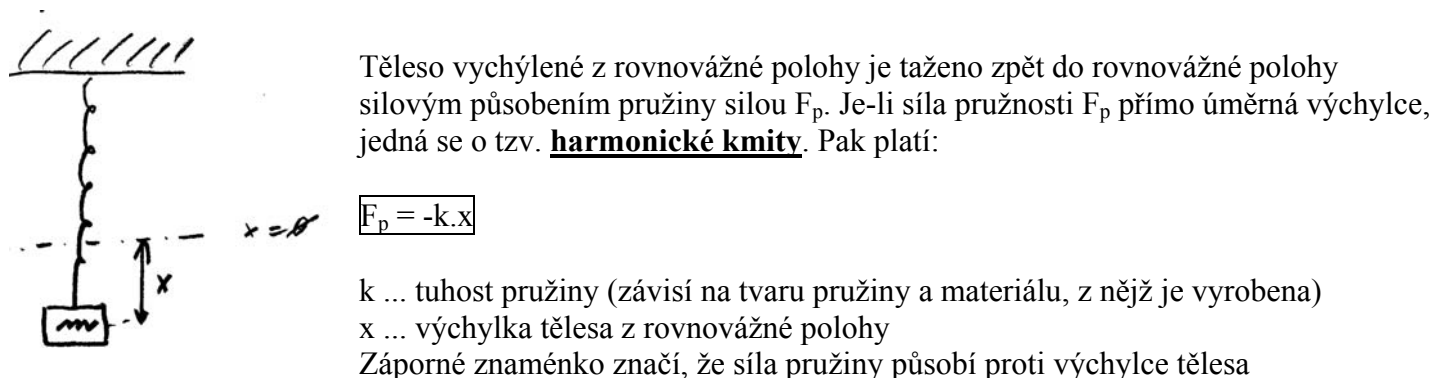
Uvedeme-li do styku dvě tělesa o různých teplotách, předává teplejší těleso chladnějšimu teplo. Matematické vyjádření kalorimetrické rovnice předpokládá, že soustava uvažovaných dvou těles je izolovaná, tj. že všechno teplo odevzdané teplejším tělesem (Q_{II}) je rovno teplu přijatému chladnějším tělesem (Q_I), tedy: $Q_I = Q_{II}$

Kmitavý pohyb

a) soustava je v klidu a v rovnováze



b) Těleso bylo působením síly záměrně vychýleno z rovnovážné polohy. Až přestane tato síla působit, začne těleso vykonávat kmity. V ideálním případě by to byly tzv. kmity netlumené, což znamená, že maximální výchylka tělesa z rovnovážné polohy (tzv. amplituda) by byla stále stejná. Ve skutečnosti ovšem působí odpor prostředí (vzduchu), část energie soustavy se mění v teplo (pružina se zahřívá) apod. V důsledku toho jsou kmity ve skutečnosti tlumené, tj. jejich amplituda se s časem zmenšuje (závislost amplitudy na čase u kmitů netlumených a tlumených je uvedena na níže na obrázcích).



Podle 2. Newtonova zákona uděluje síla pružiny tělesu zrychlení o velikosti a : $F_p = m \cdot a$.

Dosaďme za sílu pružnosti výraz $F_p = -k \cdot x$ a za zrychlení jeho definiční vztah: $a = \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}$

Dostaneme diferenciální rovnici 2. řádu (vystupuje v ní 2. derivace): $m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -kx$

Uvedená rovnice má toto řešení: $x = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \varphi\right)$

x výchylka tělesa v daném okamžiku

t čas

A amplituda (maximální výchylka)

φ počáteční fáze (charakterizuje polohu tělesa v okamžiku, kdy jsme začali měřit čas)

$\sqrt{\frac{k}{m}} = \omega$ tzv. úhlová rychlost (kruhová frekvence). Její převod na frekvenci pohybu: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$\pi = 3,14$

f frekvence

Okamžitou rychlost pohybu tělesa můžeme pak z rovnice okamžité výchylky vypočítat podle definice rychlosti:

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

x okamžitá výchylka

$$v = \frac{dx}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

v okamžitá rychlost

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) = -\omega^2 \underbrace{A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)}_x = -\omega^2 \cdot x$$

a okamžité zrychlení

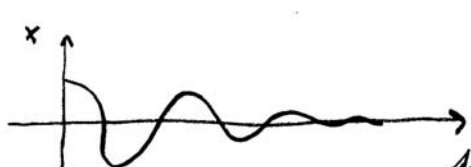
⇒ Zrychlení je přímo úměrné výchylce, ale je orientováno opačně (souhlasí s 2. Newtonovým zákonem; zrychlení musí mít stejný směr jako síla pružnosti).

