

1. KINEMATIKA HB

- **základní pojmy**
 - kinematika – popisuje pohyby těles, nezkoumá příčiny pohybu
 - hmotný bod – model tělesa o hmotnosti m , zanedbáváme tvar a rozměry
 - vztažná soustava – vztažné těleso + soustava souřadnic + měření času
 - poloha HB – souřadnice x, y, z
 - trajektorie – množina bodů, jimiž HB během svého pohybu prochází
 - dráha HB – délka trajektorie
- **rychlost HB**
 - průměrná rychlost / okamžitá rychlost
 - rozdělení pohybů podle rychlosti – rovnoměrný / nerovnoměrný
- **rovnoměrný pohyb**
 - graf závislosti dráhy na čase
- **rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb**
 - zrychlený / zpomalený pohyb
 - graf závislosti rychlosti na čase
- **dráha rovnoměrně zrychleného pohybu**
 - graf závislosti dráhy na čase
 - $s = s_0 + v_0 t + at^2/2$ $s = s_0 + v_0 t - at^2/2$
- **volný pád**
 - rovnoměrně zrychlený pohyb s $v_0 = 0$ a s tíhovým zrychlením g
 - rychlost $v = g \cdot t$
 - dráha $s = gt^2/2$
 - trajektorie – část svislé přímky
- **skládání pohybů a rychlostí**
 - př. : loďka na řece (po - proti proudu, kolmo k proudu, obecně)
 - princip nezávislosti pohybů
- **pohyb po kružnici** –nejjednodušší křivočarý pohyb
 - trajektorie – kružnice
 - rychlost
 - velikost – konstantní
 - směr – tečný ke kružnici
 - úhlová dráha – $\varphi = s / r$
 - plný úhel $\varphi = 2 \Pi (360^0)$
 - úhlová rychlost – $\omega = \Delta\varphi / \Delta t$ $[\omega] = \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$
 - perioda $T = 1/ f$ $[T] = \text{s}$
 - frekvence $f = 1/ T$ $[f] = \text{Hz}$
 - vztah mezi úhlovou rychlostí a rychlostí $v = r \cdot \omega$
- **zrychlení při rovnoměrném a nerovnoměrném pohybu**
 - dostředivé zrychlení a_d
 - směr – do středu kružnice
 - velikost – konstantní
 - tečné zrychlení a_t
 - směr – podle okamžité rychlosti (zrychlený / zpomalený pohyb)
 - normálové zrychlení $a_n = a_d$
 - směr – do středu kružnice

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_d$$

2. DYNAMIKA HMOTNÉHO BODU A SOUSTAVY HB

- **vzájemné působení těles**
 - deformační / pohybové účinky síly
 - vzájemné působení – přímým stykem / silovými poli
 - síla \mathbf{F} $[F] = \text{N}$ (směr, velikost, působiště)
 - izolované těleso / model izolovaného tělesa
- **I. Newtonův pohybový zákon**
 - zákon setrvačnosti
 - inerciální VS – neinerciální VS
- **II. Newtonův pohybový zákon**
 - zákon síly $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$ $[F] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
 - tíhová síla $\mathbf{F}_G = m \cdot \mathbf{g}$
 - dynamické měření hmotnosti
- **hybnost HB, změna hybnosti**
 - pohybový stav tělesa $\mathbf{p} = m \cdot \mathbf{v}$ $[p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 - $\mathbf{F} = \Delta \mathbf{p} / \Delta t$ (2. NPZ)
 - impuls síly $\Delta \mathbf{p} = \mathbf{F} \cdot \Delta t$ $[p] = \text{N} \cdot \text{s}$
 - časový účinek síly $\mathbf{F} \cdot t = m \cdot \mathbf{v}$
- **III. Newtonův pohybový zákon**
 - zákon akce a reakce – dvě tělesa na sebe působí stejně velkými silami opačného směru, tyto síly vznikají a zanikají současně
- **ZZ hybnosti**
 - celková hybnost IS se vzájemným silovým působením nemění
 - $\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_{01} + \mathbf{p}_{02}$
 - zákon zachování hmotnosti
- **smykové tření a valivý odpor**
 - třecí síly – vznikají při pohybu tělesa v látkovém prostředí nebo po povrchu jiných těles,
 - mají opačný směr než rychlost tělesa
 - nezávisí na obsahu styčných ploch
 - je přímo úměrná kolmé tlakové síle $F_t = f \cdot F_n$
 - závisí na jakosti styčných ploch
 - f – součinitel smykového tření, f_0 – součinitel klidového tření $f_0 > f$
 - valivý odpor – příčinou je stlačování a deformace podložky
- **dostředivá síla**
 - dostředivé zrychlení $a_d = v^2 / r = \omega^2 \cdot r$
 - dostředivá síla – směr – kolmá ke směru okamžité rychlosti
- **IVS, Galileiho princip relativity**
 - zákony mechaniky jsou stejné ve všech IVS
 - rovnice, které je vyjadřují mají stejný tvar
- **NVS, setrvačné síly**
 - př. kulička ve vagónu, výtah – beztížný stav
 - setrvačné síly – důsledek zrychleného pohybu soustavy
- **otáčející se vztažné soustavy**
 - př. gramofonová deska...

3. MECHANICKÁ PRÁCE A MECHANICKÁ ENERGIE

- **mechanická práce**
 - děj, při kterém se přemísťují tělesa vlivem působení síly
 - $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$ (síla s trajektorií) $[W] = \text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} = \text{J}$
 - práce se nekoná
 - těleso se nepohybuje, nebo se pohybuje bez působení síly ($F = 0$)
 - $\alpha = 90^\circ$ – síla působí kolmo k trajektorii
 - kladná práce $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ \rightarrow \cos \alpha > 0 \rightarrow W > 0$
 - záporná práce $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ \rightarrow \cos \alpha < 0 \rightarrow W < 0$
 - grafické určení W – graf závislosti síly na dráze
- **kinetická energie**
 - charakterizuje pohybový stav HB vzhledem ke zvolené IVS
 - $E_k = m \cdot v^2 / 2$ $[E] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$
 - práce vykonaná silou F je mírou změny kinetické energie $W = \Delta E_k$
 - E_k – se mění se změnou v
 - $\uparrow v \rightarrow \uparrow E_k$ – při kladné práci
 - $\downarrow v \rightarrow \downarrow E_k$ – při záporné práci
 - celková E_k soustavy HB je dána součtem E_k jednotlivých bodů
- **potenciální energie**
 - E_p mají tělesa, která jsou v silových polích jiných těles
 - v tíhovém poli Země mají tělesa tíhovou E_p
 - práce vykonaná tíhovou silou je rovna změně E_p a nezávisí na tvaru trajektorie ani na její délce
 - nulová hladina E_p – vodorovná rovina, kde $E_p = 0$
 - $E_p = m \cdot g \cdot h$
- **mechanická energie**
 - $E = E_k + E_p$
 - zákon zachování mechanické energie – pro izolovanou soustavu těles
 - celková mechanická energie tělesa je konstantní
 - při všech mechanických dějích se může měnit E_k v E_p a naopak
- **ZZ energie**
 - při všech dějích v izolované soustavě těles se mění jedna forma energie v jinou, nebo přechází energie z jednoho tělesa na druhé
 - celková energie soustavy se nemění
 - práce – charakterizuje děj
 - energie – charakterizuje stav soustavy
- **výkon a účinnost**
 - výkon P – vyjadřuje jak rychle se práce koná
 - průměrný výkon $P_p = W / t$ $[P] = \text{J} \cdot \text{s}^{-1} = \text{W}$
 - $W = P_p \cdot t$ $[W] = \text{W} \cdot \text{s}$ ($1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$)
 - okamžitý výkon $P = \Delta W / \Delta t \rightarrow P = F \cdot v$
 - příkon $P_0 = \Delta E / \Delta t$ (ΔE energie dodaná stroji za čas Δt)
 - účinnost $\eta = P / P_0$ $\eta < 1$ (100%)

