

OkB
Fyzické otázky

Lukáš Lejdar

CONTENTS

CHAPTER	PAGE	
1.1	Kinematika hmotného bodu	2
1.2	Dynamika hmotného bodu	3
1.3	Energie, práce, výkon	4
1.4	Gravitační pole	5
1.5	Mechanika tuhého tělesa	7
1.6	Mechanika kapalin a plynů	9
1.7	Základní pojmy molekulové fyziky a termodynamiky	11
1.8	Vnitřní energie, teplo, teplota	13
1.9	Struktura a vlastnosti plynů	14
1.10	Struktura a vlastnosti pevných látek	17
1.11	Struktura a vlastnosti kapalin	19
1.12	Skupenské přeměny látek	21
1.13	Mechanické kmity	23
1.14	Mechanické vlnění	25
1.15	Elektrostatické pole	27
1.16	Elektrický proud v kovech	28
1.17	Elektrický proud v polovodičích	29
1.18	Elektrický proud v kapalinách a plynech	31
1.19	Stacionární magnetické pole	32
1.20	Nestacionární magnetické pole	33
1.21	Střídavé elektrické proudy	34
1.22	Elektromagnetické pole, kmity, vlnění	35
1.23	Geometrická optika	36
1.24	Vlnová optika	38
1.25	Fotometrie	39
1.26	Základy speciální teorie relativity	40
1.27	Základy kvantové fyziky	41
1.28	Fyzika elektronového obalu	43
1.29	Fyzika atomového jádra	44

Chapter 1

1.1 Kinematika hmotného bodu

Pojmy 1.1.1

Hmotný bod, vztažná soustava, polohový vektor, trajektorie, dráha, rychlost okamžitá a průměrná, závislost rychlosti a dráhy na čase, zrychlení tečné a normálové, pohyb přímočarý, křivočarý (úhlová rychlost), rovnoměrný, rovnoměrně zrychlený nebo zpomalený, volný pád, rovnoměrný pohyb po kružnici.

kinematika : zkouma jak se tělesa pohybují

hmotný bod : těleso, které pozbyva rozmeru

Poloha a pohyb zkoumaných těles jsou určovány vzhledem ke zvolené **vztažné soustavě**, tedy vzhledem ke zvolené skupině těles, které jsou vzájemně v klidu, nebo ve známém pohybu.

polohu vyjadřujeme pomocí **polohového vektoru**

průměrná rychlost je vektorová hodnota, definována jako

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

okamžitá je limitní hodnota průměrné

dráha je délka **trajektorie** \vec{s}

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

zrychlení je také vektorová veličina, tzn. můžeme definovat **normalovou** a **tečnou** složku. Normalová je rovnoběžná s vektorem rychlosti, tečná je na něj kolmá. Tečná složka nekona práci. V případě rovnoměrného pohybu po kružnici spočítáme je tečné zrychlení

$$a = w^2 r$$

$$v = wr$$

1.2 Dynamika hmotného bodu

Pojmy 1.2.1

Volný hmotný bod, síla a její účinky, skládání sil, Newtonovy pohybové zákony, inerciální vztažná soustava, hybnost, impuls síly, zákon zachování hybnosti, setrvačné síly, neinerciální vztažná soustava.

dynamika je součást mechaniky, která popisuje jak se těleso pohybuje

1.2.1 Newtonovy zákony zní

- ① Jestliže výslednice sil působících na těleso je 0, potom těleso setrvává v klidu, nebo rovnoměrném přímočarém pohybu.
- ② Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa. Matematicky lze vyjádřit jako, $\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$
- ③ vzájemná působení dvou těles jsou vždy stejně velká a míří na opačné strany.

$$\begin{aligned}s &= \frac{1}{2}at^2 \\ \dot{s} &= v = at \\ \ddot{s} &= a\end{aligned}$$

Existují 2 typy **vztazných soustav**. Inerciální je taková soustava, ve které platí všechny Newtonovy pohybové zákony. Naopak neinerciální sst se vzhledem k inerciální pohybuje se zrychlením, tzn. neplatí 1. ani 3. Newtonův zákon.

volný bod je potom takový bod, na který nepůsobí žádná výsledná síla, vůči takovému bodu můžeme definovat inerciální vztaznou soustavu.

Kinetická energie zachována jen u absolutně pružných objektů. V každém případě platí **zákon zachování hybnosti**.

$$\begin{aligned}E &= \frac{1}{2}mv^2 \\ \dot{E} &= \dot{p} = mv \\ \ddot{E} &= F\end{aligned}$$

impuls síly je změna hybnosti za čas

$$I = \int F dt = \Delta p$$

třetí síla N tlaková síla, μ koeficient tření

$$f = \mu N$$

1.3 Energie, práce, výkon

Pojmy 1.3.1

Mechanická práce, výpočet práce konstantní nebo proměnné síly, mechanická energie kinetická a potenciální (tíhová, tlaková, pružnosti), výkon, účinnost, zákon zachování energie, [vnitřní energie, práce plynu].

Mechanická práce : fyz velicina, která vyjadruje drahový účinek síly

$$W = \int \vec{F} d\vec{s} = m \int \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \frac{1}{2}mv^2 \text{ [J] } \left[\frac{kgm^2}{s^2} \right]$$

Pomocí **Energie** tělesu prisuzujeme schopnost konat práci.

Výkon je práce za čas

$$P = \frac{dE}{dt} \text{ [W] } \left[\frac{kgm^2}{s^3} \right]$$

Jakmile působí síla, můžeme ji vyjádřit jako silové pole. Pokud toto vektorové pole je konzervativní, můžeme definovat vůči nějakému bodu **potenciální energii**, tzn drahový integrál k tomuto bodu. Díky vlastnostem takového silového pole je mechanická energie konstantní. **potenciální energie tíhová**

$$E_p = \int \vec{F} d\vec{s} = mgh$$

potenciální energie tlaková : v trubce o obsahu S je voda, která na pohyblivou přepážku, působí silou \vec{F} . Tento jev označujeme tlak v kapalině.

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

$$E = \int p \vec{S} d\vec{l} = pV + \int \dot{p} V dl$$

Potenciální energie pro Hookovskou pružinu

$$E = \int -ky dy = -\frac{1}{2}ky^2$$

účinnost

$$\eta = \frac{E_v}{E_p} = \frac{\text{výkon}}{\text{přikón}}$$

1.4 Gravitační pole

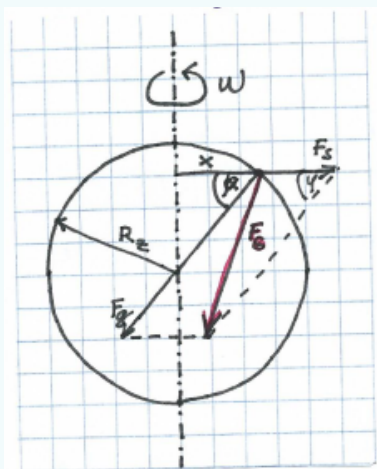
Pojmy 1.4.1

Gravitační pole, Newtonův gravitační zákon, intenzita a potenciál gravitačního pole, srovnání s polem elektrickým, radiální a homogenní pole, gravitační a tíhové zrychlení, práce v homogenním gravitačním poli, pohyby v homogenním a radiálním gravitačním poli, Keplerovy zákony.

vsechna telesa, která mají hmotnost na sebe působí přitažlivou silou, popsanou **Newtonovým gravitačním zákonem** jako ... **intenzita Gravitačního pole** aka **gravitační zrychlení**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

do **tíhového zrychlení** započítáváme ještě odstředivou sílu



θ ...úhel, který svírají vektory

$$\vec{F}_G = \vec{F}_g + \vec{F}_s$$

$$F_G^2 = F_g^2 + F_s^2 + 2\cos(\theta)F_g F_s$$

$$g^2 = G^2 \frac{M^2}{R^4} + w^4 R^2 \cos^2(\theta) + 2\cos(\theta)^2 w^2 G \frac{M^2}{R}$$

$$g = < 9.78; 9.83 > \frac{m}{s^2}$$

Na povrchu země můžeme gravitační pole aproximovat jako **homogenní**. V každém případě je vždy konzervativní. Díky tomu můžeme definovat tzv **gravitační potenciál**. Je to energie, potřebná k přenesení tělesa o hmotnosti m do bodu A. Pro jediné těleso o hmotnosti m v uzavřené soustavě platí

$$\phi = \int_{\infty}^R G \frac{m}{r^2} dr = -G \frac{m}{R} - (-G \frac{m}{\infty}) = -G \frac{m}{R}$$

$$2C = 0$$

Pro homogenní gravitační pole máme $W = E = mgh$

Gravitační siločary udávají směr gravitační síly, **ekvipotencialní plocha** je plocha, kde s konstantním gravitačním potenciálem. **Pohyby těles v tíhovém poli země**

$$\vec{s} = \frac{1}{2} \vec{a} t^2 + \vec{v} t + \vec{s}_0$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$$

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} v_x = v_0 \cos(\theta) \\ v_y = v_0 \sin(\theta) \end{pmatrix}$$

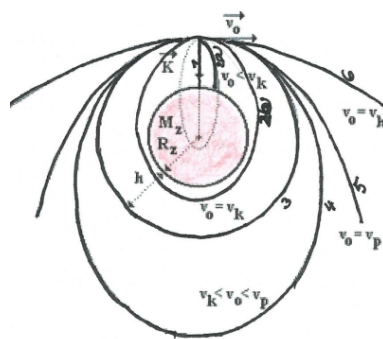
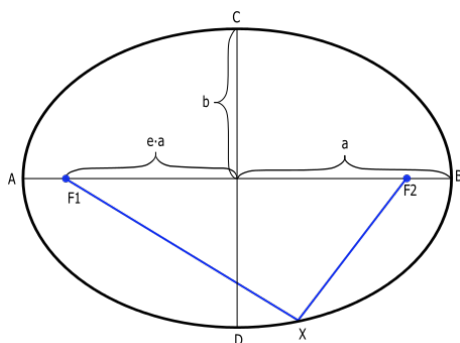
dobu výstupu do výšky h

$$t_{max} = -\left(-\frac{2v}{g}\right) = \frac{v}{g}$$

1.4.1 Keplerovy Zakony

- ① Planety obíhají kolem Slunce po eliptických trajektoriích, v jejichž jednom společném ohnisku je Slunce.
- ② Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za stejný čas jsou stejně velké.
- ③ Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet je stejný jako poměr třetích mocnin délek jejich hlavních poloos. $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \parallel \parallel$

Excentricita drahy je jedna z 6 veličin zvaných elementy drahy, popisujících přesný pohyb planet. Udává typ oběžné drahy, druh kuzelosečky. $2a > |F_1F_2| = 2ea$ $e = 0 \dots$ kružnice, $0 < e < 1 \dots$ elipsa $e=1 \dots$ parabola, $e > 1 \dots$ hyperbola.