Příklad závislosti výchylky (označena x) na čase v případě

a) netlumených kmitů:



b) tlumených kmitů:

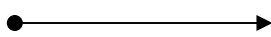


Vlnění

Předpokládejme, že hmotný bod koná vynucené kmity (např. kulička zavěšená na provázku kmitá, protože do ní strkáme rukou) a je spojen vazbami (elektrostatické, gravitační, mechanické,...) s okolím (např. naše kulička, do které strkáme rukou a nutíme ji tak kývat se, je spojená provázkem s dalšími visícími kuličkami). Potom všechny hmotné body, se kterými je nuceně kmitající hmotný bod (= zdroj) spojen, konají také vynucené kmity. Vynucující síla (síla naší ruky) dává energii zdroji a ten ji prostřednictvím vazby (provázek) předává hmotným bodům, s nimiž je spojen (další přivázané kuličky).

⇒ Vlnění je jev, kdy se prostorem přenáší energie. Původní bod se nazývá zdroj nebo zářič.

Klasifikace vlnění:

A) - postupné 

Vlnění se z jednoho místa šíří dál a dál...

Př.: Záření vysílané hvězdou do vesmíru. Zvuk hlasu, kterým voláme na otevřeném prostranství. Postup kruhových vln na hladině dříve klidné vody, do níž jsme hodili kámen.

- stojaté 

Vlnění vyšlo ze zdroje a

pohybovalo se tak dlouho, až narazilo na překážku, od níž se odrazilo. Pak se začalo pohybovat směrem zpět ke zdroji. Pokud zdroj neustále vysílá energii, která se odráží a vrací zpět, dochází ke skládání (= tzv. interferenci) původního a odraženého záření. V prostoru mezi zdrojem a překážkou je tzv. stojaté vlnění.

Př.: Světlo uvnitř uzavřené místnosti. Pohyb švihadla při skákání. Pohyb vln na „klidné“ hladině.

B) - **příčné:** Body kmitají ve směru kolmém ke směru pohybu vlnění,

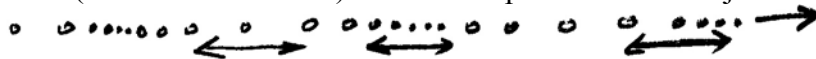


Př.: Kruhové vlny na vodní hladině: Voda kmitá ve směru svislém (vlny jsou tvořeny pohybem vodní hladiny nahoru-dolů), ale vlny postupují ve směru vodorovném (po hladině od místa dopadu kamene směrem ven). Pohyb těla hada, který se plazí (prohýbání těla pravolevě, ale had leze dopředu, ne do boku),...

- **podélné:** body kmitají ve směru rovnoběžném se směrem šíření vlnění.

Př.: Pohyb vzduchu při šíření zvuku (tzv. zvukové vlnění): Vzduch se při vlnění zhušťuje a zředňuje ve

stejném směru, v němž se šíří,



Příklady vlnění: elektromagnetické záření (např. světlo) – vlnění příčné

zvuk (vlnění podélné

pohyb vodní hladiny (vlnění příčné),...

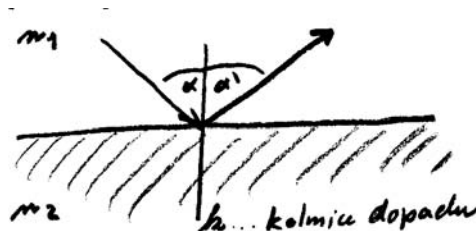
Elektromagnetické záření (vlnění)

Postupná rychlost (= rychlost šíření vlnění): ve vakuu ... $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

v jiném prostředí ... $v < c$

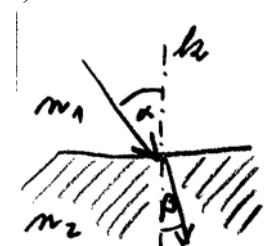
Zavádíme index lomu prostředí n : $n = \frac{c}{v}$. Protože $v < c$, je $n > 1$ pro každé prostředí kromě vakua. Pro vzduch je přibližně $n = 1$.