4. GRAVITAČNÍ POLE

- existuje v okolí každého tělesa
- projevuje se silovým působením na jiná tělesa
- gratis = těžký
- **Newtonův gravitační zákon**
 - každá dvě tělesa se navzájem přitahují stejně velkými gravitačními silami opačného směru
 - $F_g = \chi \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ gravitační konstanta $\chi = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- **gravitační zrychlení**
 - zrychlení, které tělesu uděluje gravitační síla $a_g = \chi \cdot M_Z / r^2$
 - intenzita $\mathbf{K} = \mathbf{a}_g$ $[\mathbf{K}] = \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ charakterizuje gr. pole v daném místě
 - $\mathbf{F}_g, \mathbf{K}, \mathbf{a}_g$ – stejný směr (do středu Země)
 - s \uparrow nadmořskou výškou $\downarrow a_g$
 - centrální gravitační pole – \mathbf{F}_g směřuje do středu
 - homogenní gravitační pole – \mathbf{F}_g je konstantní
- **tíhové zrychlení při povrchu Země**
 - gravitační síla \mathbf{F}_g – směr do středu, velikost konstantní
 - setrvačná odstředivá síla \mathbf{F}_s – směr kolmý k ose otáčení
velikost max na rovníku, min na pólech
 - tíhová síla $\mathbf{F}_G = \mathbf{F}_g + \mathbf{F}_s$ – směr svislý, určíme olovnicí
velikost max na pólech, min na rovníku
 - tíhové pole – prostor při povrchu Země, v němž se projevují účinky \mathbf{F}_G
 - homogenní tíhové pole – oblast tíhového pole Země, kde $\mathbf{g} = \text{konst.}$
- **tíhová síla a tíha tělesa**
 - různé veličiny, ale obě mají původ v tíhovém poli Země
 - tíha tělesa \mathbf{G}
 - důsledek působení těles v tíhovém poli Země na jiná tělesa
 - projevuje se jako tlaková nebo tahová síla
 - působíště je ve stykové ploše nebo v bodě závěsu
 - tíhová síla \mathbf{F}_G
 - vzniká působením tíhového pole Země na těleso
 - působíště je v těžišti
- **pohyby těles – homogenní pole Země**
 - volný pád – rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb svisle dolů
 - složené pohyby – volný pád a rovnoměrně přímočarý pohyb ve směru \mathbf{v}_0
 - vrh svislý vzhůru
 - trajektorie – svislá přímka
 - okamžitá rychlost $v = v_0 - gt$
 - okamžitá výška $h = v_0 t - gt^2/2$
 - doba výstupu = době pádu $t_h = v_0 / g$
 - výška vrhu $h = v_0^2 / 2g$
 - rychlost dopadu = v_0

- vodorovný vrh
 - trajektorie – část paraboly
 - doba letu $t_d = \sqrt{2h/g}$
 - délka vrhu $d = v_0 \cdot \sqrt{2h/g}$
- šikmý vrh vzhůru
 - trajektorie – parabola s vrcholem v nejvyšším bodě
 - elevační úhel α – svírá v_0 s vodorovnou rovinou
 - doba letu $t = 2v_0 \sin \alpha / g$
 - délka vrhu – dostřel $d = v_0^2 \sin 2\alpha / g$
 - d_{\max} když $\alpha = 45^\circ$
 - balistická křivka

- **pohyby těles – centrální grav. pole Země**

- perigeum / apogeum
- tvar trajektorie tělesa podle v_0 ve výšce h nad Zemí
 - dopadne na Zem
 - opíše elipsu
 - kruhová rychlost – $v_k = \sqrt{\frac{\chi \cdot M_Z}{R_Z + h}}$
 1. kosmická rychlost $h \rightarrow 0$ $v_k = 7,9 \text{ km.s}^{-1}$
 - elipsa, Země v ohnisku
 - parabolická (úniková) rychlost $v_u = v_k \cdot \sqrt{2}$
 2. kosmická rychlost $h \rightarrow 0$ $v_u = 11,2 \text{ km.s}^{-1}$
 3. kosmická rychlost $v = 16,7 \text{ km.s}^{-1}$

- **pohyby těles – gravitační pole Slunce**

- geocentrický / heliocentrický názor
- perihélium / afélium
- průvodič planety – úsečka spojující střed planety se středem Slunce
- Keplerovy zákony
 - tvar trajektorie planety – planety se pohybují po elipsách, málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce
 - jak se planety pohybují – obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní
 - oběžné doby a poloosy $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$
 - $a \rightarrow r$
- AU – astronomická jednotka, střední vzdálenost Země od Slunce
- 1 AU = $149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$

5. MECHANIKA TUHÉHO TĚLESA

- **pohyby TT**
 - TT – ideální těleso, jehož tvar ani objem se účinkem sil nemění
 - síly mají pohybové účinky, ne deformační
 - posuvný pohyb – translace – stejné trajektorie, stejná rychlost
 - otáčivý pohyb – rotace – trajektorií je kružnice, stejná úhlová rychlost
 - složený pohyb
- **moment síly vzhledem k ose otáčení**
 - vyjadřuje otáčivý účinek síly
 - $\mathbf{M} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$ $[M] = \text{N} \cdot \text{m}$ \mathbf{d} – rameno síly (\perp vzdálenost přímky od osy)
 - směr – pravidlo pravé ruky ($\mathbf{M} \perp \mathbf{F} \perp \mathbf{d}$)
 - působí-li více sil – vektorový součet momentů jednotlivých sil
 - momentová věta $\mathbf{M} = 0$
- **skládání sil**
 - účinek výsledné síly je stejný, jako účinek skládaných sil
 - výslednice sil – vektorový součet jednotlivých sil
 - určíme velikost, směr a působiště
 - různoběžné síly
 - rovnoběžné síly stejného a opačného směru
 - grafické určení výslednice
- **dvojice sil**
 - dvě stejně velké rovnoběžné síly opačného směru
 - výslednice sil je nulová
 - moment dvojice sil – vyjadřuje otáčivý účinek
 - vektorový součet momentů sil $\mathbf{D} = \mathbf{M}_1 + \mathbf{M}_2$
 - $\mathbf{D} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$ $[D] = \text{N} \cdot \text{m}$ \mathbf{d} – rameno dvojice sil (\perp vzdálenost přímk)
 - směr – pravidlo pravé ruky ($\mathbf{D} \perp \mathbf{F} \perp \mathbf{d}$)
- **rozkládání sil**
 - účinek rozložených sil je stejný, jako účinek rozkládané síly
 - platí stejná pravidla, jako při skládání sil
- **těžiště TT**
 - působiště tíhové síly působící na těleso v homogenním tíhovém poli
 - těžnice – přímka spojující bod závěsu a těžiště
 - poloha těžiště závisí na rozložení látky v tělese
 - stejnorodá tělesa se středem / s osou / s rovinou souměrnosti
 - dutá tělesa mají těžiště mimo látku tělesa
- **rovnovážná poloha TT**
 - podmínky rovnováhy
 - těleso se nepohybuje $\mathbf{F} = 0$ / těleso se neotáčí $\mathbf{M} = 0$
 - vektorový součet sil a momentů sil je nulový
 - stálá (stabilní) RP – vrací se zpět do RP / E_p se zvětšuje
 - vratká (labilní) RP – dostává se do nové RP stálé / E_p se zmenšuje
 - volná (indiferentní) RP – zůstane v nové RP volné / E_p se nemění
 - stabilita tělesa