Pohyb těles v centrálním gravitačním poli planety

$v_0 \dots$ kolmý pád dolů, $v_k \dots$ pohyb po kružnici, $v < v_p \dots$ pohyb po elipse, $v_p \dots$ parabolická uniková rychlost, $v_h \dots$ druhá kosmická rychlost (hyperbola)

1.5 Mechanika tuhého tělesa

Pojmy 1.5.1

Tuhé těleso, skládání sil v tuhém tělese, moment síly, podmínka rovnováhy tuhého tělesa, rozklad sil, dvojice sil, těžiště, rovnovážné polohy, otáčivý pohyb tuhého tělesa, moment setrvačnosti, kinetická energie rotujícího tělesa, [moment hybnosti, pohybová rovnice pro rotující těleso].

tuhé těleso = těleso jehož tvar se nemění účinkem libovolné velkých sil. Pohyb takového tělesa je složený ze 2 pohybů: translace, rotace.

Newtonovy zákony jednoznačně popisují, jak se takové těleso pohybuje, není to ale praktický způsob, jak s nimi zacházet. Proto je potřeba zavést nové veličiny, které lépe vystihnou tento nový otáčivý pohyb.

1.5.1 Moment hybnosti

$$L = r \times p \text{ [kgm}^2/\text{s]}$$

$$\frac{dL}{dt} = \dot{r} \times p + r \times \dot{p}$$

$$\frac{dL}{dt} = \frac{p \times p}{m} + r \times f$$

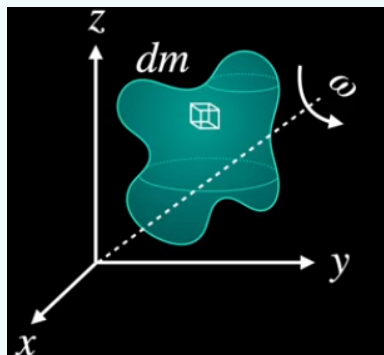
$$\frac{dL}{dt} = r \times f$$

1.5.2 Moment síly

$$\frac{dL}{dt} = M \text{ [N/m]} [\text{kgm}^2/\text{s}^2]$$

... ekvivalentní s $\frac{dp}{dt} = F$

Pro tuhé těleso



$$dL = r \times dp, dp = v dm = (w \times r) dm$$

$$L = \int r \times (w \times r) dm$$

$$r \times (w \times r) = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ x & y & z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} w_x(y^2 + z^2) - (w_y xy + w_z xz) \\ w_y(x^2 + z^2) - (w_x xy + w_z yz) \\ w_z(x^2 + y^2) - (w_x xz + w_y yz) \end{pmatrix}$$

$$L = \begin{pmatrix} \int (y^2 + z^2) dm & -\int xy dm & -\int xz dm \\ -\int xy dm & \int (x^2 + z^2) dm & -\int yz dm \\ -\int xz dm & -\int yz dm & \int (x^2 + y^2) dm \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \\ w_z \end{pmatrix}$$

1.5.3 Moment setrvačnosti

$$L_i = I_{ij} w_j$$

... ekvivalentní s $p = mv$

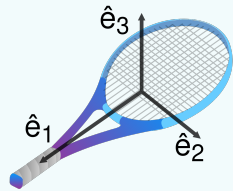
Kinetická energie

$$dE_k = \frac{1}{2} dm v^2 = \frac{1}{2} dm |w \times r|^2$$

$$E_k = \int \frac{1}{2} dm ((w_y z - w_z y)^2 + (w_x z - w_z x)^2 + (w_x y - w_y x)^2)$$

$$E_k = \frac{1}{2} (w_x w_y w_z) \begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \\ w_z \end{pmatrix} = \frac{1}{2} w^T I w = \frac{1}{2} w L$$

Hlavní osy tuhého tělesa : V následujících rovnicích předpokládáme, že osa otáčení prochází těžistem a zároveň počátkem.



$$[EB] \begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix}_B [EB]^T = \begin{pmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{pmatrix}_E$$



... epická magie, které nerozumím. Každému tuhému tělesu lze najít 3 na sebe kolmé osy otáčení (tzn. Hlavní osy) (osové vektory báze E), takové, že při rotaci je s nimi vektor Momentu Hybnosti rovnoběžný, viz eigenvalues, eigenvectors.

Moment setrvačnosti pro kouli : ze symetrie koule vyplývá, že při totéžné uhlové rychlosti, musí být ve všech směrech stejné $L \Rightarrow I_1 = I_2 = I_3 = I_{koule}$, $L = I_{koule} \omega$

$$\begin{aligned} I &= \int y^2 + z^2 dm \\ &= \rho \int y^2 + z^2 dV \\ &= 2\rho \int_0^R \int_0^{\sqrt{R^2-y^2}} 2\pi r * r^2 dr dy \\ &= 2\rho \int_0^R \frac{1}{2} \pi (R^2 - y^2)^2 dy \\ &= \pi \rho \left(R^4 y - \frac{2}{3} R^2 y^3 + \frac{1}{5} y^5 \right) \Big|_0^R \\ &= \rho \frac{4}{3} \pi R^3 * \frac{2}{5} R^2 \\ &= \frac{2}{5} m R^2 \end{aligned}$$

rovnovážné polohy : poloha stala, vratka, volná

1.6 Mechanika kapalin a plynů

Pojmy 1.6.1

Struktura tekutin, silové působení mezi částicemi, ideální kapalina a plyn, tlak v tekutinách, Pascalův zákon, hydrostatický tlak, vztahová síla, Archimédův zákon, atmosférický tlak, proudění kapaliny, rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice, vnitřní tření, proudění reálné kapaliny, obtékání těles, odpor prostředí.

tekutiny = kapaliny + plyny

kapaliny : nestlavitelné, nerozpínavé, liší se mezi sebou vnitřním třením

plyny : stlavitelné, rozpínavé, částice dale od sebe, rychlejší

ideální kapalina dokonale tekutá, bez vnitřního tření, naprosto nestlavitelná

ideální plyn dokonale tekutý, bez vnitřního tření, dokonale stlavitelný

1.6.1 Tlak

$$p = \frac{F}{S} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

může být vyvolána vnější silou :

1.6.2 Pascalův zákon

Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalně těleso v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný

hydraulická zařízení : na základě Pascalova zákona mění poměr působících sil

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

hydrostatický tlak

$$p = h\rho g \quad \dots \text{ překvapivě platí bez ohledu na tvar nádoby}$$

ve stejné výšce je v kapalině všude stejný tlak. Místa o stejném hydrostatickém tlaku - hladiny

Atmosférický tlak $p \neq h\rho g$, protože vzduch není nestlavitelný. Za běžných podmínek $p = 1013,25 \text{ hPa}$. Mění se s teplotou vzduchu. Vitr je například způsoben rozdílem v tlaku.

barometr : nástroj na měření atmosférického tlaku **Archimédův zákon** - tlak na horní plochu tělesa je menší, než na tu spodní \Rightarrow síla působící vzhůru

$$F_{vz} = F_{h1} - F_{h2} = V\rho g$$

... těleso ponořené do kapaliny je nadnášeno silou rovnající se tíze tekutiny stejného objemu. Na každé v kapalině tedy působí gravitační a tlaková síla. Jestli se těleso ponorí, nebo ne, tudíž záleží na tom, jestli je hustota tělesa větší než hustota vody. **Proudění kapalin**

stacionární : rychlost kapaliny v daném místě zůstává konstantní s časem

nestacionární : rychlost se mění

laminární : proudnice rovnoběžné

turbulentní : chaotické

1.6.3 Objemový průtok

$$Q_v = \frac{V}{t} = \frac{Sl}{t} = Sv \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Kvůli nestlavitelnosti kapaliny musí být objemový průtok trubice ve všech místech stejný, bez ohledu na rozšiřování, nebo zužení.

1.6.4 Bernoulliho rovnice

hydrostatický tlak je ve stejných hloubkách stejný jen za předpokladu že je kapalina v klidu. pro proudící kapalinu platí jiné zákonitosti. Lze popsat pomocí Zakonu zachování energie. My se, ale budeme zabývat jen stacionárním prouděním kapalin

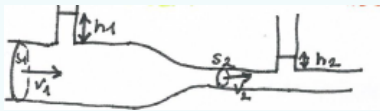
$$E = E_k + E_p$$

při změně rychlosti proudící kapaliny ve zužení/rozšíření trubice se musí zachovat její celková energie. Je tudíž potřeba definovat novou tlakovou potenciální energii.

$$E_p = \int p \vec{S} d\vec{l} = pV + \int \dot{p} V dl = pV$$

... proudění je stacionární, takže p se nemění s časem. My ho navíc považujeme za konstantní v jednotlivých úsecích nádoby (trubky)

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\rho Vv^2$$



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

1.7 Základní pojmy molekulové fyziky a termodynamiky

Pojmy 1.7.1

Kinetická teorie látek, Brownův pohyb, difúze, interakce mezi částicemi, modely struktur skupenství, látkové množství, Avogadrova konstanta, molární veličiny, stavové veličiny, rovnovážný stav, nultý termodynamický zákon, rovnovážný děj, vratný děj, vnitřní energie.

1.7.1 Kinetická teorie látek

teorie, která objasňuje strukturu a vlastnosti látek pohybem a vzájemným působením atomů molekul a iontů, z nichž se látky skládají.

