

Fyzika

Přípravný kurs

Základní pojmy

- **Fyzikální veličiny** – popisují kvalitativně i kvantitativně vlastnosti, stavy a změny hmotných objektů které je možné měřit. Tvořena součinem číselné hodnoty (kvantita) a příslušné jednotky (kvalita).
- **Fyzikální jednotky** – základní (SI), odvozené (na základě jednotek SI), doplňkové (rad, sr), vedlejší (ne SI)

Jednotky SI

- Délka {l}
- Hmotnost {m}
- Čas {t}
- Termodynamická teplota {T}
- Elektrický proud {I}
- Svítivost {I}
- Látkové množství {n}
- Metr [m]
- Kilogram [kg]
- Sekunda [s]
- Kelvin [K]
- Ampér [A]
- Kandela [cd]
- Mol [mol]

Násobky a díly jednotek

• kilo	k	10^3	• mili	m	10^3-
• mega	M	10^6	• mikro	■	10^6-
• giga	G	10^9	• nano	n	10^9-
• tera	T	10^{12}	• piko	p	$10^{12}-$
• peta	P	10^{15}	• femto	f	$10^{15}-$
• exa	E	10^{18}	• atto	a	$10^{18}-$

Fyzikální veličiny

- Skalární

- Jednoznačně určeny číselnou hodnotou a jednotkou
 - čas, teplota, elektrický náboj, výkon, hmotnost

- Vektorové

- Nutno navíc dodat směr a orientaci
 - rychlost, zrychlení, síla

Kinematika hmotného bodu

- Hmotný bod
 - Model tělesa, uvažujeme hmotnost, zanedbáme rozměry
 - Poloha určena souřadnicemi (pravoúhlá soustava souřadnic, polohový vektor \mathbf{r})
- Vztažná soustava
 - Vzhledem k ní se HB pohybuje nebo je v klidu

Trajektorie

- Množina bodů jimiž HB v dané vztažné soustavě prochází
 - Tvar trajektorie závisí na volbě VS

Dráha

- Délka trajektorie, kterou urazí HB za určitý čas
- Značíme ji s jednotkou je metr

Rychlost

- Vyjadřuje změnu polohy HB za jednotku času

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

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

- Jednotkou ms^{-1}
- Je-li velikost rychlosti konstantní jde o rovnoměrný pohyb

Zrychlení

- Charakterizuje změnu rychlosti v čase

- $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $a = \frac{dv}{dt}$

- Změna rychlosti v čase $\Delta t \rightarrow 0$, okamžité zrychlení
- Vektorová zrychlení – změna velikosti rychlosti
Podle času - veličin, často rozkládaná na vzájemně kolmé složky

- Jednotkou ms^{-2}

Třídění pohybů

- Rovnoměrné přímočaré
 - $v = \text{konst}$; $v = s/t$; $s = vt$
- Rovnoměrně zrychlené (zpomalené)
 - $a = \text{konst}$; $v = v_0 + at$ ($v = v_0 - at$); $s = 1/2 at^2$

Volný pád

- Rovnoměrně zrychlený pohyb (přímočarý) volně puštěných těles s nulovou počáteční rychlostí. Zrychlením v tomto případě g .

$$g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$$

- $v=gt$; $s=1/2gt^2$

Rovnoměrný pohyb po kružnici

- Trajektorií kružnice, poloha HB určena velikostí polohového vektoru r a úhlem φ
- $v = \dot{\varphi} r$ je-li $s = 2\pi r$ pak $v = 2\pi r \dot{\varphi}$
- Okamžitá rychlost $v = r \dot{\varphi}$
 - Kde $\dot{\varphi}$ je úhlová rychlost $\dot{\varphi}$ $\text{rads}^{-1} = \text{s}^{-1}$
- Pohyb po kružnici = pohyb periodický

Perioda, frekvence

- Za periodu (oběžnou dobu) T opíše HB celou kružnici a polohový vektor $\mathbf{r}=2r\mathbf{e}_d$
- Počet oběhů za jednotku času udává frekvenci

$$f=1/T; \text{ s}^{-1}=\text{Hz}$$

- Lze dovodit

$$v=2\pi r/T \quad a_d=2\pi r f^2$$

Zrychlení – vždy směr do středu kružnice –
dostředivé zrychlení

$$a_d = v^2/r = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 4\pi^2 r f^2$$

Skládání pohybů

- Koná-li těleso současně dva nebo více pohybů po dobu t , je jeho výsledná poloha stejná jako by konal tyto pohyby postupně v libovolném pořadí

Dynamika hmotného bodu

- Proč a za jakých podmínek dochází k pohybu těles – příčiny pohybu těles
- Základem pohybové zákony sira Isaaca Newtona

Síla

- Projevuje se při vzájemném působení těles
 - Vzájemný kontakt těles
 - Prostřednictvím silových polí
- Důsledky působení
 - Deformace těles
 - Změna pohybového stavu těles
- Vektorová veličina F , jednotkou je N
- Izolované těleso (HB) – nepůsobí žádné síly

První pohybový zákon

- HB v IVS setrvává v klidu nebo pohybu rovnoměrně přímočarém není-li nucen vnějšími silami tento stav změnit
 - Setrvačnost
 - Platí v inerciálních vztažných soustavách – jsou takto definovány – všechny soustavy ve kterých platí první pohybový zákon jsou inerciální a každá soustava která je vzhledem k nim v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém jsou rovněž inerciální!
 - $v = \text{konst}; \quad a = 0$

Druhý pohybový zákon

- Poměr změny hybnosti tělesa a doby, v níž tato změna nastala, se rovná působící síle
 - Hybnost – charakterizuje pohybový stav tělesa
 - $p=mv$; kgms^{-1}
 - Vektor stejného směru jako vektor rychlosti
 - Platí zákon zachování hybnosti – celková hybnost izolované soustavy se vzájemným působením těles v ní nacházejících nemění ($m_1v_1=m_2v_2$ $v_1/v_2=m_2/m_1$)


$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$F = ma$$

Třetí pohybový zákon

- Dvě tělesa na sebe působí stejně velkými silami opačného směru
- Zákon akce a reakce
- Platí i pro působení polí kolem těles, ale vzájemně se neruší jako v případě pohybových a deformačních účinků síly
- Síly akce a reakce současně vznikají i zanikají $F_1 = -F_2$

Dostředivá síla

- Křivočarý pohyb nejčastější
- Pohyb po kružnici – nejjednodušší křivočarý pohyb
- Směr rychlosti se neustále mění – musí existovat nenulové zrychlení – dostředivé zrychlení
- $F_d = ma_d = mv^2/r = m$ 
- Působí do středu kružnice

Setrvačné síly

- V neIVS, nemají původ v působení těles ale v neinercialitě soustavy!
- Působí proti směru zrychlení tělesa (působí i v otáčejících se soustavách - odstředivá síla)
- Stejně účinky jako jiné síly
- Praktické využití (centrifugy)

Třecí síly

- F_t vznikají při pohybu tělesa v látkovém prostředí nebo po povrchu jiných těles, původ v nerovnosti styčných ploch
- Smykové tření – třecí síla má opačný směr než rychlost tělesa (směr působení síly), užitečné (chůze, sváření teplem...) a škodlivé (opotřebování pneumatik, zahřívání součástek...)
 - $F > F_t$ těleso se pohybuje rovnoměrně zrychleně
 - $F = F_t$ těleso je v klidu, nebo se pohybuje rovnoměrně
 - $F < F_t$ těleso zpomaluje nebo je v klidu
- $F_t = fF_N$

Mechanická práce

- $W = Fscos\alpha$
 - Kde α je úhel mezi vektorem rychlosti a směrem síly F
 - $[J] = \text{kgm}^2\text{s}^{-2}$