- určujeme práci, kterou musíme vykonat, abychom převedli těleso ze stálé RP do vratké RP $W = F \cdot s$ $W = mg (h_2 - h_1)$
- stabilita je tím \uparrow čím je
 - těleso těžší
 - těžiště níž
 - větší vzdálenost svislé těžnice od překlápěcí hrany

- **kinetická energie TT**

- posuvný pohyb $E_k = 1/2 m \cdot v^2$
 - $E_k = 1/2 m_1 \cdot v^2 + 1/2 m_2 \cdot v^2 + \dots + 1/2 m_k \cdot v^2$
- otáčivý pohyb $E_k = 1/2 J \omega^2$
 - $E_k = 1/2 \omega^2 (m_1 \cdot r_1^2 + m_2 \cdot r_2^2 + \dots + m_k \cdot r_k^2)$
- J – moment setrvačnosti tělesa vzhledem k ose otáčení [J] = kg.m²
 - závisí na rozměrech a tvaru tělesa a poloze osy otáčení
- složený pohyb $E_k = 1/2 m \cdot v^2 + 1/2 J_o \omega^2$
- moment setrvačnosti těles
- volná osa – prochází těžištěm tělesa
- setrvačnick – těleso otáčející se kolem volné osy s velkým momentem setrvačnosti

6. MECHANIKA KAPALIN A PLYNŮ

▪ hydro(aero)statika / hydro(aero)dynamika

• vlastnosti kapalin a plynů (tekutin)

- nemají stálý tvar
- jsou tekuté – příčinou je snadná vzájemná pohyblivost částic
- příčinou různé tekutosti je vnitřní tření – viskozita tekutin
- kapaliny
 - málo stlačitelné – mají stálý objem
 - v klidu vytvářejí v tíhovém poli Země vodorovný povrch
- plyny
 - snadno stlačitelné – nemají stálý objem
 - tvar určen nádobou, nevytvářejí volný povrch
- ideální
 - kapalina je nestlačitelná
 - plyn je dokonale stlačitelný
 - oba dokonale tekuté, bez vnitřního tření
- kontinuum – spojitě prostředí – zanedbáváme čističovou strukturu

• tlak v kapalinách a plynech

- charakterizuje stav tekutin v klidu $p = F / S$ $[p] = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} = \text{Pa}$
- manometry
- může být vyvolán
 - vnější silou působením pevného tělesa
 - tíhovou silou Země

• tlak v kapalinách vyvolaný vnější silou

- Pascalův zákon – tlak vyvolaný vnější silou, která působí na kapalné těleso v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný
- hydraulická / pneumatická zařízení
- princip $F_1/F_2 = S_1/S_2$

• tlak v kapalinách vyvolaný tíhovou silou

- hydrostatická tlaková síla $F_h = Sh\rho g$
- hydrostatické paradoxon
- hydrostatický tlak $p_h = h\rho g$
- hladiny – místa se stejným tlakem
- volná hladina – hladina, kde je $p_h = 0$
- spojené nádoby
- dvě nemísící se kapaliny $\rho_1/\rho_2 = h_2/h_1$

• tlak vzduchu vyvolaný tíhovou silou

- atmosféra – vrstva vzduchu obklopující Zemi a konající s ní otáčivý pohyb
- atmosférická tlaková síla – důsledek tíhového působení Země na atmosféru
- atmosférický tlak – tlak vyvolaný atmosférickou tlakovou silou
 - s nadmořskou výškou se mění hustota vzduchu – nelze $p_a = h\rho g$
 - s $\uparrow h \rightarrow \downarrow p_a$
 - normální atmosférický tlak – $p_a = 1013,25 \text{ kPa}$
- barometry
- Torricelliho pokus

- **vztlaková síla**
 - nadlehčuje všechna tělesa ponořená do kapaliny
 - má opačný směr než tíhová síla
 - Archimédův zákon – těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, jejíž velikost se rovná tíze kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořeného tělesa
 - plování těles
 - $F_G > F_{VZ}$ ($\rho_t > \rho_k$) klesá ke dnu
 - $F_G = F_{VZ}$ ($\rho_t = \rho_k$) vznáší se
 - $F_G < F_{VZ}$ ($\rho_t < \rho_k$) stoupá k hladině, až se částečně vynoří
 - hustoměry
- **proudění kapalin a plynů**
 - proudění – pohyb částic v jednom směru
 - stacionární proudění – ustálené – každá částice se pohybuje konst. \mathbf{v}
 - proudnice – myšlená čára, jejíž tečna v libovolném bodě má směr rychlosti \mathbf{v} pohybující se částice
 - objemový průtok $Q_V = V/t = S \cdot v$ $[Q] = m^3 s^{-1}$
 - rovnice kontinuity – spojitosti toku – $S \cdot v = \text{konst.}$
- **Bernoulliho rovnice**
 - součet kinetické a potenciální energie kapaliny o jednotkovém objemu je ve všech částech vodorovné trubice stejný
 - $\rho v^2 / 2 + p = \text{konst.}$
 - pro dva různé průřezy $\rho_1 v_1^2 / 2 + p_1 = \rho_2 v_2^2 / 2 + p_2$
 - podtlak
 - hydro(aero)dynamické paradoxon
 - rychlost kapaliny vytékající otvorem v nádobě $v = \sqrt{2gh}$
- **proudění reálné kapaliny**
 - mezní vrstva kapaliny – vrstva, která se bezprostředně dotýká stěny
 - laminární proudění – vektory rychlostí jsou rovnoběžné
 - turbulentní proudění – při větších rychlostech vznikají víry
 - vnitřní tření způsobuje zvýšení teploty kapaliny – je třeba ji chladit
- **obtékání těles reálnou kapalinou**
 - relativnost pohybu – těleso je v klidu / pohybuje se
 - vznikají odporové síly působící proti směru pohybu tělesa nebo kapaliny
 - aerodynamická odporová síla $F = C_p S v^2 / 2$
 - C – součinitel odporu závisející na tvaru tělesa
 - 0,03 – proudnicový (aerodynamický) tvar
 - 1,33 – dutá polokoule (padák)
 - křídlo letadla – má nesouměrný profil
 - aerodynamická vztlaková síla F_y (horní vrstva je obtékána rychleji)
 - odporová síla F_x (překonává tažná síla motoru)
 - výsledná aerodynamická síla $\mathbf{F} = \mathbf{F}_x + \mathbf{F}_y$
 - rázová vlna – při větších rychlostech než rychlost zvuku