- ① Všechny látky (kteréhokoliv skupenství) jsou složeny z částic (atomy, molekuly, ionty). Mezi částicemi jsou mezery, proto mluvíme o nespojitě (diskrétní strukture látek)
- ② Tyto částice se neustále a neuspořádaně pohybují (=tepelný pohyb) => mají kinetickou energii

o tepelném pohybu částic v látkách svědčí mnohé jevy

Difuze : samovolný pohyb molekul rozpustené látky z místa o vyšší koncentraci do místa s nižší koncentrací. Za určitou dobu se dá látka rozpíjí do celého objemu roztoku a její koncentrace bude všude stejná

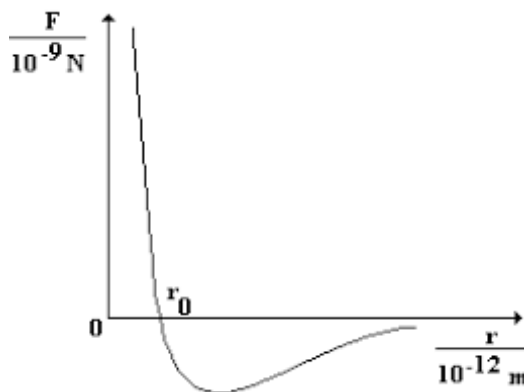
Brownův pohyb : nepřetržitý a chaotický pohyb mikroskopických částic v plynné, nebo kapalném mediu. Rychlost Brownova pohybu je úměrná teplotě systému.

1.7.2 ...

- ③ Částice na sebe působí silami elektromagnetické povahy - přitahovací, odpuzivé

vzájemné silové působení mezi dvěma částicemi v závislosti na vzdálenosti mezi nimi

- **sfera vzájemného působení** : každá částice je přitahována jen nejbližšími částicemi ve svém okolí
- **vázebné síly** síly, jimiž na sebe působí atomy v molekule
- kvůli silovým působením mezi částicemi má těleso i vnitřní potenciální energii
- r_0 : rovnovážná poloha, nepůsobí síla



Stavové veličiny : veličiny, které popisují stav termodynamického systému. Dělí se na:

extenzivní : závisí na velikosti systému

Objem , Hmotnost , Látkové množství , Vnitřní energie, entalpie, další termodynamické potenciály , Entropie

intenzivní: jsou na velikosti systému nezávislé

Tlak , Teplota , Hustota

1.7.3 Molární veličiny

atomová hmotnostní jednotka : $\frac{1}{12}$ hmotnosti atomu uhlíku nuklidu ^{12}C $m_u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ [kg]}$

Relativní atomová hmotnost A_r - udává kolikrát je atom těžší, $m = A_r m_u$

Avogadrova konstanta - počet částic v jednom molu $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ [mol}^{-1}\text{]}$

Latkové Množství n - vyjadřuje počet částic v tělese v molech $N = N_A \cdot n$

Molární hmotnost M_m : hmotnost 1 molu látky $m = M_m n \text{ [kg/mol]}$

Molární objem V_m : objem 1 molu látky $V = V_m n \text{ [m}^3\text{/mol]}$

molární objem plynu za normálních podmínek, tzn $V_m = 22,414 \text{ [l]}$ $1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 10^{-3}$
... náhoda? ne, picus chemik prohlásil gram za hlavní jednotku

Chemická vazba : spojení mezi atomy s nestabilní elektronovou konfigurací \Rightarrow tvoří molekuly **krystalová mřížka** : množina určitých abstraktních bodů, podle nichž se popisuje struktura krystalu

1.7.4 Vnitřní energie

součet všech kinetických a potenciálních energie

1.7.5 Teplo

energie, kterou při tepelné výměně předá těleso s vyšší teplotou

$$Q = mc\Delta t \text{ [J]}$$

merná tepelná kapacita $c \text{ [J/kgK]}$

Rovnovazný stav soustavy : každá soustava, která je od určitého okamžiku v neměnných vnějších podmínkách, přejde samovolně po určité době do rovnovážného stavu a samovolně z něho nevyjde.

Rovnovážný děj je děj, při kterém soustava prochází řadou na sebe navazujících rovnovážných stavů. Reálné děje lze považovat za rovnovážné, probíhají-li dostatečně pomalu.

Příklad 1.7.1

Když píst s plynem rychle stlačíme, potřebuje plyn na dosažení rovnováhy určitý čas (molekuly na druhé straně neví, že píst je stlačován, dokud k nim nedorazí vytlačené molekuly \Rightarrow chvíli trvá než se vytlačené molekuly rozmístí po pístu a vyrovná se tlak a teplota v celém objemu). Stlačujeme pomaleji: vytlačených molekul je méně, rozdíly v tlaku jsou menší \Rightarrow pokud budeme píst stlačovat dostatečně pomalu, bude mít teplota i tlak dost času na vyrovnání v celém objemu \Rightarrow v každém okamžiku se plyn bude chovat, jako kdyby byl v rovnovážné poloze \Rightarrow rovnovážný děj.

Modely jednotlivých skupenství

- ① **pevné látky** částice blízko u sebe, pravidelně uspořádané
- ② **kapaliny** částice daleko od sebe
- ③ **plyny** částice nejdaleko od sebe

1.8 Vnitřní energie, teplo, teplota

Pojmy 1.8.1

Vnitřní energie, změny vnitřní energie (práce, tepelná výměna), první termodynamický zákon, tepelná rovnováha, teplota, teplotní stupnice, třetí termodynamický zákon, měrná tepelná kapacita, kalorimetrická rovnice, přenos vnitřní energie (vedením, prouděním, zářením).

1.8.1 1. termodynamický zákon

Energii U soustavy lze změnit jen výměnou tepla Q , nebo práce W $dU = \delta Q + \delta W$

1.8.2 2. termodynamický zákon

Entropie systému pouze narůstá, teplo se přenáší vždy z místa s vyšší teplotou do místa s nižší teplotou

$$Q = mc\Delta T$$

Kalorimetrická rovnice : tepelné ztráty do okolí zanedbáváme (kalorimetr = tepelně izolovaná nádoba)

$$|Q_1| = |Q_2|$$

tepelná výměna může probíhat a) Vedením b) Zářením c) Prouděním

1.8.3 3. termodynamický zákon

Při absolutní nulové teplotě je entropie čisté látky pevného nebo kapalného skupenství rovna nule.

1.9 Struktura a vlastnosti plynů

Pojmy 1.9.1

Model ideálního plynu, rozdělení molekul podle rychlosti, střední kvadratická rychlost, střední kinetická energie molekuly, teplota a tlak plynu, stavová rovnice pro ideální plyn, Avogadrův zákon, normální molární objem, tepelné děje s ideálním plynem a jejich grafické vyjádření, kruhový děj, Carnotův cyklus, tepelné a chladicí stroje, druhý termodynamický zákon.

1.9.1 Model ideálního plynu

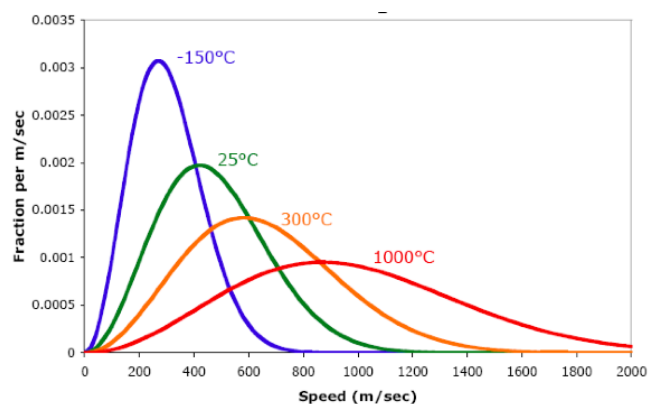
- ① rozměry molekul; jsou zanedbatelně malé ve srovnání se střední vzdáleností molekul od sebe
- ② molekuly na sebe navzájem silově nepůsobí kromě vzájemných srážek
- ③ srážky molekul jsou dokonale pružné
- ④ pohyb molekul je jen posuvný

Note

při dostatečně velkých teplotách a nízkém tlaku se nízkým tlaku se skutečné plyny přibližují modelu ideálního plynu.

Maxwell-Boltzmannova distribuce rychlosti molekul v látce podle četnosti. Limit (diskretního) histogramu
=> graf

osa y - kolik procent má takovou rychlost v rozmezí $\pm 0.5 \text{ m/sec}$



$$E_k = \sum E_{ki}$$

střední kvadratická rychlost je taková že

$$E_k = \sum \frac{1}{2} m v^2 = N * \frac{1}{2} m v_k^2$$

z grafu lze odvodit, že tato rychlost je rovna

$$v_k^2 = \frac{3kT}{m_0} = \frac{3kT}{M_m n} = \frac{3kT N_A}{m_0 N} = \frac{3R_m T}{M_m}$$

1.9.2 Molární plynová konstanta

$$R_m = N_A \kappa = 8.31 \text{ [J/kgmol]}$$

1.9.1 Nejpravdepodobnější rychlost molekuly

$$v_p^2 = \frac{2\kappa T}{m} = \frac{2RT}{M}$$

1.9.2 Střední kinetická energie

$$E_0 = \frac{1}{2} m_0 \bar{v}_0^2 = \frac{3}{2} kT$$

1.9.3 Průměrná rychlost molekuly

$$\bar{v}^2 = \frac{8RT}{\pi M}$$

1.9.4 Kinetická energie

$$E_0 = \frac{3}{2} NkT$$

tlak plynu : současně narazí velkého počtu molekul plynu na plochu S se projeví jako tlaková síla.