Konvence W je kladná když se koná práce, záporná, když se práce „spotřebovává“

Kinetická a potenciální energie

- $E_k = \frac{1}{2} mv^2$
 - Skalár, charakterizuje pohybový stav HB
- $E_p = mgh$
 - Skalár, nutno zvolit nulovou hladinu potenciální energie
 - $W = Fgs = mgh_1 - mgh_2 = E_{p1} - E_{p2}$
- Potenciální energie pružnosti – elastická energie

Mechanická energie

- $E = E_k + E_p$
- V izolované soustavě konstantní
- Zákon zachování mechanické energie
- Perpetuum mobile prvního druhu
- Charakterizuje stav - stavová veličina

Výkon, příkon účinnost

- $P_p = W/t$; $P = \Delta W / \Delta t$
– Skalár, $[W] = \text{Js}^{-1}$
 $P = F\Delta s / \Delta t = Fv$
- Příkon P_0 – skalár
- Účinnost $\eta = P/P_0$

Gravitační pole

- Gravitační síla F_g
 - Mezi všemi hmotnými objekty gravitační pole
- Newtonův gravitační zákon

$$F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Intenzita gravitačního pole

- $K = F_g/m$ [K] = Nkg^{-1}
 - Vektor, směr stejný jako F_g
- Pro HB platí $K = \chi M/r^2$
- $K_h = \kappa M_z/(R_z+h)^2$
 - Platí pro Zemi, s rostoucí výškou nad Zemí (h) se K zmenšuje, K směřuje do středu centrálního tělesa
- Homogenní gravitační pole
 - K je konstantní co do velikosti i směru

Tíha

- $F_G = F_g + F_s = mg$
 $F_s = m\omega^2 r = m\omega^2 R_Z \cos \varphi$
- Tíha tělesa G
 - Důsledek působení těles v tíhovém poli Země, což je díky řadě pohybů s nenulovým zrychlením neinerciální vztažná soustava, projevuje se jako tahová nebo tlaková síla

Vrhy

- Složené pohyby z pohybu rovnoměrného přímočarého a volného pádu
- Svisle vzhůru
 - $v = v_0 - gt$; $s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$
 - Výška výstupu $h = v_0^2/2g$
- Vodorovně
 - $x = v_0t$; $y = h - \frac{1}{2}gt^2$
 - $y = 0$ okamžitá výška HB když $y=0$ pak $h=1/2gt^2$
 - Můžeme odvodit délku vrhu $l = v_0\sqrt{2h/g}$
- Šikmo vzhůru
 - $x = v_0t\cos\alpha$; $y = v_0t\sin\alpha - \frac{1}{2}gt^2$
 - Délka vrhu $l = v_0^2\sin 2\alpha/g$
 - Výška vrhu $h = v_0^2\sin^2\alpha/2g$

Pohyby v centrálním gravitačním poli Země

- Kosmické rychlosti
 - První, druhá, třetí
- Keplerovy zákony
 - První, druhý, třetí

Mechanika tuhého tělesa

- Ideální těleso, působením libovolně velkých sil se jeho tvar ani objem nemění
- Koná buď translační nebo rotační pohyb
- Těžiště tělesa – působíště výslednice všech tíhových sil působících na jednotlivé HB tělesa

Moment síly vzhledem k ose otáčení

- Charakterizuje otáčivý účinek síly
- $M = Fd$ $[M] = \text{Nm}$; d – rameno síly
 - Vektor, konvence $+M$ proti směru hodinových ručiček
 - Směr – pravidlo pravé ruky: pravá ruka na tělesu tak aby prsty ukazovali směr otáčení tělesa, pak vztyčený palec ukazuje směr M .
- Momentová věta
 - Otáčivý účinek sil se ruší, když součet jejich momentů je vzhledem k ose otáčení nulový

Skládání sil

- Nahrazujeme jednotlivé síly výslednicí sil
- Představivost

Stabilita tělesa

- Tuhé těleso je v rovnovážné poloze, právě když je vektorový součet všech sil a všech momentů sil působících na těleso roven nule.
- Stálá, vratká, volná poloha
- Stabilitu tělesa určíme pomocí práce, kterou musíme dodat abychom těleso ze stálé polohy převedli do vratké
- $W = F_G(r-h) = mg(r-h)$
- Jednoduché stroje

Kinetická energie TT

- Těleso se otáčí, úhlová rychlost je stejná pro všechny body tělesa, rychlost je přímo úměrná poloměřům kružnic r
- E_k je dána součtem E_k jednotlivých bodů tělesa
- E_k je závislá na rozložení látky
 - Moment setrvačnosti $J = m_1 r_1^2 + \dots + m_n r_n^2$
 $E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$
 - Momenty setrvačnosti různých těles – závisí na tvaru a velikosti a rozložení hmoty v tělese

Mechanika tekutin

- Tekutiny – kapaliny a plyny, nemají stálý tvar, tekutost různá – příčinou viskozita (vnitřní tření)
- Kapaliny – málo stlačitelné – stálý objem
 - Ideální kapalina
- Plyny – stlačitelné – objem nestálý
 - Ideální plyn

Tlak

- Charakterizuje stav tekutin v klidu (stavová veličina)
- $p = F/S$ [p] = $\text{Nm}^{-2} = \text{Pa}$
- Vyvolaný vnější silou – Pascalův zákon
 - Tlak vyvolaný vnější silou na povrch kapaliny je ve všech místech a směrech kapalného tělesa stejný
 - Nezávislé na směru síly, objemu ani hustotě kapaliny
$$F_1/S_1 = F_2/S_2 ; F_1 = F_2 S_1/S_2$$

Hydraulická zařízení

Hydrostatický tlak

- Tlak vyvolaný vlastní tíhou (tíhovou silou) kapaliny
- $p_h = F_h/S = mg/S = \rho Vg/S = \rho Shg/S = h\rho g$
 - F_h = hydrostatická tlaková síla nezávisí na tvaru a celkovém objemu kapaliny
- Obdobně atmosferická tlaková síla
 - Mění se hustota s výškou
 - Normální atmosferický tlak 101 325 Pa

Vztlaková síla

- Na tělesa ponořená do tekutiny působí vztlaková síla
- Archimedův zákon – Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou rovnou tíze kapaliny stejného objemu jako je objem ponořeného tělesa

$$F_{VZ} = \rho V g$$

– Platí

- $F_{VZ} = F_G$ - těleso plave
- $F_{VZ} > F_G$ - těleso stoupá
- $F_{VZ} < F_G$ - těleso klesá

Proudění tekutin

- V ideálních kapalinách platí rovnice kontinuity
$$Sv = \text{konst} \quad S_1v_1 = S_2v_2$$
 - Pokud nejsou kapaliny ideální nutno uvažovat hustotu
$$\rho Sv = \text{konst}$$
 - Při přechodu kapaliny z trubice o velkém průřezu do trubice o malém průřezu se zvýší její rychlost a tím i kinetická energie
- Musí platit zákon zachování energie
 - Zmenší se tlaková potenciální energie $E_p = W = pV$
 - Pro $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \rho Vv^2$ pak ZZE lze vyjádřit:
$$\frac{1}{2} \rho Vv^2 + pV = \text{konst}$$
$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p = \text{konst} \quad \text{- Bernoulliho rovnice,}$$Pro nevodorovnou trubici pak platí
 - $p_1 + h_1\rho g + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + h_2\rho g + \frac{1}{2} \rho v_2^2$

Reálné tekutiny

- Vnitřní tření – síly brzdící pohyb částic reálných tekutin
- Na tělesa v reálných tekutinách působí odporové síly hydrodynamické a aerodynamické
- Na velikost těchto sil má vliv:
 - Hustota prostředí
 - Rychlost tělesa vzhledem k prostředí
 - Velikost, tvar a jakost povrchu obtékaného tělesa
- Proudění reálných tekutin (obtékání těles)
 - Laminární
 - Turbulentní
$$F = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$
 - C – součinitel odporu