7. ZÁKLADNÍ POZNATKY MOL. FYZIKY A TERMODYNAMIKY

- **kinetická teorie látek**
 - částice
 - pohyb
 - difúze, osmóza
 - tlak plynu
 - Brownův pohyb
 - působení sil
- **vzájemné působení částic a jejich potenciální energie**
 - interakce
 - přitažlivá a odpuzivá síla
 - rovnovážná poloha
 - graf F / r_0
 - vazebná energie
- **modely struktury látek různých skupenství**
 - střední vzdálenost mezi molekulami – velikost přitažlivých sil
 - tvar a objem
 - vztah mezi E_k a E_p
 - plynná látka
 - tepelný pohyb
 - střední rychlost molekul – závislost na teplotě, prav. směru pohybu
 - srážka
 - $\sum E_k$ – posuvný a otáčivý pohyb molekul, kmitavý pohyb atomů
 - pevná látka
 - krystalová struktura
 - polymery
 - kmitavý pohyb kolem rovnovážných poloh – tání
 - kapalná látka
 - působení vnější síly
 - tekutost
 - plazma – částice..., (příklady)
- **rovnovážný stav soustavy a pravděpodobnost výskytu**
 - termodynamická soustava
 - stavové veličiny
 - stavová změna
 - izolovaná (adiabaticky izolovaná) soustava
 - rovnovážný stav – děj / nerovnovážný děj
 - pravděpodobnost výskytu
- **teplota, měření teploty a termodynamická teplota**
 - stejná / různá teplota
 - teploměr / teplotní stupnice / jednotka teploty
 - termodynamická teplotní stupnice / termodynamická teplota (Kelvin)
 - trojný bod vody / absolutní nula
- **historický přehled vývoje názorů na strukturu látek**
 - atomisté / teorie pěti látek
 - vynálezy – teploměr, vývěva, mikroskop, dalekohled

8. VNITŘNÍ ENERGIE (VE), PRÁCE A TEPLA

- celková energie soustavy $E_K + E_P + U$
- **VE tělesa** $U = E_K + E_P + E_{EL} + E_{JA}$
- **změna VE při konání práce**
 - tření
 - (př. pružina a nádoba s plynem, těleso na podložce)
 - ZZ energie
- **změna VE při tepelné výměně, teplo**
 - tepelná výměna
 - tepelné záření
 - odevzdané / přijaté teplo
 - dějové (W, Q) / stavové (U, T, V, p) veličiny
 - + / - změna VE
- **měrná tepelná kapacita**
 - tepelná kapacita $C = Q/\Delta t$ [C] = J.K⁻¹
 - měrná tepelná kapacita $c = C/m = Q/m.\Delta t$ [c] = J.kg⁻¹.K⁻¹
 - charakteristická pro danou látku – MFCHT pro 20°C
 - teplo $Q = c.m.\Delta t$
 - $\Delta t_1 > \Delta t_2 \leftrightarrow c_1 < c_2$
 - s ↓ t ↓ c všech látek
 - velká c H₂O / malá c kovy
- **kalorimetrická rovnice**
 - ZZE – úbytek VE tělesa = přírůstek VE kapaliny + teplo přijaté kalorim.
 - $c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2) + C_k (t - t_2)$
 - kalorimetr
 - směšovací kalorimetr (tepelná kapacita kalorimetru)
- **první termodynamický zákon**
 - $\Delta U = W + Q$ (změna VE konáním práce i tepelnou výměnou)
 - soustava
 - přijímá energii (W, Q > 0) VE ↑ ΔU > 0
 - odevzdává energii (W, Q < 0) VE ↓ ΔU < 0
 - speciální případy
 - Q = 0 ΔU = W (adiabatický děj)
 - W = 0 ΔU = Q
 - $W = -W'$
 - W (práce vykonaná okolními tělesy)
 - W' (práce vykonaná soustavou)
 - $Q = \Delta U + W'$ teplo dodané soustavě
- **přenos VE**
 - tepelná výměna vedením
 - izolanty / kovové vodiče (volné elektrony)
 - různá tepelná vodivost (kovy > voda > plyny)
 - součinitel tepelné vodivosti λ – závislý na teplotě
 - tepelná výměna zářením
 - neuspořádaný pohyb ...
 - přenos vnitřní energie prouděním

9. STRUKTURA A VLASTNOSTI PLYNNÉHO SK. LÁTEK

- **ideální plyn (IP)**
 - vlastnosti (rozměry – silové působení – vzájemné srážky)
 - VE IP jedno a víceatomových molekul
- **rozdělení molekul plynu podle rychlosti**
 - Lammertův pokus
 - rozdělení tabulkou, histogramem, grafem
 - v_p – nejpravděpodobnější rychlost
- **střední kvadratická rychlost**
 - statistická veličina
 - celková kinetická energie
 - $v_k = (3kT/m_0)^{1/2}$
- **teplota plynu z hlediska molekulové fyziky**
 - střední kinetická energie je přímo úměrná term. teplotě $E_0 = 3/2 \cdot kT$
 - k – Boltzmannova konstanta $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
 - je-li teplota 2 IP stejná, pak molekuly plynů mají stejnou E_0
 - $m_{01} > m_{02} \leftrightarrow v_{k1} < v_{k2}$
- **tlak plynu z hlediska molekulové fyziky**
 - fluktuace plynu
 - $p = 1/3 \cdot N_V m_0 v_k^2$ ($p = 1/3 \rho v_k^2$) $N_V = N/V$ – hustota molekul
- **stavová rovnice pro IP**
 - plyn v rovnovážném stavu určuje $T, p, v, N, (n, m)$
 - $pV = NkT$ $N = n \cdot N_A$ $R = N_A k$
 - $pV = nRT$ $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ – mol. plynová konst.
 - $pV = m/M_m \cdot RT$ $n = m/M_m$ M_m – mol. hmotnost
- **stavová rovnice IP stálé hmotnosti** $p \cdot V / T = \text{konst.}$
- **izotermický děj s IP**
 - T – konst. $\Rightarrow p \cdot V = \text{konst.}$ (izoterma)
 - Boyleův – Mariottův zákon
- **izochorický děj s IP**
 - V – konst. $\Rightarrow p / T = \text{konst.}$ (izochora)
 - Charlesův zákon
- **izobarický děj s IP**
 - p – konst. $\Rightarrow V / T = \text{konst.}$ (izobara)
 - Gay – Lussacův zákon
- **stavové změny IP z energetického hlediska**
 - izotermický – $\Delta U = 0 \rightarrow Q_T = W'$
 - izochorický – $W' = 0 \rightarrow Q_V = \Delta U$ $Q_V = c_V m \Delta T$
 - izobarický – $Q_P = \Delta U + W'$ $Q_P = c_P m \Delta T$
- **adiabatický děj s IP**
 - $Q = 0 \rightarrow \Delta U = W$ (adiabata)
 - Poissonův zákon $p \cdot V^\chi = \text{konst}$ $\chi = c_p / c_v$ – Poissonova konstanta
- **plyn při nízkém a vysokém tlaku**
 - volná, střední volná dráha molekuly a srážková frekvence molekul
 - vývěvy

KRUHOVÝ DĚJ S IDEÁLNÍM PLYNEM (k otázce č. 9)

- práce vykonaná plynem při stálém a proměnném tlaku

- stálý tlak $W' = p \cdot \Delta V$

- proměnný tlak $W' = p_1 \cdot \Delta V + p_2 \cdot \Delta V + \dots + p_n \cdot \Delta V$; $p_i = \text{konst.}$