Zákon odrazu: Úhel odrazu α je roven úhlu dopadu α' , tedy $\alpha = \alpha'$

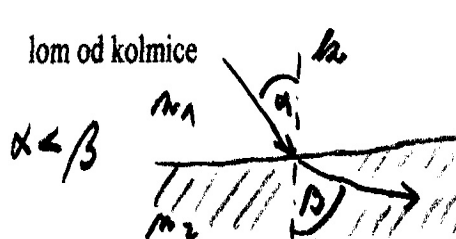


Zákon lomu: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

a) lom ke kolmici $\alpha > \beta$



b) lom od kolmice



Totální odraz: Nastává-li lom od kolmice, pak pro úhly dopadu $\alpha > \epsilon$ dochází již pouze k odrazu = tzv. totální odraz. Úhel ϵ je tzv. mezní úhel. Vztah pro výpočet mezního úhlu:

$$\frac{\sin \epsilon}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \epsilon = \frac{n_2}{n_1}, \text{ neboť } \sin 90^\circ = 1.$$



Užití totálního odrazu: V refraktometrii (= metoda využívající měření indexu lomu např. pomocí totálního odrazu).

Př.: Paprsek dopadá ze vzduchu (indexu lomu $n_1 = 1,000$) pod úhlem $\alpha_1 = 40^\circ$ do prostředí o indexu lomu n_2 a láme se pod úhlem $\alpha_2 = 20^\circ$. Určete index lomu n_2 tohoto prostředí.

Řešení: $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 40^\circ}{\sin 20^\circ} = \frac{n_2}{1,000} \Rightarrow \underline{n_2 = 1,879}$.

Dualismus vlna-částice:

Elektromagnetické záření má vlastnosti vlnění i vlastnosti částicové (chová se jako proud částic). Elementární kvantum elektromagnetického záření je foton. Na fotony lze pohlížet jako na částice, současně jim však je možné přiřadit vlastnosti vlnové.

Fotonu je možno přiřadit vlnovou délku (jako **vlnění**), a to vztahem $c = \lambda \cdot \nu$

Význam symbolů: c rychlost světla ve vakuu, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 λ vlnová délka
 ν frekvence vlnění

Pozn.: Převrácená hodnota vlnové délky je tzv. vlnčet: $\frac{1}{\lambda} = \tilde{\nu}$

Na elektromagnetické záření lze pohlížet také jako na **proud částic** - fotonů - o energii $E = h \cdot \nu$, kde h Planckova konstanta, $h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

Spojení obou pohledů na elektromagnetické záření nám pak umožní určit energii fotonu, jenž náleží

záření o dané vlnové délce λ : $E = h \frac{c}{\lambda}$

Pozn.: Symbolem E je označena energie jednoho fotonu.

Slovně lze uvedený vztah vyjádřit např. takto:

Energie fotonů je nepřímo úměrná vlnové délce záření. Fotony záření s krátkou vlnovou délkou tedy mají vysokou energii, fotony záření s velkou vlnovou délkou tedy mají malou energii.

Př.: Viditelné světlo je elektromagnetické záření s vlnovými délkami přibližně mezi 400 nm až 750 nm. Před touto oblastí, při vlnových délkách kratších než 400 nm, se nachází ultrafialová oblast spektra

Barevnost látek

Látky, které **absorbují** (= pohlcují) záření ve **viditelné** oblasti spektra (tedy elektromagnetické záření v oblasti vlnových délek **400 až 750 nm**) se jeví jako **barevné**. Přitom pozorovaná látka má v proslém i odraženém světle barvu **doplňkovou** (tzv. **komplementární**) k té barvě, která byla absorbována.