Hmota

Struktura

subatomární částice

atomy

molekuly

mezimolekulové prostory

Struktura atomu

- Jádro a elektronový obal
- Struktura jádra
- Struktura elektronového obalu

Elektronový obal atomu

- Atomové orbitaly
- Chemie
- Vazebná energie elektronu
- Velikost cca 10^{-10}m
- Náboj elektronu $1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$
- Hmotnost elektronu $9,1 \cdot 10^{-31}$

Atomová spektra

- Elektron pouze v určitých energetických stavech – kvantování energie, excitované stavy
- Čárová spektra – charakteristická pro každý prvek – spektrální analýza
- Spektra emisní a absorpční
 - Pro frekvenci čar platí $f=R(1/m^2 - 1/n^2)$
 - Kde $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{Hz}$

Poloha elektronu

- Vlnová funkce, která je řešením Schrodingerovy rovnice popisuje - Atomový orbital - oblast kde je hustota pravděpodobnosti výskytu elektronu nejvyšší
- Každý elektron v atomu popisují 4 kvantová čísla n (energie a velikost orbitalu), l (tvar), m (orientace), s (moment hybnosti) - Pauliho princip výlučnosti
- Platí pro fermiony ne pro bosony (foton)
- Atomy s více elektrony – uspořádání do slupek (K,L,M,N,O,P,Q) a podslupek (s,p,d,f,g), valenční sféra atomu
- Elektronové konfigurace v tabulkách

Atomové jádro

- Velikost 10^{-15}
- Nukleony (A) – neutrony(N) a protony(Z)
- Nuklidy – stejné A i Z
- Izomer
- Izotop
- Izobar
- Izoton
- Hmotnost protonu=hm. neutronu = $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

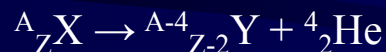
Atomové jádro

- Struktura podobná elektronovému obalu
- Jaderné síly – silné, přitažlivé a krátkodosahové, působí bez ohledu na náboj
- Vazebná energie jádra E_j – energie na jeden nukleon ε_j
- Stabilní jádra mají vysokou ε_j a určitý poměr Z a N . Nejstabilnější jsou jádra kde počet neutronů nebo protonů dán „magickými“ čísly: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126.

Radioaktivita

- Přejít nestabilních jader na stabilní
- Přirozená $Z > 83$ všechna jádra radioaktivní
- 4 základní druhy přeměn

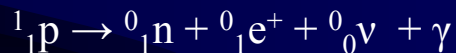
- α



- β^-



- β^+



- Záchyt elektronů



Radioaktivita

- Po většině přeměn jádra v excitovaném stavu – přechod do základního stavu spojen s vyzářením energie ve formě záření gama
- Záření neutronové – v reaktorech při jaderné explozi
- Umělá radioaktivita – umělé radionuklidy připravené průmyslově
- Využití v mnoha oblastech

Zákon radioaktivních přeměn

- Počet RA přeměn za sekundu – aktivita zářiče (A), Bq (becquerel)
- $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
 - N - počet jader
 - λ – přeměnová konstanta
- Poločas přeměny $T = \ln 2 / \lambda$
- Aktivita $A = \Delta N / \Delta t$

Jaderné reakce

- Řetězová reakce – působením neutronů
- Řízená reakce – jaderné reaktory
- Neřízená - atomová bomba

Jaderná syntéza – fúze

- Přírozená – hvězdy, vodíková bomba
- Řízená – termojaderný reaktor

Radioaktivita

Využití radionuklidů

Detekce

Urychlovače

Astrofyzika

- Kvasary
- Galaxie
- Hvězdy
- Planety
- „hvězdný prach“

Přehled částic

- Leptony – působí mezi sebou slabými silami (neutrino, elektron, miony), bez vnitřní struktury – elementární
- Hadrony – silné síly, složeny z kvarků, mezony (kvark-antikvark) a baryony (neutron, proton, hyperony – 3 kvarky)
- Kvarky – u (horní), d (dolní), s (podivný), c (půvabný), b (krásný), t (pravdivý) kvantové stavy vyjádřeny „barvou“, mezi nimi gluony
- Antičástice – anihilace

Molekulová fyzika a termodynamika

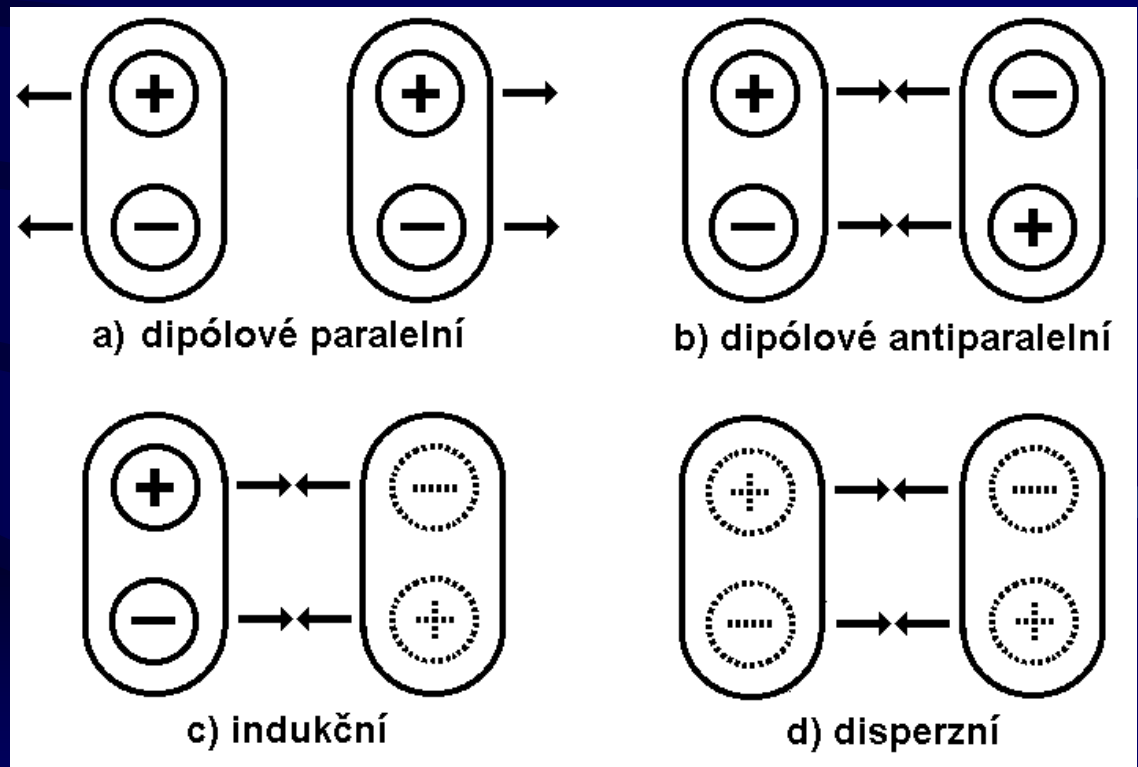
- Studují vlastnosti látek, stavy látkových těles a děje mezi nimi probíhající.
- Termodynamická metoda zkoumání – makroskopické hledisko
- Statistická metoda – těleso jako soubor neustále se pohybujících částic
- Termodynamická soustava – zkoumané těleso, nebo soubor těles

Kinetická teorie látek

- Látka jakéhokoli skupenství se skládá z částic, mezi částicemi jsou mezery (nespojité složení hmoty)
- Částice se neustále neuspořádaně pohybují (mají kinetickou energii)
- Částice na sebe působí silami (přitažlivé odpuzivé), jejichž velikost závisí na vzdálenosti mezi částicemi (potenciální energie)

Síly mezi částicemi

- Vodíkové vazby
- Hydrofobní interakce
- van der Waalsovy síly



Termodynamický stav soustavy

- Stavové veličiny
- Izolovaná soustava
- Rovnovážný stav

Termodynamický děj

- Každá změna stavu soustavy
- Rovnovážný děj
- Vratný děj

Vnitřní energie, teplo

- Energie charakterizuje stav soustavy, práce charakterizuje děj
 - $E = E_m + U$
 - U – vnitřní energie soustavy
 - $E_m = E_k + E_p + E_e$
- Vnitřní energie soustavy je součtem celkové kinetické a potenciální energie částic soustavy
 - Změna konáním práce
 - Změna tepelnou výměnou – teplo Q charakterizuje děj a ne stav soustavy!!!