- graf $p/V \dots p=f(V)$

- kruhový děj

- tepelný stroj

- cyklický děj – TD děj (látka se vrátí do původního stavu)

- p/V diagram – uzavřená křivka

- obsah plochy uvnitř křivky = W vykonaná pracovní látkou /1 cyklus

- W vykonaná pracovní látkou – W vykonaná okolními tělesy

- po ukončení 1 cyklu $\Delta U = 0$;

- ohřívač Q_1 – chladič Q_2 celkové teplo $Q = Q_1 - Q_2$

- 1. TDZ $Q = \Delta U + W' \rightarrow W' = Q$

- účinnost $\eta = \frac{W'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$; $\eta < 1$

- Carnotův cyklus – ideální cyklický děj

expanze (1 izotermicky, 2 adiabaticky)

komprese (3 izotermicky, 4 adiabaticky)

- druhý termodynamický zákon

- není možné sestavit periodicky pracující tepelný stroj, který by jen přijímal teplo od ohřívače a vykonával stejně velkou práci

- při tepelné výměně těleso o vyšší teplotě nemůže samovolně přijímat teplo od tělesa s nižší teplotou

- perpetuum mobile 2. druhu

- tepelné motory

- přeměňují část ΔU paliva uvolněné hořením na energii mechanickou

- pracovní látka

- parní motory – parní stroj a parní turbína

- (PL – vodní pára z parního kotle – mimo motor)

- spalovací motory – zážehový, vznětový, proudový, raketový motor
plynová turbína; (PL – plyn vzniká hořením paliva – uvnitř motoru)

- účinnost je tím \uparrow , čím je $\uparrow T$ ohřívače a čím je $\downarrow T$ chladiče

- T_1 – teplota vodní páry (plynu)

- T_2 – teplota vycházející páry (výfukových plynů)

- účinnost $\eta \leq \eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

10. STRUKTURA A VLASTNOSTI KAPALIN

- **povrchová vrstva kapaliny**
 - sféra molekulového působení – myšlená koule r_m kolem molekuly
 - povrchová vrstva
 - vrstva molekul, jejichž vzdálenost od volného povrchu je $<$ než r_m
 - povrchová energie – rozdíl E_p molekul v povrchové vrstvě a uvnitř kapaliny
 - tvar kapaliny je takový, aby povrch byl co nejmenší
- **povrchová síla**
 - směr tečny k povrchu kapaliny
 - velikost experimentálně, působení
- **povrchové napětí**
 - $\sigma = F / l$ l – délka okraje povrchové blány $[\sigma] = \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
 - závisí na
 - druhu kapaliny
 - prostředí pod povrchem
 - $s \uparrow t - \sigma \downarrow$
- **jevy na rozhraní pevného tělesa a kapaliny**
 - stykový úhel ν mezi stěnou nádoby a povrchovou vrstvou
 - kapilární tlak – způsoben pružností povrchové vrstvy
 - kapalina smáčí stěny nádoby
 - dutý povrch
 - $0^\circ \leq \nu < 90^\circ$
 - vnitřní tlak je menší o kapilární tlak
 - kapalina nesmáčí stěny nádoby
 - vypouklý povrch
 - $90^\circ < \nu \leq 180^\circ$
 - vnitřní tlak je větší o kapilární tlak
- **kapilární jevy**
 - kapilára
 - kapilární elevace
 - kapalina smáčí stěny nádoby
 - v kapiláře vzestup vzhledem k hladině – nižší tlak
 - kapilární deprese
 - kapalina nesmáčí stěny nádoby
 - v kapiláře snížení vzhledem k hladině – vyšší tlak
 - $h = (2 \cdot \sigma) / (g \cdot R \cdot \rho)$ R – poloměr kapiláry
- **teplotní objemová roztažnost kapalin**
 - objem kapaliny $s \uparrow t \uparrow$
 - malé Δt
 - $V = V_1 (1 + \beta \Delta t)$
 - β kapalin $>$ β pevných látek
 - větší Δt
 - $V = V_1 (1 + \beta_1 \Delta t + \beta_2 (\Delta t)^2)$
 - se změnou teploty se mění hustota
 - $\rho = \rho_1 (1 - \beta \Delta t)$
 - anomálie vody

11. STRUKTURA A VLASTNOSTI PEVNÝCH LÁTEK

- **krystalické látky**
 - dalekodosahové uspořádání
 - monokrystaly – anizotropní
 - polykrystaly – izotropní
- **amorfní látky**
 - krátkodosahové uspořádání
 - izotropní
 - polymery – organického původu
- **ideální krystalová mřížka**
 - krystalová mřížka
 - struktura je určena mřížkovým parametrem a rozmístěním částic
 - elementární buňka – rovnoběžnostěn
 - kubická elementární buňka
 - prostá / plošně centrovaná / prostorově centrovaná
 - ideální krystalová mřížka – soustava pravidelně rozložených částic
 - ideální krystal
- **poruchy krystalové mřížky**
 - bodové poruchy
 - vakance
 - intersticiální poloha
 - příměsi
 - čárové poruchy – dislokace
- **typy krystalů podle vazeb mezi částicemi**
 - iontové krystaly
 - (tvrdé, křehké, \uparrow t tání, pohlcují infrač. záření, ...)
 - kovalentní krystaly – směrová vazba tvořena dvojicí elektronů
 - (\uparrow t tání, vazby stejně pevné, nerozpustné, tvrdé)
 - kovové krystaly – mezi + ionty jsou volné elektrony (el. plyn)
 - (málo pevné, kujné, tažné, neprůhledné, s dobrou tepelnou a el.vodivostí)
 - vodíková vazba
 - (krystaly ledu)
 - molekulové krystaly – van der Walsova vazba
 - (měkké, \downarrow t tání)
- **deformace pevného tělesa**
 - pružná (elastická)
 - trvalá (plastická)
 - druhy deformací – tahem / tlakem / ohybem / smykem / kroucením
- **síla pružnosti, normálové napětí**
 - síly pružnosti, v RS $F_p = F_{\text{def.}}$
 - normálové napětí $\sigma_n = F_p / S$ $[\sigma_n] = \text{Pa}$
 - mez pružnosti σ_E max σ_n , deformace je ještě pružná
 - mez pevnosti σ_P max σ_n , neporuší se soudržnost materiálu
 - dovolené napětí – max v praxi přípustná σ_n
 - součinitel bezpečnosti

- **Hookův zákon pro pružnou deformaci tahem**
 - relativní (poměrné) prodloužení $\varepsilon = \Delta l / l_1$ $\Delta l = l - l_1$
 - Hookův zákon $\sigma_n = E \cdot \varepsilon$
 - E – modul pružnosti v tahu (látková konstanta) [E] = Pa
 - obdobně pro tlakovou deformaci
 - relativní zkrácení $\varepsilon = | \Delta l | / l_1$ / modul pružnosti v tlaku
- **teplotní roztažnost pevných těles**
 - délková teplotní roztažnost
 - $\Delta l = \alpha l_1 \Delta t$
 - $l = l_1 [1 + \alpha (t - t_1)]$
 - α – teplotní součinitel délkové roztažnosti [α]=K⁻¹
 - objemová teplotní roztažnost
 - $\Delta V = \beta V_1 \Delta t$
 - $V = V_1 [1 + \beta (t - t_1)]$
 - β – teplotní součinitel objemové roztažnosti [β]=K⁻¹
 - pro izotropní látky $\beta \approx 3\alpha$
- **teplotní roztažnost pevných látek v praxi**
 - příklady
 - ocelové konstrukce
 - průvěš kovových lan
 - kolena kovového potrubí
 - chlazení pístů aut
 - spojování materiálů s podobným α
 - délková měřidla
 - varné nádoby
 - bimetalové pásy
 - žehličky
 - termostaty
 - chladničky