Příčina: Bílé světlo je vyvážená směs elektromagnetických záření všech vlnových délek z viditelné oblasti. Pokud se tato vyváženost poruší (např. tím, že záření některé vlnové délky je částečně odstraněno absorpcí), převládne záření některých vlnových délek a světlo se pak jeví jako barevné.

	barva látky (= barva proslého nebo odraženého světla)	barva absorbovaného světla	vlnová délka absorbovaného světla (nm)
ultrafialová oblast			10-400
viditelná oblast	žlutozelená	fialová	400-435
	žlutá	modrá	435-480
	oranžová	zelenomodrá	480-490
	červená	modrozelená	490-500
	purpurová	zelená	500-560
	fialová	žlutozelená	560-580
	modrá	žlutá	580-595
	zelenomodrá	oranžová	595-605
modrozelená	červená	605-750	
infračervená oblast			750-500000

Př.: Je-li z bílého světla částečně odstraněna složka o vlnových délkách z rozmezí 435 – 480 nm (modrá barva), více se projeví se zbývající složky, které dohromady tvoří barvu žlutou (= doplňková barva k modré). Látka, pohlcující modré záření, je tedy žlutá.

Barevnost látek úzce souvisí s jejich strukturou. Příčinou barevnosti látek je interakce molekul, atomů či iontů s elektromagnetickým zářením z viditelné části spektra. Pokud elektromagnetické záření obsahuje fotony s energií právě tak velkou, jako jsou energetické rozdíly mezi obsazenými orbitály s nejvyšší energií a některými orbitály s energií ještě vyšší, mohou být tyto fotony látkou pohlceny (= absorbovány) a jejich energie je využita na excitaci elektronů z nejvyšších obsazených orbitalů do orbitalů vyšších. Absorbované fotony (a tedy elektromagnetické záření o odpovídající vlnové délce podle vztahu $E = h \frac{c}{\lambda}$) jsou tedy z bílého světla částečně odstraněny, látka je tedy barevná.

Význam pojmu „orbitály s nejvyšší energií“ je různý podle toho, jakou látku uvažujeme:

Pokud absorbující látkou mají být **atomy**, jedná se o valenční elektrony ve valenčních atomových orbitalech a o jejich přeskoky do atomových orbitalů s vyšší energií..

Pokud absorbující látkou je **koordinační sloučenina**, jedná se o elektrony v částečně zaplněných d-orbitalech a o jejich přeskoky mezi hladinou t_{2g} a e_g .

Pokud absorbující látkou je **organická sloučenina**, jedná se o vazebné π - elektrony nebo o nevazebné elektrony a o jejich přechody $\pi \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \sigma^*$ (hvězdičkou je značen antivazebný orbital). Tyto přeskoky jsou umožněny zejména tehdy, obsahuje-li organická látka skupiny nazývané **chromofory**, např. C=C, N=N, C=O, N=O, NO₂, apod.

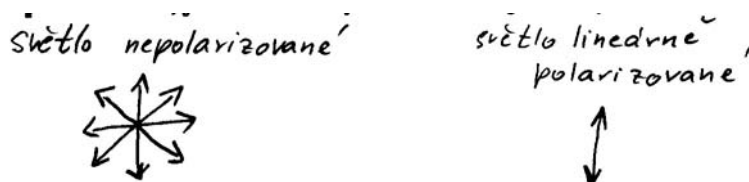
Polarizace světla

Světlo je elektromagnetické vlnění.

Elektromagnetické vlnění je vlnění **příčné**.

Za normálních okolností se jedná o tzv.

světlo nepolarizované, kdy elektrický vektor kmitá ve všech možných rovinách. Působením vhodného zařízení (= **polarizátoru**) lze získat světlo **lineárně polarizované**, jehož elektrický vektor kmitá pouze v jedné rovině.



Způsoby polarizace světla:

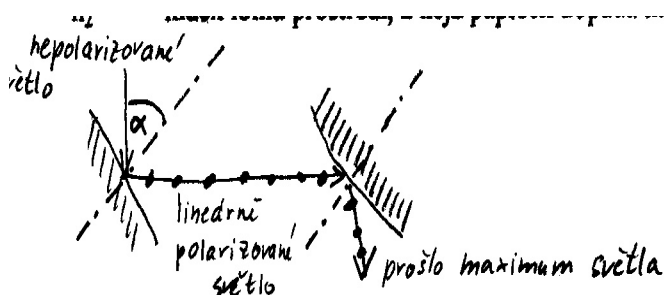
- odrazem na krystale
- průchodem anizotropním prostředím

ad a) Po odraze na krystale je světlo částečně až úplně polarizováno v rovině rovnoběžné s rovinou krystalu, na niž se světlo odráželo. K úplné polarizaci dojde tehdy, dopadá-li světlo na krystal pod úhlem α vyhovujícím