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}_k^2$$

1.9.3 Stavová rovnice

$$p = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m_0 \frac{3\kappa T}{m_0} = \frac{N\kappa T}{V}$$

$$pV = N\kappa T = TR_m N$$

pro 2 stavy téhož plynu tudíž platí

$$\frac{pV}{T} = nR_m = \text{konst.}$$

Deje v ideálním plynu

- ① **Izotermický dej** : $T = \text{konst}$, $pV = \text{konst}$. $E_k = \frac{3}{2} NkT$, takže $dU = 0$ a $dQ = -dW$. System tedy přeměnil přijaté teplo Q na vykonanou práci W
- ② **Izochorický dej** : $V = \text{konst}$, $p/T = \text{konst}$, $p dV = dW = 0$. System nekonal práci, ale přijal teplo $dU = dQ$
- ③ **Izobarický dej** : $p = \text{konst}$ $V/T = \text{konst}$, system vykonal práci $dW = p dV$ a přijal teplo Q .
- ④ **Adiabatický dej** : $Q = 0$ tzn plyn je absolutně tepelně izolován.
 $dU = 0 + dW = -p dV$... substituce $\alpha = \frac{3}{2}$

$$\begin{aligned} U &= \alpha nRT = \alpha pV \\ dU &= \alpha(p dV + V dp) \\ -p dV &= \alpha p dV + \alpha V dp \\ \alpha V dp &= -(\alpha + 1) p dV \\ \int_{p_0}^p \frac{dp}{p} &= -\frac{\alpha + 1}{\alpha} \int_{v_0}^v \frac{dv}{v} \\ \frac{p}{p_0} &= \left(\frac{v}{v_0}\right)^{-\frac{\alpha+1}{\alpha}} \end{aligned}$$

$$p_0 V_0^\gamma = p V^\gamma = \text{konst.}$$

1.9.4 Poissonova konstanta

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{f+1}{f}$$

kde C_p je molární kapacita při stálém tlaku C_v je molární tepelná kapacita při stálém objemu.

f jsou "stupně volnosti" částice. Pro jednoatomové molekuly $f = 3$, pro dvouatomové $f = 5$, jinak je γ potřeba najít v tabulkách.

1.10 Struktura a vlastnosti pevných látek

Pojmy 1.10.1

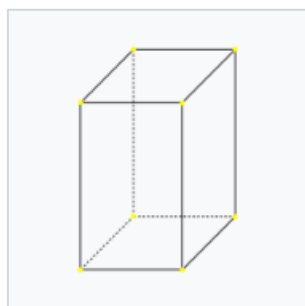
Stavba látek z částic, silové působení mezi částicemi, druhy vazeb, látky amorfni a krystalické, model krystalové mřížky, poruchy v krystalové mřížce, deformace, normálové napětí, relativní prodloužení, Hookův zákon, křivka deformace, teplotní roztažnost.

částice jsou v pevných látkách pravidelně uspořádány, dělíme je na

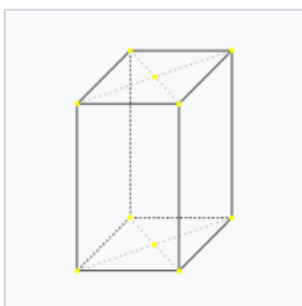
- ① amorfni zvykacky, plasty
- ② krystalické nerosty, kovy

krystalická mřížka : šablona pro umístění atomu. Nutně nemusí být všechna místa obsazena

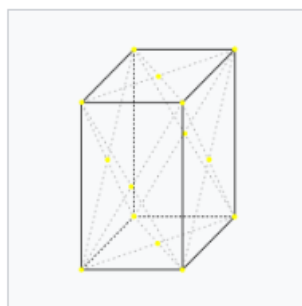
ideální krystalová mřížka je taková, že v každém uzlovém bodě se nachází částice, tzn. nemá poruchy. Mřížku získáme posouváním **Elementární buněk** podél prodloužených hran. Elementárních buněk je mnoho



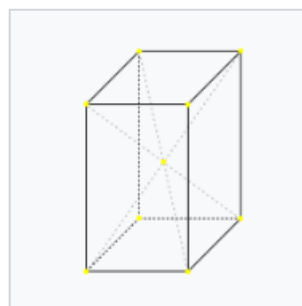
Prostá buňka



Prostá bazálně
centrovaná



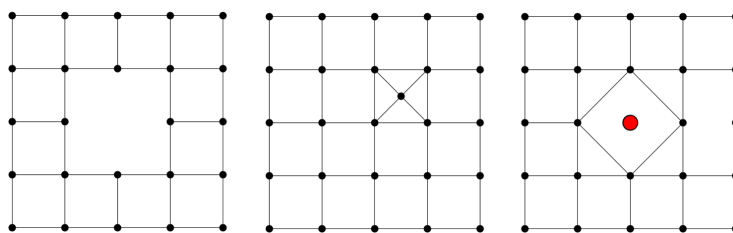
Prostá plošně
centrovaná



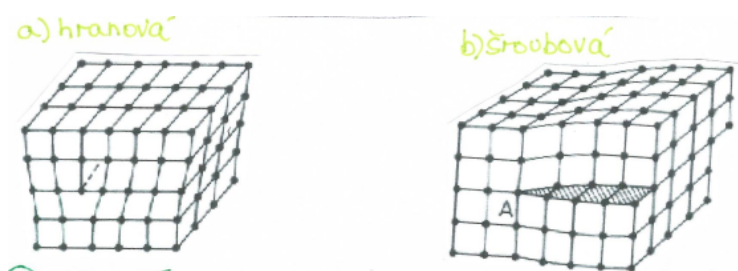
Prostá prostorově
centrovaná

Vazby mezi atomy : kovalentní, iontová, kovová, vodíková ... **Poruchy krystalické mřížky**

- ① Bodové



- ② Dislokace

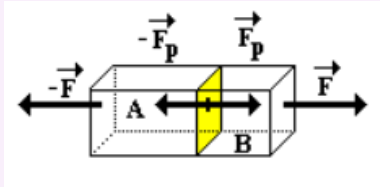


- ③ Objemově v krystalu je kus vytržnicového materiálu

Mechanika deformace pevných látek \iff

- ① **Elastická** : pružná, vratná
- ② **Plastická** : tvárná, nevratná
- ③ **deformace** tahem, tlakem, ohybem, smykem, kroucením

1.10.1 normalové napětí



$$\sigma_n = \frac{F_p}{S} \text{ [Pa]}$$

kde F_p je velikost síly působící kolmo na plochu příčného řezu o obsahu S

1.10.2 Relativní prodloužení

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

1.10.3 Hookův zákon

Pro pružnou deformaci tahem je normalové napětí přímo úměrné relativnímu prodloužení

$$\sigma_n = E\epsilon$$

1.10.4 teplotní roztažnost

$$\epsilon = \alpha \Delta T$$

α teplotní součinitel délkové roztažnosti

- ① **délková** $l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$
- ② **plošná** $S = (l_0(1 + \alpha \Delta T))^2$
- ③ **objemová** $V = (l_0(1 + \alpha \Delta T))^3$

1.11 Struktura a vlastnosti kapalin

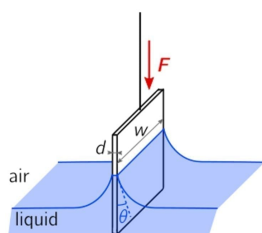
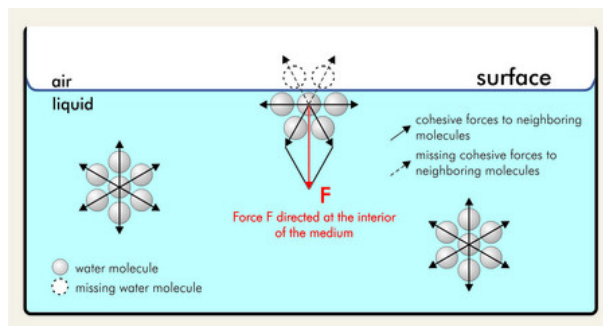
Pojmy 1.11.1

Povrchová vrstva kapalin, povrchová energie, povrchové napětí, povrchová síla, jevy na rozhraní, kapilární tlak, kapilární jevy, teplotní roztažnost kapalin.

Vlastnosti kapalin : podobne strukture amorfnych latek. Usporadani molekul je jen kratkodohove. Molekuly neusporadane kmitaji kolem roznovaznych poloh. Zvysovanim teploty dochazi ke zmenseni teto doby, coz se projevi i na tekutosti kapaliny. Neustale se vyparuje.

Povrchova vrstva

ruzne molekuly na sebe vzajemne pusobi ruzne pritazlivymi silami. Napr molekula vody se s molekulou vody pritahuje vice, nez s molekulami vzduchu. Tudiz na molekuly povrchu kapaliny pusobi celkova sila dolu coz zapricinuje povrchove napeti. V pripade molekul nadoby to, ale muze byt naopak. Molekula vody se s molekulou nadoby pritahuje vice \Rightarrow konkavni tvar.

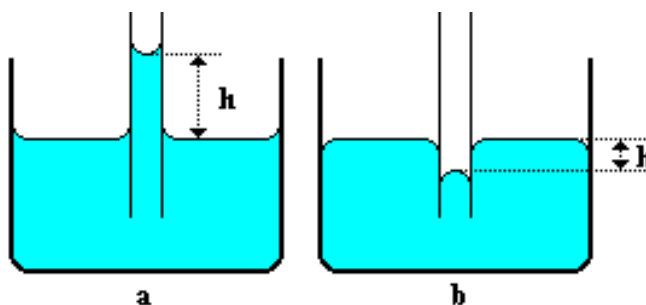


$$\sigma = \frac{F}{L \cdot \cos \theta}$$



1.11.1 povrchove napeti, neboli energie

povrchove napeti je enrgie povrchu kapaliny na $[\frac{J}{m^2}] = [\frac{N}{m}]$
 $\sigma = \frac{F}{L}$



1.11.2 Kapilarni jevy

zakrivenim povrchu kapalin pri stenach nadoby v kapilarach u kapek a bublin zpusobuje vznik pridavneho tlaku v kapaline. Tento tlak se nazyva kapilarni tlak.

$$p_k = \frac{F}{S} = \frac{\sigma l}{\pi R^2} = \frac{\sigma 2\pi R}{\pi R^2} = \frac{2\sigma}{R}$$

kapilarni tlak pro bublinu : $P_1 \dots$ tlak uvnitr bubliny $p_2 \dots$ okolni tlak

$$F_{p2} = F_{\sigma} + F_{p1}$$

$$P_2 4\pi r^2 = 2\sigma 2\pi r + P_1 4\pi r^2$$

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{R}$$

nebot tlak v kazde vysce v kapaline musi byt stejný

$$h\rho g = \frac{2\sigma}{R}$$

$$h = \frac{2\sigma}{R\rho g}$$

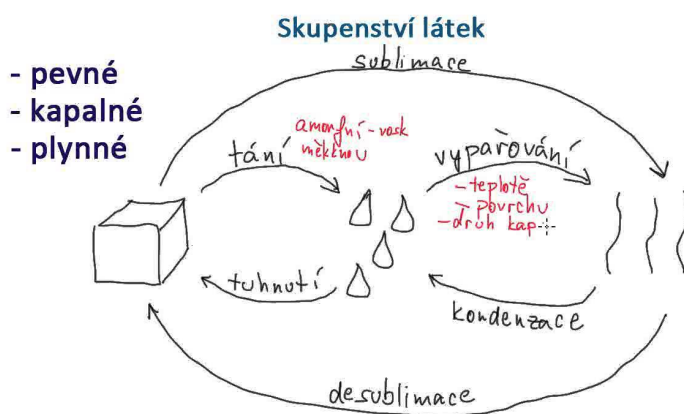
Objemova roztaznost kapalin

$$V = V_0(1 + \beta\Delta T)$$

1.12 Skupenské přeměny látek

Pojmy 1.12.1

Fázový diagram, trojný a kritický bod, modely struktury skupenství, vnitřní energie a její změny při změnách skupenství, vypařování, kondenzace, sytá pára, přehřátá pára, var, sublimace, tání, tuhnutí, měrné skupenské teplo přeměny, vlhkost vzduchu.