12. ZMĚNY SKUPENSTVÍ LÁTEK

- **tání**
 - přechod PL na KL
 - teplota tání t_t
 - skupenské teplo tání L_t [L_t] = J
 - měrné skupenské teplo tání $l_t = L_t / m$ [l_t] = J.kg⁻¹
 - krystalické látky / amorfnní látky
 - $\uparrow Q$, $\uparrow E_k$, \uparrow střední vzdálenost mezi částicemi
- **tuhnutí**
 - přechod KL na PL
 - teplota tuhnutí = teplotě tání
 - skupenské teplo tuhnutí – Q, které kapalina odevzdává okolí
 - měrné skupenské teplo tuhnutí = měrnému skupenskému teplu tání
- **změna objemu těles při tání a tuhnutí závislost teploty tání na vnějším tlaku**
 - většina látek
 - tání – $\uparrow V$
 - tuhnutí – $\downarrow V$
 - teplota tání závisí na okolním tlaku
 - tání – $\uparrow V$ při $\uparrow p$ $\uparrow t_t$
 - tání – $\downarrow V$ při $\uparrow p$ $\downarrow t_t$
 - regelace ledu (znovuzamrznutí)
 - led, bismut, germanium
 - tání – $\downarrow V$
 - tuhnutí – $\uparrow V$
- **sublimace a desublimace**
 - sublimace
 - desublimace
 - měrné skupenské teplo sublimace (desublimace) $l_s = L_s / m$
- **vypařování a kapalnění**
 - vypařování
 - pára
 - skupenské teplo vypařování L_v [L_v] = J
 - měrné skupenské teplo vypařování $l_v = L_v / m$ [l_v] = J.kg⁻¹
 - $s \uparrow t$ $l_v \downarrow$
 - var, teplota varu, normální teplota varu
- **sytá pára**
 - křivka syté páry
 - kritický stav látky
- **fázový diagram**
 - křivka syté páry
 - křivka tání
 - sublimační křivka
 - přehřátá pára
- **chladičí stroj a tepelné čerpadlo**
 - princip – komprese a expanze ...
- **vodní pára v atmosféře**
 - relativní a absolutní vlhkost vzduch, rosný bod

13. KMITÁNÍ MECHANICKÉHO OSCILÁTORU

- **kmitavý pohyb – základní pojmy**
 - kmitající těleso
 - periodický kmitavý pohyb
 - trajektorie pohybu
 - nerovnoměrnost pohybu
 - mechanický oscilátor
 - časový diagram
 - perioda / frekvence
- **kinematika kmitavého pohybu**
 - harmonický kmitavý pohyb
 - výchylka, amplituda výchylky
 - srovnání pohybu po kružnici a kmitavého pohybu
 - odvození okamžité výchylky
 - fáze kmitavého pohybu
 - průvodič, průmět do osy y
 - úhlová frekvence ω
 - $y = y_m \sin \omega t$
- **rychlost a zrychlení kmitavého pohybu**
 - průmět v_0 do osy y \rightarrow rychlost kmitavého pohybu
 - rychlost po kružnici $v_0 = \omega r$
 - amplituda rychlosti $v_m = \omega y_m$
 - $v = v_m \cos \omega t$
 - průmět a_0 do osy y \rightarrow zrychlení kmitavého pohybu
 - dostředivé zrychlení $a_0 = \omega^2 r$
 - amplituda zrychlení $a_m = \omega^2 y_m$
 - $a = -a_m \sin \omega t$
 - opačný směr než výchylka
 - z RP – zpomalený pohyb
 - do RP – zrychlený pohyb
 - časové diagramy
- **fáze kmitavého pohybu**
 - rovnice harmonického kmitání
 - $y = y_m \sin (\omega t + \varphi_0)$ $v = v_m \cos (\omega t + \varphi_0)$ $a = -a_m \sin (\omega t + \varphi_0)$
 - φ_0 – počáteční fáze
 - fázový rozdíl dvou kmitání se stejnou frekvencí a různou φ_0
 - $\Delta \varphi = \varphi_{02} - \varphi_{01}$
- **složené kmitání**
 - princip superpozice
 - výchylka výsledného kmitání
 - harmonické km. – se stejnou f \rightarrow opět harmonické
 - stejná fáze – $\Delta \varphi = 0 \rightarrow y_m = \max$
 - opačná fáze – $\Delta \varphi = \pi \rightarrow y_m = \min$ (stejně amplitudy $y_m = 0$)
 - harmonické km. – s různou f \rightarrow není harmonické
 - rázy – úhlová frekvence se liší jen málo

- **dynamika kmitavého pohybu**

- pohybová rovnice MO

$$F = -m\omega^2 y = -ky$$

- k – tuhost pružiny

- kmitání způsobené silou pružnosti

- mechanický oscilátor

- parametry MO

- $F_p = k\Delta l$ – síla pružnosti,

- F_G – tíhová síla, F – výsledná síla

- vlastní kmitání oscilátoru

$$\vec{F} = \vec{F}_p + \vec{F}_G$$

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

$$F = k\Delta l - ky - mg$$

$$F = -ky = -m\omega^2 y$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

- **kyvadlo**

- fyzické – bereme v úvahu jeho moment setrvačnosti

- kónické – opisuje při svém pohybu plášť kužele

- matematické - HB na dlouhém závěsu, bez tření

- pohybová rovnice

$$F = -m\omega^2 y = -m\frac{g}{l} y$$

$$\sin \alpha \approx \frac{F}{F_G} \approx \frac{y}{l}$$

$$F = F_G \frac{y}{l} = mg \frac{y}{l}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

- **přeměny energie v mechanickém oscilátoru**

- periodické přeměny energie oscilátoru $E_k \leftrightarrow E_p$

- E_C je přímo úměrná ω^2 a y_m^2

- $E_{p \max} = \frac{1}{2} ky_m^2$

- $E_{k \max} = \frac{1}{2} m \cdot v_m^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 y_m^2$

- netlumené kmitání

- tlumené kmitání

$$E_C = E_P + E_K = E_{P \max} = E_{K \max}$$

- **nucené kmitání mechanického oscilátoru**

- působení vnější periodické síly na MO. Vzniká vazba – přivádí E.

- MO nekmitá volně, je ovlivňován působením vnější síly.

- oscilátor kmitá s frekvencí vnějšího působení.

- je netlumené.

- **rezonance mechanického oscilátoru**

- ω nucených kmitů je shodná s ω vlastních kmitů.