Brewsterovu zákonu: $\text{tg } \alpha = \frac{n_2}{n_1}$, kde

n_2 index lomu krystalu

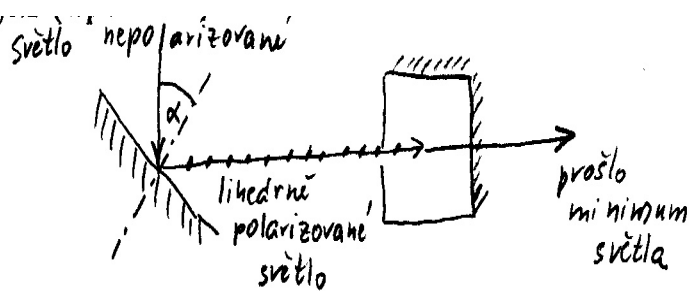
n_1 index lomu prostředí, z nějž paprsek dopadá na krystal (např. vzduch).



ad b) Průhledné krystaly, které nenáležejí krychlové soustavě, jsou pro světlo anizotropním prostředím (tj. v různých směrech mají vůči světelnému paprsku různé vlastnosti). Jsou to **dvojlomné** krystaly. Příkladem může být **islandský vápenec**. Dopadá-li na něj paprsek světla, je při průchodu krystalem rozdělen na paprsky dva, a to:

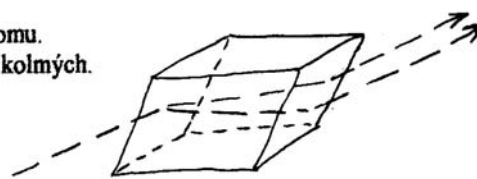
- paprsek řádný (ordinary), splňující zákon lomu
- paprsek mimořádný (extraordinary), nespĺňující zákon lomu.

Oba paprsky jsou lineárně polarizovány, a to v rovinách navzájem kolmých.



pro světlo anizotropním prostředím (tj. v Jsou to **dvojlomné** krystaly. Příkladem může být **islandský vápenec** rozdělen na paprsky dva, a

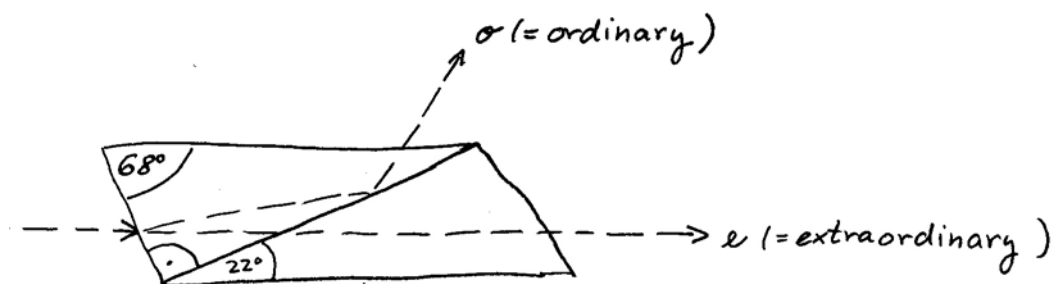
lomu. 1 kolmých.



ou kmitání), musíme vhodným způsobem tyto

⇒ každá dvojlom
⇒ přes krystal vidíme dvojitě

Chceme-li tedy získat lineárně polarizované záření (tedy s jedinou rovinou kmitání), musíme vhodným způsobem tyto paprsky od sebe oddělit. To je vyřešeno např. konstrukcí **Nikolova hranolu**:



Obě části Nikolova hranolu jsou vyrobeny z islandského vápence a jsou slepeny buď kanadským balzámem (ten ale nepropouští UV záření, s takovým hranolem tedy není možno provádět měření v ultrafialové oblasti spektra), nebo glycerinem (umožní měření i v ultrafialové oblasti).

Název „**nikol**“ se dnes používá nejen pro Nikolův hranol, ale i přeneseně pro každé polarizační zařízení (tedy **každý polarizátor**).