První termodynamický zákon

- $\Delta U = W + Q$
- Změna vnitřní energie je rovna součtu práce vykonané okolními tělesy působícími na soustavu silami a tepla odevzdaným okolními tělesy soustavě

Konvence:

W kladná – práci konají okolní tělesa

Q kladné – soustava přijala teplo

Stanovení tepla

- $C = Q/\Delta T$ $[C] = J/K$
 - Tepelná kapacita, množství tepla které se musí tělesu dodat aby jeho teplota stoupla o 1K
- $c = C/m$ $[c] = J/kg.K$
 - Měrná tepelná kapacita
 - Výpočet tepla $Q = mc\Delta t$
- Kalorimetrická rovnice
 - Vyjadřuje platnost ZZE při tepelné výměně
 $m_1c_1(t-t_1) = m_2c_2(t_2-t)$

Struktura a vlastnosti plynů

- Ideální plyn
 - Zanedbatelné rozměry molekul
 - Srážky molekul a jejich nárazy dokonale pružné
 - Molekuly mezi sebou silově nepůsobí
- Střední kvadratická rychlost
 - Rychlost jakou by musely mít všechny molekuly plynu aby jejich kinetická energie byla rovna skutečné kinetické energii všech molekul
 - $v_k = \sqrt{3kT/m} = \sqrt{3RT/M}$ kde
 - $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
 - $R = 8,31 \text{ J/Kmol}$
- Střední kinetická energie
 - $E = 1/2 m v_k^2 = 3/2 kT$

Stavová rovnice ideálního plynu

- $pV=NkT$ $pV=nRT$ $pV=m/M.RT$

- $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$; $N=\text{konst}$

Děje v plynech

- Měrná tepelná kapacita plynu závisí na ději, který probíhá přičemž platí $c_p > c_v$
 $c_p / c_v = \gamma$ Poissonova konstanta > 1
- Izolovaná soustava – Adiabatický děj
 - Poissonův zákon $pV^\gamma = \text{konst}$
- Izoprocesy – stálá hmotnost a další stavová veličina konstantní
 - Izotermický děj $pV = \text{konst}$ Boyle-Mariott
 - Izobarický děj $V/T = \text{konst}$ Gay-Lussac
 - Izochorický děj $p/T = \text{konst}$ Charles

Práce plynu, cyklický děj

- Při expanzi koná plyn práci, při kompresi konají práci vnější síly pak

$$W=p\Delta V$$

- Termodynamický děj, při kterém se pracovní látka vrátí do výchozího stavu. Na jeho principu pracují tepelné stroje (motory chladící stroje). Ideální děj - Carnotův cyklus

Druhý termodynamický zákon

- Není možné sestrojít periodicky pracující tepelný stroj, který by jen přijímal teplo od určitého tělesa a vykonával stejnou práci
- Při tepelné výměně těleso o vyšší teplotě nemůže samovolně přijímat teplo od tělesa studenějšího

Struktura a vlastnosti kapalin

- Molekuly kmitají kolem rovnovážných poloh, krátkodosahové uspořádání částic
- Povrchová vrstva
- Povrchová energie
- Povrchové napětí $\sigma = \Delta E / \Delta S$ – přírůstek povrchové energie při izotermickém zvětšení povrchu kapaliny.
- Kapilarita – styk se stěnou nádoby
- Teplotní objemová roztažnost (analogie s pevnými látkami)

Struktura a vlastnosti pevných látek

- Krystalické geometricky pravidelné uspořádání částic – krystalická mřížka. Dalekodosahové uspořádání částic.
- Amorfní uspořádání podobné kapalinám
- Teplotní roztažnost - zvětšení délky ($l = l_1 + \alpha \Delta t$; kde α je součinitel teplotní délkové roztažnosti) a objemu (analogicky k l), snížení hustoty
- Deformace – tahem, tlakem, ohybem, smykem, kroucením
 - Pružná – přestane-li působit deformující síla vrátí se tvar
 - Nepružná – deformace trvalá

Změny skupenství

- Tání a tuhnutí
- Sublimace desublimace
- Vypařování a kondenzace
 - Skupenská tepla množství tepla nutné dodat, odebrat aby došlo k přeměně
- Sytá pára
 - Při vypařování v uzavřeném prostoru se vytvoří rovnovážný stav, pokud se nemění teplota, zůstává tlak páry konstantní. S rostoucí teplotou tlak roste. Její tlak při stálé teplotě nezávisí na objemu.
- Fázový diagram

Elektrina a Magnetismus

- Elektromagnetická interakce – mezi elektricky nabitými tělesy (částicemi) – elektromagnetické pole. Pole elektrické jeho částí stejně jako pole magnetické (magnety).
- Elektrostatické pole – časově neproměnné
- Stacionární magnetické pole

Elektrický náboj

- Q – skalární veličina
 - $[Q] = C = As$ Coulomb
- Elektrický náboj jakéhokoliv tělese je roven celistvému násobku elementárního náboje
- ZZ elektrického náboje
- Vodiče (mají volné částice s nábojem) a nevodíče (částice s nábojem jsou pevně vázány)

Elektrická síla

- Míra interakce mezi nabitými tělesy v elektrostatickém poli F_e
- Náboje souhlasných znamének se odpuzují, opačných přitahují
- Pro bodové náboje v dielektrickém prostředí platí Coulombův zákon:
 - $F_e = 1/4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|/r^2$
 - $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

Intenzita elektrického pole

- Vektorová veličina $E = F_e/q$
 - $[E] = \text{NC}^{-1} = \text{Vm}^{-1}$
 - Směr intenzity stejný jako směr F_e
 - Homogenní pole – E ve všech místech stejná velikost i směr
 - Siločáry
- $E = 1/4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot Q/r^2$
 - Intenzita pole tvořeného bodovým nábojem ve vzdálenosti r
 - Platí princip superpozice el. polí - intenzita pole tvořeného soustavou N nábojů je rovná vektorovému součtu intenzit polí tvořených jednotlivými náboji.
 - $E = E_1 + E_2 + \dots + E_N$

Vodič a ne vodič v elektrickém poli

- Vodič – elektrostatická indukce
 - Uvnitř vodiče indukované el. pole E_i , působící proti intenzitě vnější E_0
 - » $E_v = E_0 + E_i = 0$
- Nevodič – polarizace ne vodiče
 - Elektrické dipóly vznikají z molekul nebo atomů
 - Rozložení náboje na povrchu tělesa nerovnoměrné
 - Plošná hustota náboje nejvyšší na hrotech hranách ...
 - » $\sigma = \Delta Q / \Delta S$ $[\sigma] = \text{Cm}^{-2}$
 - E v těsné blízkosti povrchu = $\sigma / \epsilon_0 \epsilon_r$

Práce v elektrickém poli

- Přemístění náboje v el. poli z A do B
- Homogenní pole $W = F_e s \cos \alpha$
- Nezávisí na trajektorii - jen na poloze A a B
- Náboj má potenciální energii závislou na jeho poloze v el. poli. Místo s nulovou potenciální energií – zem nebo uzemněný vodič.
- Elektrický potenciál $\varphi = E_p/q$ $[\varphi] = J/C = V$
- Elektrické napětí U je rozdíl potenciálů mezi 2 body $U = \varphi_1 - \varphi_2$
 $[U] = V$