Tuhnutí/tání samotná přeměna skupenství vyžaduje energii. během tuhnutí a tání koexistují obě skupenství na stejné teplotě.

1.12.1 Skupenské teplo tání

$$L_t = l_t m$$

měrné skupenské teplo tání l_t [J/kg]

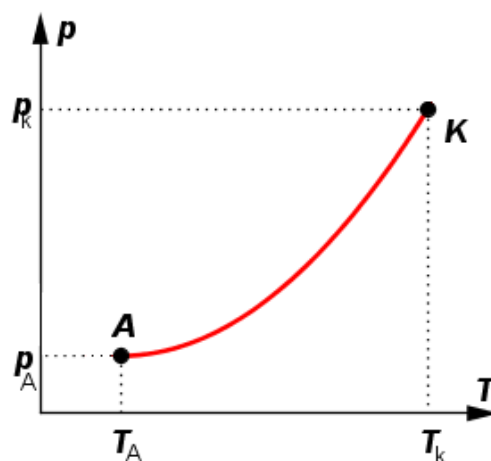
... skupenské teplo sublimace L_s , skupenské teplo vypařování L_v

kapalina se neustále vypařuje. Pokud kapalinu uzavřeme do nádoby, koncentrace vypařené látky pomalu začne stoupat až do určitého momentu, kdy množství vypařené látky za čas se rovná látce zpět zkapalněné. V tomto stavu je v nádobě **syta pára**, která je udržena tlakem a teplotou.

T_A a P_A ... nejmenší hodnoty tlaku a teploty při kterých je kapalina se svou sytou parou v rovnovážném stavu

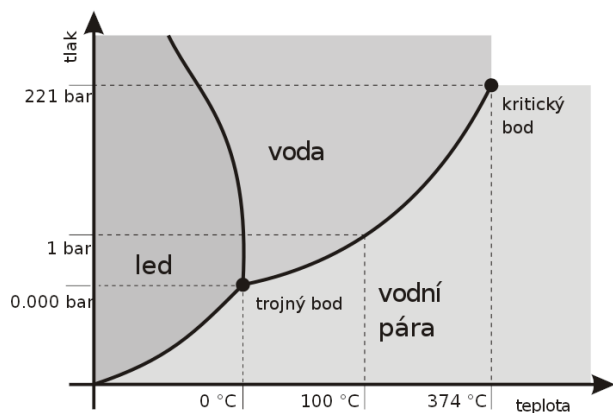
K ... **kritický bod** : bod nad který nelze látku zkapalnit. $\rho_{pary} = \rho_{kapaliny}$. Zmizí rozhraní. stejnorodá směs.

Z křivky lze získat **hodnotu teploty varu** při daném tlaku. Var kapaliny nastává právě tehdy, když tlak bublin vroucí kapaliny = okolní tlak.



Přehřátá pára má nižší tlak a hustotu, než sytá pára, takže za normálních okolností by měla být zkapalněna. Získáme ji například ohříváním syté pary bez přítomnosti kapaliny.

křivka syté pary je pouze část fázového diagramu



Fazový diagram znazornuje vsechna 3 skupenství a jejich rovnovážné stavy

1. krivka tání
2. krivka sublimace
3. krivka syté pary

Trojny bod : kapalné, plynné i pevné skupenství koexistuje za daného tlaku a teploty

1.12.2 Absolutní vlhkost vzduchu

$$\Phi = \frac{m}{V} [kg/m^3]$$

m ... hmotnost vodní páry V ... objem vzduchu

1.12.3 Relativní vlhkost vzduchu

$$\phi = \frac{\Phi}{\Phi_m}$$

Φ ... Absolutní vlhkost vzduchu při dané teplotě.
 Φ_m ... absolutní vlhkost vzduchu, při které je za této teploty vodní pára ve vzduchu sytá

$$\phi = \frac{P}{P_s}$$

P ... tlak vodní páry, P_s ... tlak syté vodní páry při dané teplotě.

1.13 Mechanické kmity

Pojmy 1.13.1

Pohyb kmitavý, periodický, harmonický, kinematika harmonického pohybu (výchylka, rychlost, zrychlení, fáze, frekvence, perioda), skládání kmitů v jedné přímce, skládání kmitů navzájem kolmých, Lissajousovy obrazce, dynamika harmonického pohybu, pružina, kyvadlo, přeměny energie v oscilátorech, tlumené kmity, nucené kmity, rezonance.

Periodický pohyb : dej, který se s pravidelnými intervaly opakuje

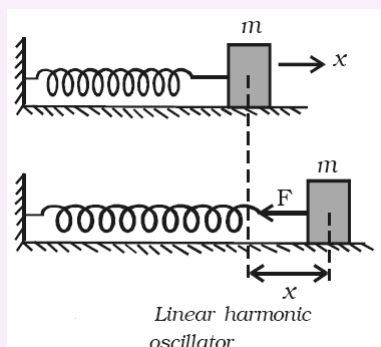
Perioda : doba jednoho opakování

1.13.1 Frekvence

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]}$$

Kinematika harmonického kmitání : zkoumá periodický pohyb

1.13.2 Harmonické kmitání



pro lineární harmonický oscilátor platí

$$F = -ky$$

$$\ddot{y} = -\frac{k}{m}y$$

jejím obecným řešením je

$$y = C_1 \cos(\omega t) + C_2 \sin(\omega t)$$

$$\text{, kde } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$y = y_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$y = \sqrt{y_0^2 + \left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2} \sin(\omega t + \theta)$$

$$2\pi = \omega T$$

$$T = \sqrt{\frac{m}{k}} 2\pi$$

$$E_p = \int F dy = \int -ky dy = -\frac{1}{2}ky^2$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E = E_p + E_k = \frac{1}{2}ky_{\max}^2 = \text{const.}$$

Rovnovážná poloha : poloha, kdy působí nulová rovnovážná síla

Krajní poloha : poloha, kde je největší potenciální energie

Složené kmitání : vznikne skládáním několika kmitavých pohybů

1.13.3 Tlumene kmitani

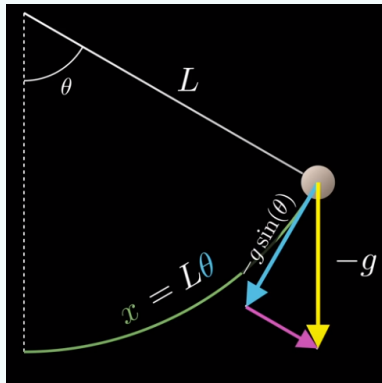
$$\ddot{y} = -\frac{k}{m}y - \frac{c}{m}\dot{y}$$

$$y = Ae^{-\frac{c}{2m}t} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$$

... pro $v_0 = 0$ a $y_0 = y_{max}$

nucene kmity : na konci kazde periody kompenzujeme ztraty energie vznikle tlumenim kmitaveho pohybu

Rezonance amplituda vychylky nucenych kmitu dosahne maximalni hodnoty pri frekvenci, která je shodna s frekvenci vlastniho kmitani oscilatoru



$$\ddot{x} = L\ddot{\theta} = -g \sin \theta$$

$$\ddot{\theta} = -\frac{L}{g} \sin(\theta)$$

$$\sin \theta \doteq \theta$$

$$\ddot{\theta} = -\frac{L}{g} \theta$$

... pro $\theta < 5^\circ$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{L}{g}$$

1.14 Mechanické vlnění

Pojmy 1.14.1

Vznik, šíření a druhy vlnění (postupné, stojaté, příčné, podélné), rychlost šíření vlny (fázová rychlost), vlnová délka, rovnice postupné vlny, interference vlnění, koherentní vlnění, odraz vlnění, Huygensův princip, zákon odrazu s lomu, ohyb vlnění, zvuk, Dopplerův jev, souvislosti s optikou.