Elektřina a magnetismus

Historie

Znalost elektřiny – již starověk:

600 l. př. n. l.: Thálés Milétský: „Předměty se k sobě mohou přitahovat i jinak než na základě síly.“

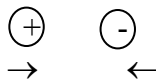
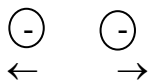
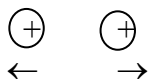
Znalost magnetismu:

U města Magnésia (v Malé Asii) byl nalézán pyrit (a bylo známo, že přitahuje železo – tedy měl magnetické vlastnosti).

Elektrostatika

Elektrický náboj může být buď **kladný**, nebo **záporný**.

Souhlasné náboje se odpuzují, nesouhlasné se přitahují:



Druhy látek z hlediska vedení elektrického proudu:

- **vodiče**:
 - 1. druhu (kovy) – elektrický náboj je přenášen elektrony. Jejich elektrická vodivost s rostoucí teplotou mírně klesá.
 - 2. druhu (roztoky a taveniny elektrolytů, např. NaCl) – elektrický náboj je přenášen ionty
- **izolátory**: neobsahují volně pohyblivé nosiče elektrického náboje. (sklo, plasty, ...). Nejlepší izolátor je vakuum (! pozor, není to látka!)

- **polovodiče**: obsahují určité množství volně pohyblivých nosičů elektrického náboje. Jejich elektrická vodivost silně závisí na teplotě (s rostoucí teplotou roste), na koncentraci příměsi. Příklady polovodičů: Se, Ge, Cu₂O,...


Intenzita elektrického pole

je vektorová fyzikální veličina. Její velikost je číselně rovna síle, která působí na jednotkový kladný náboj (tj. o velikosti 1 C): $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$

- ⊕ $\bullet \longrightarrow$ (= směr intenzity)
- Q (zdroj) Q_0 (jednotkový kladný náboj, na nějž je působeno)
- ⊖ $\bullet \longleftarrow$ (= směr intenzity)
- Q (zdroj) Q_0 (jednotkový kladný náboj, na nějž je působeno)

Dipólový moment, dipól


Dipólový moment, dipól



$\vec{\mu} = Q \cdot \vec{l}$

Dipólový moment směřuje od kladného náboje k zápornému

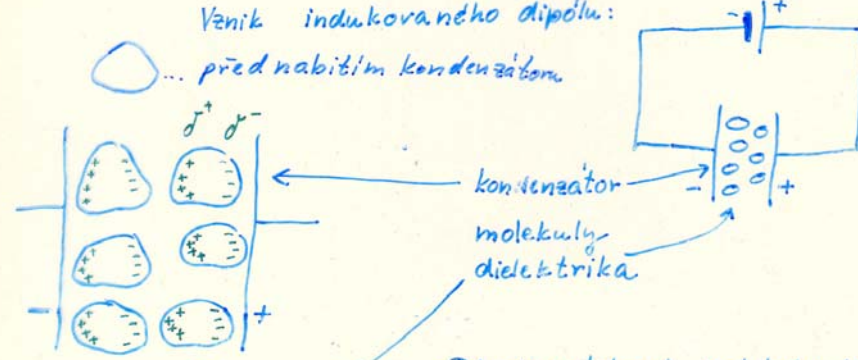
Molekuly: a) s permanentním (= stálým) dipólem: H₂O, HCl



b) s indukovaným (= vyvolaným) dipólem

Vznik indukovaného dipólu:

... před nabitím kondenzátorem



kondenzátor
molekuly dielektrika

po nabití

Polarizovatelnost molekuly (atomu)
= schopnost tvořit indukovaný dipól,
schopnost přesunu elektronů v částici.

Snadno se polarizují částice se slabě vázanými elektrony, zejména s velkým počtem slabě vázaných elektronů. (= daleko od jádra)

Př.: Li^{\oplus} ... nemá valenční e^{-} (slaběji vázané).

$1s^2$... blízko u jádra, $F \sim \frac{1}{r^2} \Rightarrow$ silně vázané
 $\Rightarrow \text{Li}^{\oplus}$ je málo polarizovatelný

Ag^{\oplus} ... má celkem 46 elektronů, dále od jádra \Rightarrow slabě vázaný \Rightarrow snadno polarizovatelný.