Kapacita vodiče

- Vyjadřuje schopnost vodiče přijmout při daném potenciálu náboj - vodič získává nábojem Q potenciál φ
 - $Q = C \cdot \varphi$
 - C kapacita vodiče – charakterizuje vodič
 - » $[C] = C \cdot V^{-1} = F$
- Kondenzátor – soustava vodičů s velkou kapacitou
 - Deskový kondenzátor $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot S/d$
 - Energie nabitého kondenzátoru $E = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2$

Elektrický proud

- Uspořádaný pohyb nabitých částic (ve vodičích ve vakuu)
 - Dohoda – směr proudu je směr kladných nosičů náboje
- Příčinou elektrického proudu je elektrické pole ve vodiči
- $I = \Delta Q / \Delta t$ $[I] = A$
 - Konstantní stejnosměrný proud – v uzavřeném obvodu se zdrojem zajišťujícím časově neměnné el. Pole
 - Měříme ampérmetrem (sériově) (napětí – voltmetr – paralelně)
 - Zdroje – chemické, fotočlánky termočlánky

Elektrický proud v kovech

- Tvořen usměrněným pohybem elektronů
- Ohmův zákon $R = U/I$ $[R] = \Omega$
 - pro jednoduchý obvod
 - $1/R = G$ $[G] = S$
 - Odpor závisí na materiálu délce a průřezu vodiče a na teplotě
 - $R = \rho l/S$ $[\rho] = \Omega m^{-1}$
 - $R = R_0(1+\alpha\Delta t)$ $[\alpha] = K^{-1}$
- Práce a výkon v obvodu stejnosměrného proudu
 - $W = U I t = R I^2 t = U^2/R t$
 - Při přeměně pouze na teplo $W = Q_j$
 - $P = W/t$

Kirchhoffovy zákony

- Složitější obvody – elektrická síť
 - Uzel místo v el. obvodu, kde se setkávají nejméně tři vodiče
 - Větev je část obvodu mezi dvěma uzly
- 1. Algebraický součet proudů v uzlu je roven nule (vstupující kladné, vystupující záporné)
- 2. Součet úbytků napětí na odporech je v uzavřeném obvodu roven součtu elektromotorických napětí zdrojů
- Aplikace KZ – Ohmův zákon pro celý (uzavřený) obvod
 - Proud v obvodu je roven podílu U_e zdroje a součtu odporů vnější a vnitřní části zdroje
 - Spojování rezistorů a zdrojů – sériové a paralelní
 - Voltmetr a ampérmetr
 - Regulace napětí a proudu

Elektrický proud v polovodičích

- Polovodiče – látky jejichž měrný odpor se může měnit v širokých mezích, s rostoucí teplotou rychle klesá (Si, Ge, Se, PbS, CdS aj). Pokles způsobují i příměsi, nebo dopadající záření.
- Vlastní vodivost – polovodiče v čistém stavu (generování páru elektron – díra a rekombinace)
- Příměsová vodivost typu N (negativní - cizí atom – donor – má vyšší mocenství než polovodič (majoritní prvek analogie volného elektronu) P (pozitivní - akceptor – nižší mocenství než polovodič – díra)
- Užití

Elektrický proud v kapalinách

- Většina kapalin v čistém stavu – dielektrika
- Kapaliny které vedou proud – elektrolyty

Roztoky solí, kyselin, zásad, roztavené soli

Katoda – záporně nabitá, anoda + kladně

Iontová vodivost

Elektrolýza

- Na katodě se vylučuje vždy vodík nebo kov
- Na anodě složitější děje – vylučování látek, rozpouštění anody

Hmotnost m vyloučené látky je přímo úměrná náboji, který elektrolytem prošel $m = AIt = M_m / vF \cdot Q$ – Faradayův zákon elektrolýzy

$$F = eN_A = 9,652 \cdot 10^4 \text{Cmol}^{-1}$$

Elektrický proud v plynech

- Za běžných teplot a tlaků izolanty
- Vodivost způsobená ionizací
- Výboj (el. proud v plynu):
 - Nesamostatný – pouze v přítomnosti ionizátoru
 - Samostatný – při dostatečně vysokém napětí nastane ionizace nárazem
 - Za normálního tlaku
 - Za sníženého tlaku

Elektrický proud ve vakuu

- Vakuum – katodové záření – při poklesu tlaku na 1 Pa – proud elektronů uvolněných z katody. Má velkou energii
- Vlastnosti
 - Ionizuje plyny
 - Místo dopadu se silně zahřívá
 - Vyvolává luminiscenci
 - Chemické účinky (působí na fotomateriály)
 - Vyvolává RTG záření
 - Vychyluje se v Elektrickém i magnetickém poli

Magnetické pole

- Zvláštní případ pole elektromagnetického, vytvářeno vodiči protékanými proudem, pohybujícími se el. nabitými částicemi a tělesy a zmagnetovanými tělesy (magnety)
- Pokud se charakteristické veličiny s časem nemění – stacionární magnetické pole
- Projevuje se silovými účinky – síly přitažlivé a odpudivé
- Znázornění pomocí magnetických indukčních čar – uzavřené orientované křivky, jejich tečny mají v daném bodě směr osy malé magnetky. Severní pól magnetky určuje orientaci MIČ
 - MIČ jsou uzavřené křivky – pole vírové
 - Orientaci MIČ přímého vodiče a válcové cívky – Ampérovo pravidlo pravé ruky

Magnetická indukce a magnetický indukční tok

- Magnetická indukce je vektor charakterizující silové účinky magnetického pole $[B] = T$
 - Její velikost závisí pouze na magnetickém poli
 - Má směr tečny k MIČ
- Velikost (magnetické) síly působící na vodič delky l protékaný proudem I
 $F_m = B I l \sin\alpha$
 - Z tohoto vztahu lze odvodit vztah pro B
 - F_m je kolmá jak na vodič tak na magnetickou indukci
 - Směr – Flemingovo pravidlo levé ruky:
- Magnetický indukční tok – skalární veličina - MI v ploše
 - $\Phi = B S \cos\alpha$ $[\Phi] = We$

Vzájemné silové působení rovnoběžných vodičů s proudem

- Rovnoběžné velmi dlouhé dlouhé vodiče s proudy I_1 a I_2 v malé vzájemné vzdálenosti d na sebe působí silou F_m
- $F_m = \frac{\mu}{2\pi} \cdot I_1 I_2 / d \cdot L$
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$
- Pokud proudy procházejí souhlasnými směry vodiče se přitahují, pokud nesouhlasnými směry pak se odpuzují

Částice s nábojem v magnetickém poli

- Pohybuje-li se v magnetickém poli ve směru kolmém k indukčním čarám částice rychlostí v a s nábojem Q , působí na ni síla:

$$F_m = B Q v$$

- Má charakter dostředivé síly – zakřivuje trajektorii částice
- Pro poloměr kruhové trajektorie elektronu v homogenním magnetickém poli platí (v případě, že vektor rychlosti je kolmý k vektoru magnetické indukce):

$$r = m_e v / eB$$

- Lorentzova síla pro elektrické a magnetické pole

$$F_L = F_e + F_m$$

Magnetický moment

- Uzavřená rovinná smyčka o ploše S protékaná proudem I
- $m = I S$
- směr stejný jako vektor B
- Charakterizuje všechny reálné objekty vytvářející magnetické pole

Magnetické vlastnosti látek

- Diamagnetické látky
 - Magnetické momenty elektronů se vzájemně ruší, výsledný magnetický moment atomu je nulový
- Paramagnetické látky
 - Kompenzace magnetických momentů částečná, magnetický moment nenulový
- Feromagnetické látky
 - Magnetické momenty paramagnetických atomů, které je tvoří se sčítají