- rezonanční křivka

- spřažená kyvadla

- praktické využití

14. MECHANICKÉ VLNĚNÍ

- vznik a druhy vlnění

- existence vazeb mezi částicemi prostředí
- zdrojem mech. vlnění je mechanický oscilátor
- směr výchylky a směr šíření (**příčné a podélné**)
- přenos energie (**postupné a stojaté**)
- rychlost postupného vlnění, λ

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda}$$

$$d = x_2 - x_1$$

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

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

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

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

- rovnice postupného vlnění

- fáze vlnění

- interference vlnění

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1)$$

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

$$d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$k = 0, 1, 2, \dots$$

- φ – fázový rozdíl
- d – dráhový rozdíl
- interferenční **minimum** a

maximum

- odraz vlnění v řadě bodů, stojaté vlnění

- na pevném konci se vlnění odráží s opačnou fází
- na volném konci se vlnění odráží se stejnou fází
- stojaté vlnění, kmitna – uzel

- chvění mechanických soustav

- na pevném konci vzniká uzel, na volném konci – kmitna
- těleso je upevněno na obou koncích, uprostřed – jen liché násobky, na jednom konci

- vlnění v izotropním prostředí

- izotropní prostředí
- vlnoplocha, paprsek
- Huygensův princip

- odraz a lom vlnění

- zákon odrazu a lomu (od a ke kolmici)

- ohyb vlnění

- odchyluje se od svého původního směru tím více, čím je otvor menší
- ohyb je výraznější s větší vlnovou délkou

ZVUKOVÉ VLNĚNÍ

- **zdroje zvuku**
 - akustika
 - rozlišujeme podle f
 - přenosová soustava
 - zdroje zvuku
 - dělení tónů
- **šíření a rychlost zvuku**
 - podélné postupné vlnění v pružném látkovém prostředí
 - se snižujícím se tlakem zvuk slabne, ve vzduchoprázdnu zaniká
 - rychlost zvuku, ozvěna, dozvuk
- **vlastnosti zvuku**
 - tóny charakterizuje výška (**f**) a barva (je určena amplitudami)
 - **základní tón** – je tón s nejnižší frekvencí
 - **vyšší harmonické tóny** – násobky frekvence základního tónu
 - **relativní výška tónu** – je poměr frekvence daného tónu a frekvence vhodně zvoleného srovnávacího tzv. referenčního tónu
 - v hudební akustice 440 Hz (komorní a) v technické praxi 1000 Hz
 - **hudební interval** – poměr frekvencí dvou
- **hlasitost a intenzita zvuku**
 - hlasitost zvuku je subjektivní a závisí na citlivosti sluchu.
 - ucho je nejcitlivější na zvuky v intervalu 700 Hz – 6000 Hz.
 - objektivní hodnocení vyjadřuje:
 - **Akustický výkon**
množství energie ΔE přenesené za čas Δt od zdroje k přijímači
 - **Intenzita zvuku** - na plochu ΔS kolmou ke směru šíření zvuku se přenesou akustický výkon ΔP
 - práh slyšení a bolesti

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$
$$[P] = W$$

$$I = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$
$$[I] = Wm^{-2}$$
- **ultrazvuk a infrazvuk**
 - UZ mechanické vlnění s frekvencí větší než 16 kHz
 - $\lambda_{UZ} < \lambda_{ZVUKU}$ – šíření ultrazvuku je méně ovlivněno ohybem.
 - výrazný je jeho odraz od překážek
 - je méně pohlcován v kapalinách a pevných látkách.
 - zdrojem je elektronický generátor
 - **využití** – lékařství, defektoskopie, sonar, vibrace, v přírodě
 - IZ je mechanické vlnění s frekvencí menší než 16 Hz
 - dobře se šíří ve vodě
 - při frekvencích blízkých frekvenci tlukotu srdce je pro člověka nebezpečný, $f = 6 - 7$ Hz, rezonují tkáně a poškozují se buňky ve svalech a nervovém systému.
 - Infrazvuk s velmi vysokou amplitudou (a tedy vysokou energií) může i zabít (infrazvukové zbraně).
- **Dopplerův jev**
 - Při vzájemném pohybu zdroje zvuku a pozorovatele, vnímá pozorovatel jinou frekvenci, než je frekvence kmitání zdroje.
 - Přibližuje-li se zdroj – vyšší f, vzdaluje-li se zdroj – nižší f

15. ELEKTRICKÝ NÁBOJ A ELEKTRICKÉ POLE

- **elektrický náboj a jeho vlastnosti**
 - fyzikální veličina Q
 - zákon zachování elektrického náboje
 - elektrostatické pole je podmíněno vznikem nerovnováhy nábojů
 - vodiče, izolanty

- **Coulombův zákon**

$$F_e = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

- bodové náboje
- **elektrické pole, intenzita elektrického pole**

- vektorový model elektrického pole
- siločárový model

- **práce v elektrickém poli, elektrické napětí**

- nezávisí na tvaru trajektorie
- je přímo úměrná přenášenému náboji q
- **Elektrické napětí** nezávisí na tvaru trajektorie ani na velikosti přenášeného náboje, je určeno pouze polohou obou bodů.

$$W = F_e d \cos\alpha$$
$$W = qEd \cos\alpha$$

$$U = \frac{W}{q} = \frac{qEd}{q} = Ed \Rightarrow E = \frac{U}{d}$$

- **potenciální energie v elektrickém poli, elektrický potenciál**

- E_p – se zmenšuje při pohybu ve směru působení elektrostatické síly
- φ – **elektrický potenciál**
- ekvipotenciální plocha, v homogenním poli, v radiálním poli

$$U_{AB} = \frac{E_{pA}}{q} - \frac{E_{pB}}{q} = \varphi_A - \varphi_B$$

- **el. pole nabitého vodivého tělesa ve vakuu, rozložení náboje na vodiči**

- Náboj na izolovaném tělese se rozloží na vnějším povrchu tělesa.
- plošná hustota náboje

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$$

$$\sigma = E \epsilon_0$$

- potenciál je uvnitř koule stejný jako na povrchu
- elektrická intenzita uvnitř koule je nulová

$$E \approx \frac{1}{r^2} \quad \varphi \approx \frac{1}{r}$$

- **vodič a izolant v elektrickém poli**

- elektrostatická indukce, vodič, izolanty
- atomová (molekulová) polarizace dielektrika
- orientační polarizace dielektrika
- relativní permitivita dielektrika

$$\epsilon_r = \frac{E_o}{E}$$

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q}{R}$$

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon_r R$$

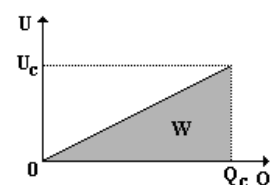
- **kapacita vodiče, kondenzátor**

- kapacita kulového vodiče
- deskový kondenzátor

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

- **technické kondenzátory, spojování kondenzátorů, energie kondenzátoru**

- podle druhu dielektrika
- Graf závislosti napětí na deskách kondenzátoru na náboji na jeho deskách je lineární funkce.
- paralelní zapojení, sériové zapojení