Mechanické vlnění : dej, při kterém se kmitový vzruch šíří prostředím

- ① **Postupné vlnění** energie se vlněním přenáší
všechny body kmitají se stejnou amplitudou, ale různou fází
 - ① **Postupné Příčné vlnění** částice kmitají ve směru kolmém ke směru šíření vlnění např. vodní hladina
 - ② **Postupné podélné vlnění** částice kmitají ve směru šíření vlnění např. zvuk
- ② **Stojaté vlnění** energie se nepřenáší
všechny body kmitají se stejnou fází, ale různou amplitudou

1.14.1 vlnová délka

vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají se stejnou fází

$$\lambda = vT$$

1.14.1 Rovnice Postupné mechanické vlny

$$\begin{aligned}y &= y_m \sin(\omega t) \\&= y_m \sin(\omega(t - t')) \\&= y_m \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v}\right) \\&= y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{vT}\right) \\&= y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\end{aligned}$$

Interference vlnění : v místech, kde zároveň postupuje více vlnění, dochází k interferenci.
V případě harmonických pohybů ve stejném směru, odchylky sečtu

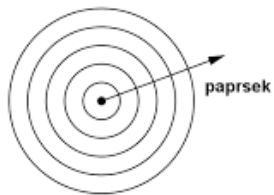
1.14.2 Drahový rozdíl interferujících vlnění

$$d = x_1 - x_2$$

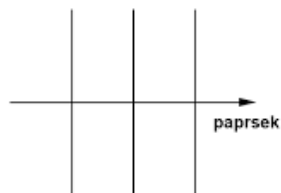
1.14.3 fázový rozdíl interferujících vlnění

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_2 - \phi_1 \\&= 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda}\right) - 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right) \\&= \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1)\end{aligned}$$

kulová vlnoplocha



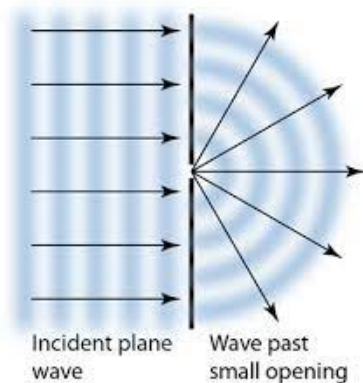
rovinná vlnoplocha



Izotropní prostředí : ma ve všech směrech stejné fyzikální vlastnosti

vlnoplocha : množina bodů do nichž se vlnění dostane z bodového zdroje za stejný časový interval

paprsek : kolmice k tečné vlnoplochy



Huygensův princip : každý bod vlnoplochy do něhož se dostalo vlnění v jistém okamžiku můžeme pokládat za zdroj elementárního vlnění

1.15 Elektrostatické pole

Pojmy 1.15.1

Elektrický náboj, zákon zachování náboje, Coulombův zákon, elektrostatické pole, homogenní a radiální pole, intenzita elektrického pole, elektrický potenciál, elektrické napětí, práce v homogenním elektrickém poli, vodič a nevodič v elektrickém poli, elektrostatická indukce, kapacita vodiče, kapacita soustavy vodičů, kondenzátory, řazení kondenzátorů.

1.16 Elektrický proud v kovech

Pojmy 1.16.1

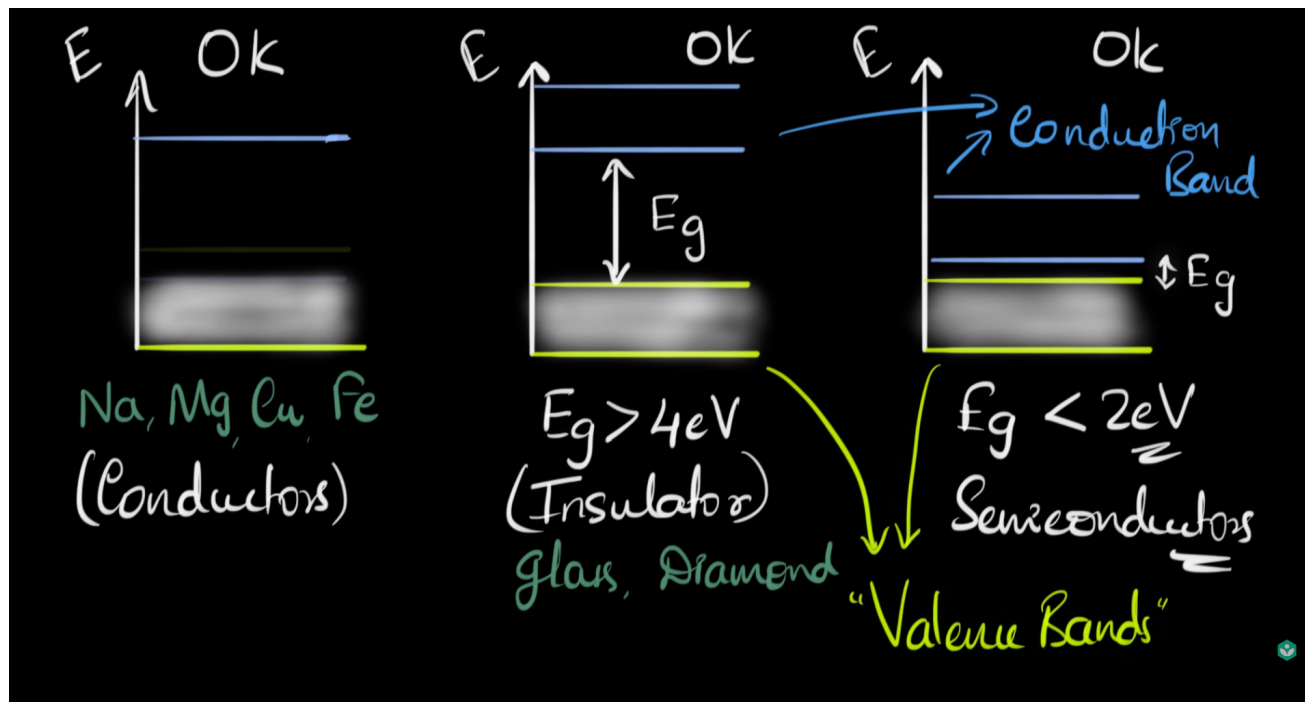
Elektrický proud, elektromotorické napětí, elektronová vodivost, Ohmův zákon, voltampérová charakteristika, elektrický odpor, závislost odporu na rozměrech vodiče a na teplotě, supravodivost, termočlánek, Ohmův zákon pro uzavřený obvod, vnitřní odpor zdroje, Kirchhoffovy zákony, výkon elektrického proudu.

1.17 Elektrický proud v polovodičích

Pojmy 1.17.1

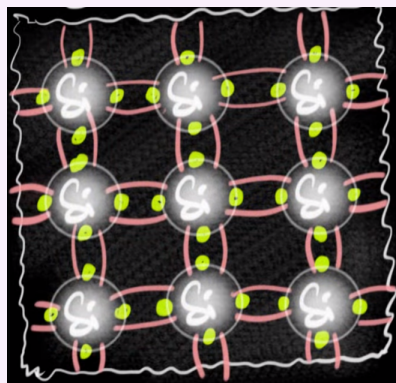
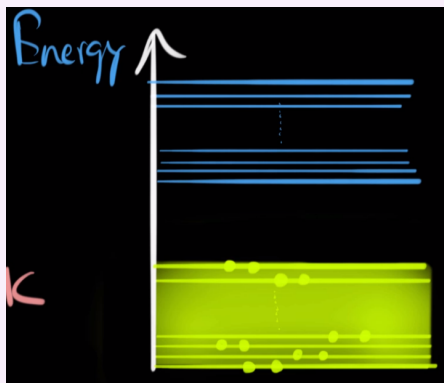
Polovodiče vlastní, příměsové, typ N, typ P, přechod PN, diodový jev, dioda jako usměrňovač, Graetzovo zapojení, tranzistorový jev, tranzistor jako zesilovač, termistory, diody LED, fotodiody.

Při teplotě 0 K, se všechny elektrony nacházejí v nejnižších energetických hladinách, tzn. tak jak se to vyučuje v chemii. Při jakémkoli zvýšení teploty se ale část tepelné energie přeneší na elektrony, které mohou přeskokovat do vyšších neobsazených energetických hladin. Od určité energetické hladiny má elektron dost energie na to, aby se vyvázal z atomu a začal se volně pohybovat látkou.



Vodiv je potom taková látka, u které se hladina dostatečná k vyvážení překryva s tou valenční...

1.17.1 vlastní polovodič



Vlastní polovodič je taková látka, která se skládá čistě z krystalické mřížky jednoho atomu, a to takového, kterému je potřeba dodat malou, ale přesto významnou energii, aby se alespoň jeden elektron z jeho obalu uvolnil.

Takova latka tedy vede el. proud, ale ma velky odpor.

Fortorezistor : meni svuj odpor na zaklade energie prijimane zarenim.

termorezistor : meni svuj odpor na zaklade tepelne energie

1.17.2 Nevlastni polovodic

12	13	14	15	16	17
	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F
	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl
30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br
48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I
80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At
112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts

Nevlastni polovodic ma navic v malem mnozstvi primiseny nejaky jiny atom, který je

① z 13. skupiny > polovodic typu P

② z 15. skupiny > polovodic typu N

Primesy typu N tedy maji jeden eltron navic oprati atomum kremiku a zaroven maji jako jedine tu specialni vlastnost, ze tento eltron ma energii velmi blizkou k te potrebe kvyvazani z atomu. Takova latka ma tedy lepsi vodivost, protoze v elektrostaticky neutralnim stavu ma mnoho volnych elektronu. Pokud by tyto elektrony byli odvedeny pryč, faze by se stala kladnou a tudiz by elektrony pritahovala. Pri prvnι prilozitosti by si svoje ztracene elektrony opet pritahla zpět.

Primesy typu P funguji opacne. Atomy z 13. skupiny maji energii prazdneho 4. elektronu velmi blizkou valencni vrstve. Eltron, který by tuto pozici obsadil, by v ni byl relativne stabilni a nevyvazoval se. Vysledkem je ze polovodic typu P ma mnohem vic "der" ve valencni vrstve. Tyto diry se z pohledu proudu chovaji jako kladne nabite castice.

PN-prechod : vznik hradlove vrstvy. Diffuzni i "drift" proudy jsou stejne. Vznikne napeti mezi mezipolovodici (asi 0.7 V). "Reverse biasing" zvyšovani napeti, zmenšovani diffuzniho proudu => proud neteče. "Forward Biasing" zmenšovani napeti, zvyšovani diffuzniho proudu => proud teče zvyšuje se nelinearne (vypada jako exponenciala) po prekonani napeti se chova v podstate jako vodic bez odporu. "Drift" proud je zavisly pouze na teplote.

Transistor : prostredni P, nebo N vrstava musi byt velmi tenka

① **PNP**

② **NPN** Realna soucastka je jednosmerna. Schemataicky to ukazuje sipka. Kdyz v tomto smeru zapojime napeti, proud nepoteče. Prechod NP je "Reverse biased". Ale jen malo. Vetsina napeti se ztrati na "forward biased" PN prechodu. Pripojenim maleho napeti na bazy se vyrovná napeti na NP prechodu a proud muze tect. Je primo umerny, ale nekolika nasobne vetsi než proud na bazi. => zesilovac

1.18 Elektrický proud v kapalinách a plynech

Pojmy 1.18.1

Elektrolytická disociace, elektrolyza, závislost proudu v elektrolytu na napětí, Faradayovy zákony elektrolyzy, galvanické články, elektrolytická polarizace, akumulátory, ionizace, nesamostatný a samostatný výboj, voltampérová charakteristika výboje, doutnavý výboj, jiskra, oblouk, katodové záření, elektronový paprsek, emise elektronů.