Nestacionární magnetické pole

- Elektromagnetická indukce
 - Nachází-li se vodivá smyčka (cívka) v proměnném magnetickém poli, vzniká v ní indukované elektrické pole (vírové), jehož charakteristikou je indukované elektromotorické napětí. Pokud je smyčka uzavřená, prochází jí indukovaný elektrický proud. Nestacionární magnetické a elektrické pole jsou neoddělitelné a tvoří elektromagnetické pole. Indukované el. pole je vírové.
- Faradayův zákon elektromagnetické indukce
 - Indukované elektromotorické napětí je rovno záporně vzaté časové změně magnetického indukčního toku $U_i = -\Delta\Phi / \Delta t$
 - V uzavřeném obvodu s odporem R vyvolá indukované napětí proud $I_i = U_i / R$
 - Lenzův zákon

Nestacionární magnetické pole

- Vlastní indukce
 - Vznik indukovaného elektrického pole ve vlastním obvodu jako následek změny proudu v tomto obvodu
 - Změna proudu vyvolá změnu vlastního magnetického pole
 - Vlastní magnetické pole vytváří $\Delta\Phi = L \cdot \Delta I$
 - L – indukčnost vodiče je jeho charakteristickou veličinou, jednotkou H
- Vzájemná indukce
 - Vznik indukovaného elektromotorického napětí ve vodiči který se nachází v blízkosti vodičů protékaných proměnnými proudy
- Energie magnetického pole cívky
 - $E_m = \frac{1}{2} \Phi \cdot I = \frac{1}{2} L \cdot I^2$

Kmitání

- Nestacionární děj s periodickým průběhem
- Oscilátory
- Kmity
 - doba kmitu – perioda T [s]
 - Kmitočet – frekvence f [Hz]
- Jednoduchý kmitavý pohyb – harmonické kmitání

Kinematika kmitavého pohybu

- Jednoduchý kmitavý pohyb je periodický, přímočarý a nerovnoměrný, mění se podle funkce sinus – harmonické kmitání

- Okamžitá výchylka – periodicky se mění – závislá na čase

$$y = y_m \sin \omega t$$

- Amplituda výchylky – největší hodnota okamžité výchylky – y_m

- Úhlová frekvence $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$

- Rychlost kmitavého pohybu

$$v = \omega y_m \cos \omega t$$

- Zrychlení kmitavého pohybu

$$a = -\omega^2 y$$

- Fáze kmitavého pohybu

$$y = y_m \sin \omega(t + t_0) = y_m \sin(\omega t + \omega t_0) = y_m \sin(\omega t + \varphi)$$

- Fázorový diagram

Využívá analogie kmitavého pohybu s pohybem po kružnici – myšlené rotující vektory – fázory.

Složené kmitání

- Princip superpozice – pokud hmotný bod koná více harmonických pohybů s různými okamžitými výchylkami, je okamžitá výchylka výsledného kmitání dána součtem okamžitých výchylek jednotlivých pohybů
- Izochronní kmitání – nejjednodušší složené kmitání – 2 harmonické pohyby, v jedné přímce se stejnou úhlovou frekvencí
- Neizochronní harmonické pohyby – vzniká neharmonické kmitání

Dynamika kmitavého pohybu

- Síla působící na oscilátor

$$F = F_G - F_p = mg - k(\Delta l + y)$$

$$\text{protože } mg = -k\Delta l$$

$$F = -ky$$

k – tuhost pružiny

Δl – prodloužení pružiny po zavěšení závaží o hmotnosti m

Tato síla směřuje vždy do rovnovážné polohy a je přímo úměrná okamžité výchylce

Pokud nepůsobí vnější síly – vlastní kmitání oscilátoru – kmitá jen s určitou úhlovou frekvencí závislou pouze na jeho vlastnostech – k a m – parametry oscilátoru

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

Přeměny energie v oscilátoru

- $W = 1/2Fy = 1/2ky^2$
- Rovnovážná poloha $E_p = 0$; $E_k = \max$
- Amplituda $E_k = 0$; $E_p = \max$
- Tlumené kmitání – příčinou nejčastěji třecí síly

Elektromagnetický oscilátor

- Změny elektromagnetické energie analogické mechanickému oscilátoru
- Nejjednodušší příklad obvod s cívkou a kondenzátorem. Základní vlastnost cívky je indukčnost L , kondenzátoru kapacita C . Obvod LC – oscilační obvod, L a C – parametry oscilačního obvodu. Po nabití kondenzátoru energií $E_e = 1/2QU = 1/2Q^2/C$, dojde k přeměně elektrické energie kondenzátoru na magnetickou energii cívky a zpět $E_m = 1/2LI^2$ – vznikne elektromagnetické kmitání.

Analogie mezi oscilátory

• Mechanický

- Okamžitá výchylka y
- Rychlost v
- Energie potenciální E_p
- Energie kinetická E_k
- Síla F
- Hmotnost m
- Tuhost pružiny $k = F/y$

• Elektromagnetický

- Okamžitý náboj q
- Okamžitý proud i
- Energie elektrická E_e
- Energie magnetická E_m
- Elektrické napětí u
- Indukčnost L
- Reciproká hodnota
kapacity $1/C = u/q$

Analogie mezi oscilátory

- Lze odvodit

$$q = Q_m \cos \omega t \quad Q_m - \text{amplituda náboje}$$

$$\omega = 1/\sqrt{LC}$$

$$u = U_m \cos \omega t$$

$$U_m = Q_m / C - \text{amplituda napětí}$$

okamžitý proud v oscilátoru posunut o počáteční fázi $\varphi = -\pi/2$ takže

$$i = I_m \cos(\omega t - \pi/2) = I_m \sin \omega t$$

Nucené kmitání oscilátoru

- Netlumené kmitání – vynucování harmonického kmitání působením vnější síly – nucené kmitání
- Oscilátor vždy kmitá s frekvencí vnějšího působení
- Nezávisí na vlastnostech kmitajícího objektu
- Pokud frekvence nucených kmitů dosáhne hodnoty vlastní frekvence oscilátoru má amplituda kmitů nejvyšší hodnotu

Střídavý proud

- Proměnné napětí s harmonickým průběhem
- „Sít'ové“ napětí má frekvenci 50 Hz
- Obvody střídavého proudu 3 základní parametry – odpor, indukčnost a kapacita
 - Jednoduché – s jedním parametrem
 - Složené – více parametrů

Jednoduché obvody střídavého proudu

- Obvod s odporem

Odpor rezistoru stejný, jako v obvodu stejnosměrného proudu – rezistance – nemá vliv na fázový rozdíl střídavého napětí a proudu, obě veličiny mají stejnou fázi; $\varphi = 0$

- Obvod s indukčností

Indukčnost L cívky způsobuje zpoždění proudu za napětím – záporný fázový posun $\varphi = -\pi/2$ a ovlivňuje proud v obvodu svou induktancí. $X_L = \omega L$

- Obvod s kapacitou

Kapacita C kondenzátoru v obvodu střídavého proudu způsobuje fázový posun proudu před napětím o $\varphi = \pi/2$ a ovlivňuje proud v obvodu svou kapacitancí. $X_C = 1/\omega C$

Složený obvod střídavého proudu

- Obvod RLC v serii

Charakterizován pouze jedním parametrem – impedancí Z

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

kde $X = X_L + X_C$; reaktance

Výkon střídavého proudu

$$P = U I \cos \varphi$$

Elektrická zařízení

- Usměrňovač
- Generátor střídavého proudu
- Alternátor
- Transformátor
- Elektrárny

Vlnění

- Děj při němž se kmitavý rozruch šíří prostředím
- Jeden z nejrozšířenějších fyzikálních dějů
- Má různou fyzikální podstatu
- Mechanické
- Elektromagnetické

Mechanické vlnění

- Vzniká ve všech látkách v důsledku existence vazebných sil mezi částicemi prostředí, kmitání jedné částice se přenáší na další – pružné prostředí
- Vlnová délka

$$\lambda = vT = v/f$$

Rychlost kterou se vlnění šíří pružným prostředím – fázová rychlost vlnění – vlnová délka je vzdálenost dvou nejbližších bodů kmitajících se stejnou fází

Mechanické vlnění

- Rovnice postupné vlny

$$y = y_m \sin 2\pi(t/T - x/\lambda)$$

Popisuje vlnění šířící se homogenním prostředím z harmonicky kmitajícím zdrojem

- Interference vlnění

Skládání vlnění stejného druhu – výsledná amplituda při interferenci dvou stejných vlnění je největší v místech, v nichž se obě vlnění setkávají se stejnou fází a nejmenší v místech s fází opačnou.