Elektrický potenciál = práce potřebná k přemístění jednotkového náboje z nekonečna do daného místa. Nelze ho změřit.

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

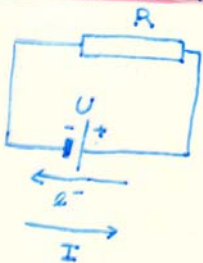
ho změřit.

Elektrické napětí = rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body

Lze je změřit.

$$\Delta U = \varphi_2 - \varphi_1$$

Proud, odpor, vodivost, Ohmův zákon



Pozn.: Nebude-li uvedeno jinak, bude me značkou U

Definice elektrického proudu: $I = \frac{dQ}{dt}$

... množství náboje Q, který projde daným místem vodiče za jednotku času.

Jednotka: $[I] = A$ (Ampér)

$$dQ = I \cdot dt$$

$$Q = \int I dt \quad \text{Je-li } I = \text{konst.}, \text{ pak } Q = I \cdot t$$

V elektrickém obvodu se zdrojem nabíje o velikosti U probíhá elektr. proud o velikosti I. Mezi hodnotami U a I je vztah přímé úměrnosti (pro vodiče 1. druhu)

$$R \cdot I = U$$

Ohmův zákon

$$[R] = \frac{V}{A} = \Omega \text{ (Ohm)}$$

[rijin]

R ... konstanta úměrnosti (elektrický odpor)

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

l ... délka vodiče (m)

S ... průřez (m²)

ρ ... měrný odpor ($\Omega \cdot m$)

$$\frac{1}{R} = G \quad \dots \quad \text{vodivost} \quad [G] = \Omega^{-1} = S \quad (\text{simens})$$

$$\frac{1}{\rho} = \gamma \quad \dots \quad \text{měrná vodivost, konduktivita}$$

Magnetismus

Magnetické pole = prostor kolem magnetu nebo kolem vodiče s proudem nebo kolem pohybujícího se náboje

Př: Atom ¹H obsahuje 1 proton a 1 elektron.



Elektron se pohybuje kolem jádra

=> orbitální magnetické pole

(magnetické kvantové číslo). Kromě

toho elektron rotuje kolem své vlastní osy (spin), tedy vzniká malé magnetické pole spinové. (ESR - elektronová spinová rezonance)

Také protony v jádře se pohybují a vzniká kolem nich magnetické pole. Toho využívá metoda NMR (nukleární magnetická rezonance).

Látky: - diamagnetické: zeslabují ^{mag.} pole, do nichž jsou vloženy

He, H₂O, NaCl: elektrony jsou spárované, magnetické momenty se navzájem ruší.



O... 6 val. el., 2H... 2x 1 val. el.
=> celkem 8 val. el.



Na⁺... 8 val. el.



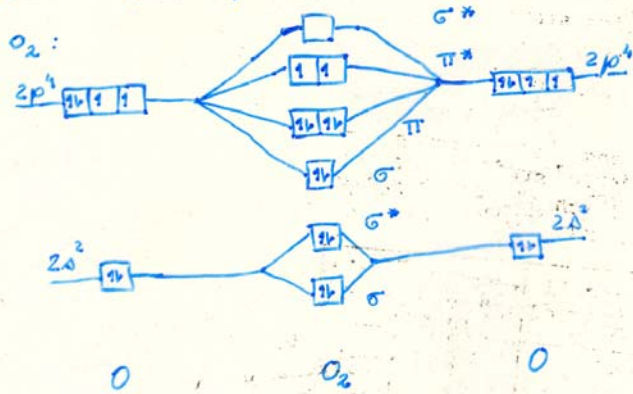
Cl⁻... 8 val. el.

- paramagnetické

Mírně zesilují magnet. pole, do nichž jsou vloženy.

Pt, O_2 : látky s nespárovanými elektrony \rightarrow magnet. momenty se nekompensují

Pt : $[Xe] 4f^{14} 5d^9 6s^1$



- ferromagnetické

Velmi zesilují mag. pole, do nichž jsou vloženy: Fe
Curieova teplota: zahříváním na tuto teplotu látka
ztrácí své ferromagnetické vlastnosti. Pro Fe
je to $770^\circ C$. (magnet se přílišným zahříváním
může zničit).