Elektrolytická disociace : rozložení látky na ionty. Kationy, aniony

elektrolyty : kapaliny, které vedou el. proud

Elektrody vytváří v kapalině el. pole => ionty se začnou pohybovat => teče proud

ionty odevzdají/prijmou elektron. Mohou reagovat s elektrodou, nebo elektrolytem => elektrolyza

U_r ... rozkladné napětí

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

- ① **I. Faradayuv zákon** Hmotnost vyloučené látky je přímo úměrná náboji Q , který prošel elektrolytem
- ② **II. Faradayuv zákon** Látková množství vyloučená stejným nábojem jsou pro všechny látky chemicky ekvivalentní, neboli elektrochemický ekvivalent A závisí přímo úměrně na molární hmotnosti látky.

Galvanický článek je chemický zdroj elektrického napětí využívající ionizaci **Elektrická polarizace** jev, při kterém se působením elektrického pole z neutrálních atomů a molekul stanou elektrické dipóly. Prochází-li elektrolytem proud, mění se v důsledku elektrolyzy povrchy elektrod. Povrch elektrod se pokrývá vyloučenými produkty, vznikají nové dvojvrstvy, Elektrody se polarizují.

Akumulátory lze znovu nabíjet stejnosměrným el. proudem. Odstranění změny, ke kterým došlo při vybití, nejbezpečnější : Oloveny.

Plyny

ionizace : z neutrálních atomů ionty

z molekuly se uvolňují elektrony zanechávající za sebou kation.

Elektrický výboj v plynu : el. proud v ionizovaném plynu

- ① **Nesamostatný náboj** probíhá pouze za přítomnosti ionizátoru
- ② **samostatný výboj** probíhá i po odstranění ionizátoru. ionty jsou tak rychle, že se sami stavají ionizačním středem ionizace.

plazma : vysoce ionizovaný plyn při samostatném výboji

obloukový výboj : zkrat mezi elektrodami => zahřátí na 4500 C deg. Po oddaleni stále vede proud kvůli ionizaci teplem

jiskrový výboj intenzita el. pole dosáhne hodnoty potřebné k ionizaci. Zdroj se výbojem rychle vybije.

1.19 Stacionární magnetické pole

Pojmy 1.19.1

Magnetické pole elektrického proudu, magnetické indukční čáry, Ampérovo pravidlo, magnetická indukce, magnetické pole vodičů s proudem, silové působení na náboje a vodič s proudem, Flemingovo pravidlo, silové působení mezi dvěma vodiči s proudem, definice ampéru, magnetické vlastnosti látek (diamagnetické, paramagnetické, feromagnetické), magnetická hystereze (látky magneticky měkké a tvrdé).

1.20 Nestacionární magnetické pole

Pojmy 1.20.1

Elektromagnetická indukce, Faradayův zákon elektromagnetické indukce, magnetický indukční tok, Lenzův zákon, Foucaultovy proudy, vlastní indukce, indukčnost, přechodové děje.

1.21 Střídavé elektrické proudy

Pojmy 1.21.1

Vznik střídavého proudu, generátory, napětí fázové a sdružené, elektromotory, transformátor, harmonický průběh střídavého proudu, obvody s R, L, C, sériový a paralelní kmitavý obvod (rezonance), výkon střídavého proudu, [řešení obvodů pomocí komplexních čísel].

1.22 Elektromagnetické pole, kmity, vlnění

Pojmy 1.22.1

Kmitavý obvod jako zdroj elektromagnetického pole, vznik elektromagnetického vlnění, elektromagnetický dipól, vysílač, přijímač, sdělovací technika (mikrofon, reproduktor, modulace, rozhlas, televize), spektrum elektromagnetického vlnění.

1.23 Geometrická optika

Pojmy 1.23.1

Šíření světla, optické prostředí, [Fermatův princip], zákon odrazu a lomu světla, rozklad (disperze) světla, optická soustava, zrcadla, čočky, zobrazovací rovnice, příčné zvětšení, oko, optické přístroje.

Optika je nauka o svetle

zabývá se zkoumáním podstaty světla a zákonitostmi světelných jevů

- ① Optika geometrická zanedbáváme vlnovou povahu světla. Světlo považujeme za paprsek
- ② Optika vlnová světlo považujeme za vlnu
- ③ Optika kvantová

1.23.1 Zakony geometrického šíření světla

- ① zákon primocareho šíření světla v opticky stejnorodém prostředí
- ② zákon odrazu : světlo se odrazí pod stejným úhlem pod kterým dopadlo
- ③ zákon lomu

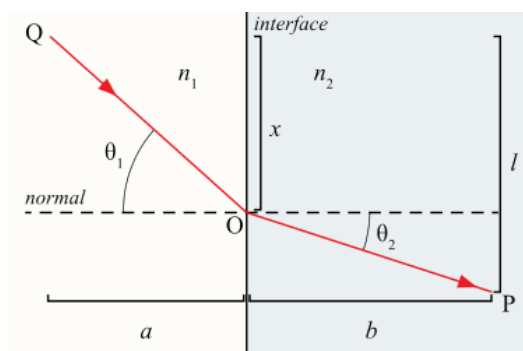
světlo se v různých prostředích pohybuje různě rychle. Definujeme veličinu lom světla, tak aby:

1.23.2 index lomu

$$n = \frac{c}{v}$$

1.23.3 Fermatův princip

Světlo se mezi dvěma body šíří po takové dráze, aby ji urazilo za nejkratší dobu



1.23.4 Snellův zákon odrazu světla

$$T = \frac{\sqrt{x^2 + a^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(l-x)^2 + b^2}}{v_2}$$

$$\frac{dT}{dx} = 0$$

$$\frac{\sin \alpha}{v_1} - \frac{\sin \alpha}{v_2} = 0$$

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

Pri prechodu z jednoho prostredi do druhého se nemení f

$$n = \frac{c}{\lambda f} = \frac{\lambda_0 f}{\lambda}$$

pri prechodu z jednoho media do druhého se mení vlnová délka

x **Disperze světla** : n závisí také na frekvenci/vlnové délce světla

Zobrazování optickými soustavami

z každého bodu předmětu vycházejí světelné paprsky

optická soustava : uspořádání optických prostředí, které mění směr paprsku

Vypouklé/Duté parabolické zrcadlo : paprsky rovnoběžné se zrcadlovou osou se odrazí do ohniska

1.24 Vlnová optika

Pojmy 1.24.1

Spektrum elektromagnetického vlnění, vznik a podstata světla, šíření světla, Huygensův princip, odraz, lom, interference světla, koherence, Youngův pokus, interference na tenké vrstvě (Newtonova skla), holografie, ohyb světla, polarizace.

světlo považujeme za vlnu tzv elektromagnetické vlnění

Vlnová délka $\lambda = \frac{c}{f}$

okem pozorovatelné vlnové délky : $380 - 750 \cdot 10^{-9} m$

pricinou jeho vzniku je například změna energie v atomech.

světlo se ale taky chová jako vlna

šíření světla můžeme popsat tzv. Huygensovým principem, že každý bod vlnoplochy se může pokládat za zdroj elementárního vlnění

A tím se dostáváme k interferenci vlnění

pokud se setkají dva paprsky (kuloplochy, vlny), a jeden se blíží k opačné amplitudě, reagují dekonstruktivně.

slit experimenty - koherentní interference

predpokládám, že vychází vlnoplochy mají stejnou fázi i frekvenci

double slit : $\frac{\lambda}{2}(2k - 1) = w \sin(\alpha) \dots$ dekonstruktivní, α - úhel k bodu, w - vzdálenost šerbin

single slit : $\frac{\lambda}{2}(2k - 1) = \frac{w}{2} \sin(\alpha) \dots$ dekonstruktivní, α - úhel k bodu, w - šířka šerby

interference na mřížce : $\lambda k = w \sin(\alpha) \dots$ konstruktivní, α - úhel k bodu, w - vzdálenost šerbin

Interference na tenké vrstvě cocka, cokoliv je pokryté tenkou vrstvou jiného materiálu, tak aby odraženo světlo interferovalo dekonstruktivně/konstruktivně se světlem odrazeným z rozhraní tenké vrstvy a cocky

$d = \frac{\lambda}{4}(2k - 1) \dots$ dekonstruktivní, d - šířka tenké vrstvy

viditelné světlo je spektrum - nelze udělat tenkou vrstvu pro všechny vlnové délky \Rightarrow odraz z bryli zepředu je zelený (barva uprostřed spektra)

Polarizace : Filtr, který propouští jen některé natočení ele.mag. vln

světlo porušuje princip inkluze/exkluze

Einstein-podolsky-Rosen paradox

1.25 Fotometrie

Pojmy 1.25.1

Zářivý tok (světelný tok), zářivost (svítivost), ozáření (osvětlení), tepelné záření, záření černého tělesa, Stefan-Boltzmannův zákon, Wienův posunovací zákon, Planckův zákon, kvantum energie, spektrum elektromagnetického záření (UV, RTG, γ)

zabývá se studiem a měřením světelné energie

Zářivý tok $\Phi = \frac{dE}{dt}$ [W] : energie vyzařena zdrojem za jednotku času

Světelný tok $\Phi = \frac{dE}{dt}$ [W] [683lm]: vyjadruje intenzitu zřakového vjemu

Steradian $\Omega = \frac{A}{r^2} = \frac{2\pi r h}{r^2}$ [srd] : 1 srd je prostorový úhel, při němž má kulový vrchlik jím vymezenou plochu r^2

Zářivost $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$ [$\frac{W}{srd}$]

Svítivost $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$ [$\frac{W}{srd}$] = [$\frac{683lm}{srd}$] = 683cd

Intenzita vyzařování $B = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{d\Phi}{d\Omega r^2} = \frac{I}{r^2}$ [Wm^{-2}] : energie vyzařovaná ze zdroje z plochy

Intenzita Ozáření $B = \frac{d\Phi}{dS} = [Wm^{-2}]$: energie, kterou zdroj ozáří plochu

intenzita Osvětlení : $B = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{d\Phi}{d\Omega r^2}$ [$Wm^{-2} = 683lm m^{-2} = 683lx$]