- Odraz vlnění

Na „pevném“ konci – odraz vlnění s opačnou fází

Na „volném“ konci – odraz vlnění se stejnou fází

- Stojaté vlnění

Vzniká např. při odrazu od „pevného“ konce, složením přímého a odraženého vlnění. Jednotlivé body kmitají s různou amplitudou výchylky. Kmitny – největší amplituda; uzly – v klidu.

Mechanické vlnění

- Postupné vlnění

Všechny body kmitají se stejnou amplitudou ale s různou fází. Fáze se šíří fázovou rychlostí. Přenáší se mechanická energie

- Stojaté vlnění

Všechny body mezi dvěma uzly kmitají se stejnou fází ale různou amplitudou výchylky, ta závisí na poloze bodu. Nepřenáší se energie.

Vlnění v izotropním prostředí

- Šíření vlnění v celém prostoru, resp. prostoru který má stejné fyzikální vlastnosti – izotropní prostředí
- Vlnoplocha – při šíření vlnění z jednoho bodu v izotropním prostředí (ve všech směrech) – kulová plocha. Směr šíření vlnění v daném bodě – paprsek – kolmý k vlnoploše. Množina bodů, v nichž má vlnění v daném okamžiku stejnou fázi.
- Huygensův princip – každý bod vlnoplochy můžeme pokládat za zdroj elementárního vlnění, šířící se z něj v elementárních vlnoplochách. Vlnoplocha v dalším časovém okamžiku je vnější obalová plocha všech elementárních vlnoploch

Odraz, lom a ohyb vlnění

Odraz – úhel odrazu se rovná úhlu dopadu, odražený paprsek leží v rovině dopadu.

Lom – poměr sinu úhlu dopadu a sinu úhlu lomu je pro daná dvě prostředí stálá veličina a rovná se poměru fázových rychlostí v obou prostředích – index lomu – význam zejména v optice

$$\sin\alpha/\sin\beta = v_1/v_2 = n$$

Směr šíření vlnění ovlivněno ohybem vlnění na překážkách, tento vliv klesá s klesající vlnovou délkou vlnění

Zvuk

- Mechanické vlnění, které působí na lidské ucho. Infrazvuk, ultrazvuk a hyperzvuk.
- Výška zvuku – určena frekvencí
- Hlasitost – intenzita zvuku
- Rychlost zvuku

Elektromagnetické vlnění

- V praxi nejrozšířeněji využívané vlnění, v širokém rozsahu vlnových délek
- Přenos elektromagnetické energie ze zdroje ke spotřebiči
- Analogie s mechanickým vlněním viz kapitola o analogii kmitání mechanického a elektromagnetického oscilátoru
- Šíří se rychlostí $v = c/\epsilon_r\mu_r$
- Popsáno rovnicí postupné elektromagnetické vlny
 $u = U_m \sin 2\pi(t/T - x/\lambda)$ pro nízké frekvence $u = U_m \sin \omega t$

Elektromagnetická vlna

- E a B jsou navzájem kolmé a současně kolmé na směr šíření elektromagnetické vlny
- Při přenosu elektromagnetické energie vzniká mezi vodiči vedení časově proměnné silové pole, které má složku elektrickou a magnetickou – elektromagnetické pole.
- Energie není přenášena vodiči ale elektromagnetickým polem mezi nimi – vlnění.

Stojatá elektromagnetická vlna

- Vzniká při odrazu vlnění na konci vedení – když na konci vedení není připojen spotřebič
 - Lze přirovnat k jednoduchému oscilačnímu obvodu s LC parametry rozestřeny po celé délce vodiče
- Časově proměnné vektory E a B jsou fázově posunuty o $\pi/2$ rad

Elektromagnetický dipól

- Vyzařování elektromagnetické energie do prostoru – rozevření vodičů do kolmého směru k vedení
- V praxi má délku rovnou polovině vlnové délky vyzařovaného el-mag vlnění – půlvlnný dipól
- Základní součást všech vysílačů a přijímačů - anténa

Vlastnosti elektromagnetických vln

- Nastává odraz , lom, ohyb, interference
- El-mag vlněním se realizuje přenos signálů – což je děj který je nosičem informace, má zpravidla podobu proměnného elektrického napětí určité frekvence. Signál ovlivňuje buď amplitudu nosných kmitů nebo jejich frekvenci. Modulovaný signál je zesílen a vyzářen anténou vysílače, při dopadu signálu na anténu přijímače vzniknou modulované nucené kmity, signál se demoduluje a přeneše na koncové zařízení.

Optika

- Světlo je elektromagnetické vlnění o vlnové délce 390 – 790 nm platí že $\lambda = c/f$
 - Frekvence nezávisí na prostředí kterým se světlo šíří a udává barvu světla. Světlo o konstantní frekvenci – světlo monochromatické
- Optická prostředí (průhledné, průsvitné, neprůhledné)
 - Opticky homogenní
 - Opticky izotropní
 - Anizotropní
- Světelný paprsek
 - Myšlená orientovaná přímka kolmá na vlnoplochu, orientace udává směr šíření světla
 - V homogenním optickém prostředí platí princip nezávislosti chodu světelných paprsků

Odraz a lom světla

- Zákon odrazu – úhel dopadu se rovná úhlu odrazu; odražený paprsek leží v rovině dopadu, jež je určena dopadajícím paprskem a kolmicí dopadu
- Zákon lomu - poměr sinů úhlu dopadu a lomu jsou pro rozhraní dvou daných prostředí stálé

$$\sin\alpha/\sin\beta = v_1/v_2 = n_2/n_1$$

n je index lomu $n = c/v$

Všechna optická prostředí mají vždy $n > 1$

Další vlastnosti světla

- Disperze – fázová rychlost světla závisí na frekvenci
- Interference světla – nastává pokud je splněna podmínka koherence světelného vlnění – koherentní jsou světelná vlnění, která mají stejnou frekvenci a jejich fázový rozdíl je v daném bodě s časem neměnný
- Ohyb světla – difrakce
- Polarizace – přirozené světlo není polarizované ale lze jej polarizovat – způsobit že vektor intenzity elektrického pole E bude kmitat uspořádaně v jedné ploše

Zobrazování optickými soustavami

- Vytváření obrazů předmětů
- Optické soustavy – soustava optických prostředí a jejich rozhraní, která mění směr chodu paprsků
- Skutečný obraz – vzniká pokud optická soustava vytvoří sbíhavý svazek paprsků a tento obraz lze zachytit na stínítku
- Neskutečný – rozbíhavý svazek paprsků zdánlivě se protínající před soustavou, zde vytvářejí neskutečný obraz, nezachytitelný na stínítku
- Předmětový prostor – prostor před soustavou
- Obrazový prostor – prostor za soustavou, může zde ležet obraz předmětu

Zobrazení rovinným zrcadlem

- Zobrazování všemi zrcadly se řídí zákony odrazu
- Vytváří vždy zdánlivý, vzpřímený, stejně velký jako předmět, souměrný s předmětem podle roviny zrcadla a stranově převrácený.

Zobrazení kulovým zrcadlem

- Dutá (konkávní) a vypuklá (konvexní), platí zákony odrazu
- Důležité pojmy

Střed optické plochy C

Optická osa

Průsečík optické osy s plochou zrcadla – vrchol V

Poloměr křivosti r

Ohnisková vzdálenost f

Předmětová vzdálenost a

Obrazová vzdálenost a'

Výška předmětu; obrazu y; y'

Znaménková konvence – a, a', r, f má před zrcadlem kladnou hodnotu, za zrcadlem zápornou, výškám y, y' nad optickou osou kladné hodnoty pod záporné. U vypuklého zrcadla je r a f záporné.