černé těleso viz 27

Elektromagnetické záření : částice v látce vybuchují. Tuto tepelnou energii potom můžeme vyzařit elektromagnetickým zářením

1.25.1 Stefan Boltzmannův zákon

$$E = \sigma AT^4$$

energie vyzařena 1 m^2 je přímo úměrná 4. mocnině teploty

1.25.2 Wienův zákon

$$\lambda = \frac{b}{T}$$

amplituda vlnové délky je nepřímo úměrná Teplotě

1.25.3 Planckův zákon

$$E = hf$$

rentgenové záření : 10 nm - 1 pico metr

1.26 Základy speciální teorie relativity

Pojmy 1.26.1

Inerciální soustavy, Galileiho princip relativity, Michelson - Morley, Einsteinovy postuláty, Lorentzova transformace, relativnost současnosti, dilatace času, kontrakce délek, skládání rovnoběžných rychlostí, relativistická hmotnost, relativistická hybnost, relativistická energie ($E=mc^2$).

teorie, kterou formuloval Einstein na začátku 20. stol
navazal Obecnou teorii
je o zákonech pohybu
navazuje na Newtonovu - stavající nejlepší teorii
x objevují se v ní trhliny, zvláště při vyšších rychlostech
rychlost světla je konstantní
Einsteinovy postuláty \Rightarrow Lorentzovy transformace

1.27 Základy kvantové fyziky

Pojmy 1.27.1

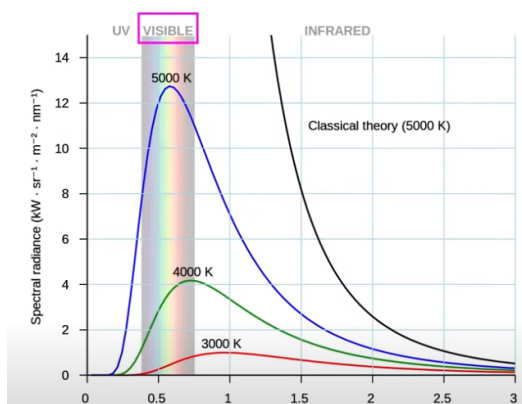
Kvantování energie (Planck), fotoelektrický jev (Einsteinova rovnice, foton), Comptonův jev, vlnové vlastnosti částic (de Broglieovy vlny), korpuskulárně vlnový dualismus, Davisson-Germerův pokus, [Schrödingerova rovnice], Heisenbergovy relace neurčitosti, kvantování fyzikálních veličin, princip korespondence.

černe těleso : pohltí veškeré světlo, které na něj dopadne, je absolutně nereflexivní. => všechno světlo vycházející z tohoto tělesa je jím vyzařeno.

Graf elektromagnetické radiace (množství v závislosti na vlnové délce) pro těleso v termodynamickém equilibriu závisí pouze na jeho teplotě

je potřeba asi 500 C, aby těleso začalo vyzařovat ve viditelném spektru

Při 5000 C je většina vyzařovaného světla ve viditelném spektru => teplota slunce.



klasický elektromagnetismus tento graf nedokáže popsat. Dobře vystihuje pravou část grafu, ale nedokáže předpovědět pokles pro menší vlnové délky.

Předpovídal nekonečný růst grafu zleva

=> Ultrafialová katastrofa

=> Klasický elektromagnetismus je neúplný.

V momentu zoufalství napadla Maxe Plancka následující myšlenka : Vyzařené světlo je způsobeno vibracemi částic v látce, jejichž rychlost je také závislá pouze na teplotě. Světlo vyzařené tímto způsobem musí být kvantizováno. Nabyvá pouze určitých diskretních hodnot.

1.27.1 Energie fotonu vyzařených černým tělesem

$$E = nhf_0$$

$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$: experimentálně nameraná hodnota

Planckova konstanta je velice malá => energie je velmi plynule kvantizována => proto si toho nikdo do té doby nevšimnul

Fotoelektrický jev : jev, při kterém jsou elektrony uvolňovány z obalu atomu a následně mohou být emitovány z látky v důsledku absorpce elektromagnetického záření

Z látky odletají el. => látka se nabíjí kladně

Bylo zjištěno, že schopnost fotonu vyvolat elektron závisí pouze na jeho frekvenci a vůbec na intenzitě.

Pokud dodám nedostatečnou frekvenci => žádný elektron se neuvolní

Tuto záhadu vyřešil Albert Einstein. Světlo je kvantizováno na fotony, jejichž energie je

$$hf = W_A + E_k$$

$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

W_A ... práce potřebná k vyvazání el E_k ... kinetická energie el f_0 ... minimální frekvence fotonu potřebná k vyvazání el

Foton musí mít nějakou minimální energii k vyvazání elektronu

x Světlo musí být popsáno zároveň jako vlna : dvojdira experiment

L. de Broglie vyslovil předpoklad, že i všechny ostatní částice mají charakter vlny

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{\frac{cp}{h}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

toto vlnění jakékoli hmoty je označováno jako de Broglieovy vlny.

1.27.2 relativistická hmotnost fotonu

$$m = \frac{E}{c^2} \quad p = \frac{E}{c^2}c = \frac{hf}{c} =$$

1.28 Fyzika elektronového obalu

Pojmy 1.28.1

Modely atomu, spektrum vodíku, Franck-Hertzovy pokusy, kvantově mechanický model atomu vodíku, kvantová čísla, orbitály, spin, Pauliho princip, elektronová konfigurace, periodická soustava prvků, emise světla, laser.

atom - od antiky nejmenší nedílitelná částice látky

x je dělitelný

pudinkový model : atom je nepatrná koule, která nese kladný náboj. el. se v ní volně pohybují

planetární model

Ernest Rutherford rozlil 2 částice vyletující z jádra.

B - odpovídá el. (He^4) a - velmi těžké, kladně nabitý

pomocí záření zkoumal nitro atomu

Prisel s teorií že, el. obíhají kolem kladně nabitého jádra. V něm jsou ještě navíc velmi hmotné neutrony.

Bohrov model

energie el. v atomu je kvantizována. El. nemůže spadnout do jádra, protože by při tom musel uvolnit zakázané množství energie. El. může při vyzáření, nebo pohlcení energie volně přecházet z jedné en. vrstvy do druhé dokázal vysvětlit spektrální čáry, a periodickou tabulku prvků

postupně se zavedly 4 kvantová čísla

hlavní : n - udává vrstvu. Energie el. roste z n

vedlejší : l < 0; n-1 > udává tvar orbitalu

magnetické : m : < -l; l > - vyjadřuje prostorovou orientaci orbitalu. Udává počet orbitalu v podslupce.

spinové s : $\pm \frac{1}{2}$ udává spin v orbitalu. El. s opačným spinem se přitahují

Spektrální čáry : rozložíme-li sluneční světlo pomocí dokonalejšího spektrometru, najdeme ostře tmavé čáry. (Slunce není dokonale černé těleso)

Tyto tzv. absorpční čáry vznikají pohlcením daných vlnových délek ve vodíkové atmosféře Slunce

1.28.1 Balmeruv-Rydberguv vztah

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$E_n = -\frac{hcR_H}{n^2}$$

1.29 Fyzika atomového jádra

Pojmy 1.29.1

Modely atomového jádra, jaderné síly, závislost vazebné energie připadající na jeden nukleon na nukleonovém čísle, hmotnostní úbytek, radioaktivita, zákon radioaktivní přeměny (rozpadu), poločas rozpadu, rozpadové řady, umělá radioaktivita, jaderné reakce, jaderná energetika, detektory částic, urychlovače částic.

zabývá se složením a strukturou jader atomu a zákonitostmi jaderných dějů.

atomové jádro : poloměr rádve 10^{-15} m, 99,8% hmotnosti celého atomu.

skládá se z protonu a neutronu - dohromady nukleony

ve skutečnosti nejsou elementární, jsou složeny z jednoduchších částic - kvarků

protonové číslo : Z

neutronové číslo N - počet neutronů

nukleové číslo $A = Z + N$

X_Z^A

prvek : O_8^A

nuklid : C_6^{12}

izotopy : H_1^1 H_1^2 H_1^3

1.29.1 jestliže jádru dodáme E , může se v něm uvolnit E

$$p_1^1 \Rightarrow n_0^1 + e_1^0 + \bar{\nu}_0^0 \dots \text{neutrino}$$

1.29.2 neutron se může měnit na proton

$$n_0^1 \Rightarrow p_1^1 + e_{-1}^0 + \bar{\nu}_0^0 \dots \text{antineutrino}$$

Vazebná energie jádra : atom má menší hmotnost, než součet hmotností volných nukleonů

1.29.3 Vazebná energie

$$E_v = (Zm_p + Nm_n - m_j)c^2 = Bc^2 \dots B - \text{hmotnostní schodek}$$

1.29.4 Vazebná energie připadající na jeden nukleon

$$\epsilon = \frac{E_v}{A}$$

vazebná energie je způsobena silnou atomovou interakcí. Tyto síly jsou přitahlivé a nezávisí na náboji nukleonu. Mají malý dosah.

Radioaktivita je děj při kterém se nestabilní jádro rozpadá na stabilnější

lze uměle vyvolat. Např. obohacením uranu na 235

Reka stability : nejstabilnější jádra mají poměr $N:Z = 1$ pro $Z < 20$

a $N:Z = 3:2$ pro $Z > 20$

① α záření proud He_2^4

kladný náboj, velká rychlost, velká energie, malá pronikavost
typická pro přeměny jader těžkých prvků

② β proud el.

asi 100x lepší pronikavé účinky (kvůli malé velikosti), blíží se rychlosti světla

elektron se uvolní z jádra přeměnou neutronu : $n_0^1 = p_1^1 + e_{-1}^0$

β^+ : proud pozitronu $p_1^1 = n_0^1 + e_1^0$: z lehciho protonu vzniká tezi neutron, nutno dodat E

③ γ elektromagneticke vlneni. nejpronikavejsi, c, doprovazi α a β ,

Polocas rozpadu

1.29.5 zmena poctu jader

Pocet jader dN, ktera se premeni za dt linearne zavisi na poctu jader

$$dN = -\lambda N dt$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

1.29.6 Aktivita radioaktivniho zarice

$$A = \frac{dN}{dt} = -N_0 \lambda e^{-\lambda t}$$