Zobrazení kulovým zrcadlem

- Ohnisko – rovnoběžné paprsky dopadající na duté zrcadlo se zde po odrazu protínají
- Příčné zvětšení $Z = y'/y = -a'/a$
- Zobrazovací rovnice zrcadla
$$1/a + 1/a' = 2/r = 1/f$$

Lze vypočítat obrazovou vzdálenost známe-li ohniskovou vzdálenost

Zobrazení kulovým zrcadlem

- Duté zrcadlo

$$a > 2f \text{ pak } 2f > a' > f$$

$$a = 2f \text{ pak } a' = 2f$$

$$a = f$$

$$2f > a > f \text{ pak } a' > f$$

$$a < f \text{ pak } 0 < |a'| < \infty$$

obraz skutečný, převrácený, zmenšený

obraz skutečný, převrácený, stejně velký

obraz je v nekonečnu

obraz skutečný, převrácený, zvětšený

obraz neskutečný, přímý, zvětšený

- Vypuklé zrcadlo

$$\infty > a > 0 \text{ pak } |a'| < |f|$$

obraz neskutečný, přímý, zmenšený

Vady zrcadel – pokud se rovnoběžné paprsky neprotnou v ohnisku, vzniká rozmazaný obraz

Použití zrcadel

- Rovinná – nástěnná, zrcadélka ručičkových voltmetrů a ampérmetrů ...
- Dutá – dalekohledy, filmové projektory, osvětlovací technika ...
- Vypuklá – zrcátka automobilů, zrcadla v zatačkách ...

Zobrazování čočkami

- Optické zobrazování založeno na zákonech lomu

- Spojky – konvexní čočky

Paprsek rovnoběžný s optickou osou se láme do obrazového ohniska F'

Paprsek procházející předmětovým ohniskem F se láme rovnoběžně s optickou osou

Paprsek procházející optickým středem nemění svůj směr

- Rozptylky – konkávní čočky

Paprsek rovnoběžný s optickou osou se láme tak, že v prodloužení prochází F'

Paprsek mířící do F se láme rovnoběžně s optickou osou

Paprsek procházející optickým středem nemění svůj směr

Zobrazování čočkami

- Znaménková konvence – poloměry křivosti r jsou kladné u vypuklých ploch a záporné u ploch dutých, hodnota a je kladná před čočkou a hodnota a' je kladná za čočkou
- Je-li před čočkou i za ní stejné optické prostředí pak $f = f'$ a pro ohniskovou vzdálenost platí: $1/f = (n_2/n_1 - 1) (1/r_1 + 1/r_2)$
- Čočky charakterizujeme buď ohniskovou vzdáleností nebo její převrácenou hodnotou – optická mohutnost φ – jednotkou dioptrie. Optickou mohutnost 1D má čočka o ohniskové vzdálenosti 1m. Spojky $\varphi > 0$; rozptylky $\varphi < 0$
- Čočková zobrazovací rovnice, Příčné zvětšení, zobrazení stejné jako u zrcadel, spojka = duté zrcadlo, rozptylka = vypuklé, viz předchozí obr.
- Vady čoček – otvorová, barevná

Okno

- Spojná optická soustava
- Vytváří reálný převrácený obraz na sítnici
- Akomodace
- Blízký bod – P – nejbližší bod který oko ostře vidí při maximální akomodaci
- Vzdálený bod – R – nejvzdálenější, bez akomodace
- Konvenční zraková vzdálenost – d – 25 cm
- Krátkozrakost
- Dalekozrakost

Optické přístroje

- Zvětšují zorný úhel – oko rozliší dva body se zorným úhlem $1'$, jinak splývají.
- Lupa – spojka s úhlovým zvětšením $\gamma = d/f$
- Mikroskop – 2 optické soustavy, zvětšení 1000 – 2000
- Dalekohledy

Elektromagnetické záření a jeho energie

- Technické střídavé proudy
- Radiové záření
- Mikrovlny
- Infračervené záření
- Viditelné světlo
- Ultrafialové záření
- Rentgenové záření
- Gama záření

Radiometrické veličiny

- Charakterizují energii přenášenou zářením
- Zářivá energie – E_e celková energie
- Zářivý tok Φ_e – energie vyzářená zdrojem za sekundu
- Zářivost – I_e zářivý tok vztažený na jednotkový prostorový úhel
- Intenzita vyzařování M_e zářivý tok vysílaný z plochy zdroje o obsahu m^2

Fotometrické veličiny

- Charakterizují přenos optického záření a jeho účinek na zrak
- Ze zářivého toku vnímá oko jen část, schopnost zářivého toku vyvolat zrakový vjem charakterizuje veličina Světelný tok Φ , jednotkou lumen
- Svítivost – I - vyjadřuje rozložení světelného toku vysílaného zdrojem do jednotlivých směrů v prostoru – jednotkou Cd
- Osvětlení – intenzita osvětlení E_0 – Charakterizuje účinky světelného toku na určitou plochu – hustota světelného toku $E_0 = \Delta\Phi/S\Delta$, jednotkou lux

Speciální teorie relativity

- Albert Einstein, Nobelova cena – fotoelektrický jev (1921)

- Platí pro rychlosti blízké rychlosti světla

- Princip relativity

Ve všech inerciálních vztažných soustavách platí stejné fyzikální zákony

- Princip konstantní rychlosti světla

Ve všech inerciálních vztažných soustavách má rychlost světla ve vakuu stejnou velikost, nezávislou na vzájemném pohybu světelného zdroje a pozorovatele

Speciální teorie relativity

- Relativnost současnosti – současnost nesoumírných událostí je relativní

- Dilatace času

$$\Delta t = \Delta t' / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

- Kontrakce délek

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

- Skládání rychlostí

Speciální teorie relativity

- Relativistická hmotnost

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

- Relativistická hybnost

$$p = m v = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \cdot v$$

- Relativistická energie

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

Kvantová fyzika

- „kvanta“ energie – elektromagnetická energie se šíří ve formě malých dále nedělitelných kvant – fotonů – s příslušnou energií $E = h f$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js
- Fotony – pojmenování od G.N. Lewise
 - Nulová klidová hmotnost
 - Ve vakuu se pohybují rychlostí světla

Fotoelektrický jev

- Pohlcením kvant elektromagnetické energie dochází k uvolnění elektronů z povrchu látky
- Vnější – „vyražení“ elektronu ven z kovu
- Vnitřní – „uvolnění“ elektronu z jinak pevně vázané struktury

Kvantová fyzika

- Comptonův jev

Compton experimentálně prokázal existenci fotonů (1922) jako částic – tzv. Comptonův rozptyl – při rozptylu RTG záření na elektronech dochází k rozptylu elektronů a vzniku nejen záření s původní frekvencí (energií) ale i s nižší frekvencí – korpuskulární vlastnosti fotonů

- Vlnové vlastnosti částic

Všechny částice mají zároveň vlastnosti vlnění – Luis do Broglie

- Princip neurčitosti

Polohu částice a její hybnost nemůžeme určit s libovolnou přesností – Heisenberg $\Delta x \Delta p \geq h$

Luminiscence

- Při přechodu elektronů z vyšších energetických hladin zpět dochází k emisi záření (viditelného)
- Fluorescence
- Fosforescence
- Chemiluminiscence

Laser

- Stimulovaná emise záření – vzniká u excitovaných atomů působením záření o stejné frekvenci, jako má foton emisí vznikající (Einstein)
- Rubín (Al_2O_3 s příměsí Cr) tvaru válce a zrcadla – jedno polopropustné

Silové interakce

- Existují pouze 4
 - Gravitační
 - Elektromagnetická
 - Silná
 - Slabá
- Unitární teorie pole