$$W = \frac{1}{2} Q_c U_c$$

16. OBVOD STEJNOSMĚRNÉHO PROUDU

- **elektrický proud jako děj a jako veličina**
 - uspořádaný pohyb volných částic s elektrickým nábojem
 - stejnosměrný proud
 - jednoduchý obvod
- **elektrický zdroj, přeměny energie v jednoduchém obvodu**
 - neelektrostatické síly F_n X elektrostatické síly F_e
 - elmg napětí zdroje U_e , napětí naprázdno U_0 , svorkové napětí U
- **elektrický odpor kovového vodiče, Ohmův zákon pro část obvodu**
 - voltampérová charakteristika
 - proud procházející kovovým vodičem je přímo úměrný napětí mezi konci vodiče – při stálé teplotě
 - elektrický odpor R elektrická vodivost G
 - ρ – měrný elektrický odpor – rezistivita $[\rho] = \Omega \cdot m$
 - χ – měrná elektrická vodivost
- **závislost odporu kovového vodiče na teplotě**
 - α – teplotní součinitel el. odporu $[\alpha] = K^{-1}$
 - supravodivost
- **model vedení elektrického proudu v kovovém vodiči**
 - elektronová vodivost kovů
 - vodivostní elektrony
 - unášivý pohyb
- **spojování rezistorů** sériové a paralelní
- **zatěžovací charakteristika zdroje, Ohmův zákon pro uzavřený obvod**
 - graf závislosti svorkového napětí na odebíraném proudu, má lineární průběh
 - Proud v uzavřeném obvodu je roven podílu elektromotorického napětí zdroje a celkového odporu $R + R_i$, zkrat
- **příklady sériově a paralelně spojených obvodů**
 - regulace proudu a napětí reostatem, potenciometrem
 - spojování zdrojů napětí, sérové, paralelní
- **Kirchhoffovy zákony** - postup
 - 1. pro uzel elektrické sítě a je důsledkem ZZ elektrického náboje. Algebraický součet proudů v uzlu je nulový.
 - 2. pro jednoduchou smyčku elektrické sítě, je důsledkem ZZ energie. Celkový součet změn elektrického potenciálu v uzavřené smyčce je nulový:
- **elektrická práce a výkon v obvodu stejnosměrného proudu**
 - Joulovo teplo Q_J
 - výpočet práce pomocí výkonu $W = P \cdot t$, $J = W \cdot s$
 - účinnost přeměn energie v elektrickém obvodu

$$\begin{aligned} R &= R_1(1 + \alpha\Delta t) \\ \rho &= \rho_1(1 + \alpha\Delta t) \\ \Delta t &= t_2 - t_1 \end{aligned}$$

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

zkrat

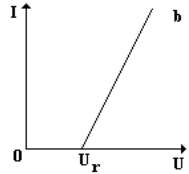
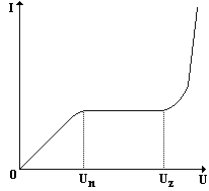
$$P = \frac{W}{t} = UI$$

$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{W}{W_z} = \frac{R}{R + R_i}$$

17. ELEKTRICKÝ PROUD V POLOVODIČÍCH

- **pojem polovodiče**
 - teplotní závislost odporu
- **vedení el. proudu v čistém polovodiči, vlastní vodivost**
 - generace, rekombinace
- **příměrové polovodiče P, N**
 - donory, akceptory
 - příměs, nečistoty
- **přechod PN, polovodičová dioda**
 - diodový jev
 - hraniční hradlová vrstva
 - VA charakteristika
 - typy diod – foto, LED, Zennerova
- **tranzistor 1948**
 - tranzistorový jev
 - tranzistor jako zesilovač – bipolární
 - tranzistor řízený polem - unipolární
 - převodní charakteristika
- **integrováný obvod**
 - 60. léta
 - rozdělení
 - mikroprocesor 1969

18. ELEKTRICKÝ PROUD V KAPALINÁCH A PLYNECH

- **elektrolyt, elektrolytická disociace, elektrolýza**
 - na katodě vylučuje vždy vodík nebo kov (vytvářejí kladné ionty).
 - na anodě vylučuje nějaká látka, nebo se může rozpouštět
- **Faradayovy zákony pro elektrolýzu, praktické užití elektrolýzy**
 - Hmotnost m vyloučené látky je přímo úměrná náboji, který prošel elektrolytem: $m = A \cdot Q = A \cdot I \cdot t$.
 - A – konstanta úměrnosti, charakteristická pro danou látku elektrochemický ekvivalent látky $A = \frac{M_m}{Fz}$
 - (zpřesňuje výpočet konstanty A) A vypočteme, jestliže molární hmotnost kapaliny dělíme Faradayovou konstantou a počtem elektronů nutných k vyloučení jedné molekuly $F = 9,652.104 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
 - elektrometalurgie, elektrolytické čištění kovů, leptání, pokovování
- **VA charakteristika elektrolytického vodiče, galvanické články**
 - U_r – rozkladné napětí
 - primární a sekundární články
 - kapacita akumulátoru
- **nesamostatný a samostatný výboj v plynu**
 - ionizace plynu
 - ionizátor a rekombinace
 - podmínky vzniku výboje: existence volných elektronů a iontů v plynu
 - elektrická energie dodávaná do plynu
 - VA charakteristika výboje
 - samostatný výboj, platí OZ, přítomnost ionizátoru
 - oblast nasyceného proudu
 - samostatný výboj, ionizace nárazem
- **samostatný výboj v plynu za atmosférického tlaku**
 - obloukový výboj
 - jiskrový výboj
 - koróna
- **za sníženého tlaku**
 - výbojová trubice
 - doutnavý výboj, využití – reklamní trubice
- **katodové a kanálové záření, obrazovka**
 - vlastnosti katodového záření

19. STACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

- zdroje
- **magnetické pole vodiče s proudem**
 - magnetické indukční čáry
 - APPR pro přímý vodič a cívku
- **magnetická síla**
 - FPLR
 - $F_m = BIl \sin \alpha$
- **magnetická indukce**
 - magnetická indukce ve středu závitů
 - μ – permeabilita prostředí
 - solenoid
$$B = \mu \frac{I}{2r}$$
$$B = \mu \frac{N \cdot I}{l}$$
- **magnetické pole rovnoběžných vodičů s proudem**
 - Biotův-Savartův zákon
 - stejný x opačný směr proudu
 - definice ampéru
$$B = \mu \frac{I}{2\pi d}$$
$$F_m = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d} l$$
- **částice s nábojem v magnetickém poli**
 - $F = Bev$
 - směr působení síly na elektron...
- **magnetické vlastnosti látek**
 - diamagnetické - inertní plyny, zlato, měď, rtuť, sklo, kapaliny,....
 - paramagnetické - draslík, sodík, hliník, platina, vzduch
 - feromagnetické - železo, kobalt, nikl, slitiny těchto kovů
(jen v krystalickém stavu, Curieova teplota)
- **magnetické materiály v technické praxi**
 - elektromagnet
 - **remanentní magnetická indukce B_r**
magneticky měkké a tvrdé materiály
 - elektromagnetické relé
 - magnetický záznam signálu

20. NESTACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

- zdroje
- **elektromagnetická indukce**
 - Michael Faraday (1831)
 - indukované napětí a proud
- **magnetický indukční tok**
 - $\Phi = BS \cos \alpha$ Wb
- **Faradayův zákon elektromagnetické indukce**
 - střední hodnota, okamžitá, amplituda
 - pohybující se vodič v hom. mag. poli $U_i = Bvl$
- **indukovaný proud**
 - Lenzův zákon
 - Foucaultovy proudy
- **vlastní indukce**
 - proud nedosáhne okamžitě plné hodnoty...nastane ustálený stav
 - L – indukčnost cívky 1 Henry
 - tlumivky
- **přechodný děj**
 - $U_i = U_e$
 - ustálený stav
 - $U_i \gg U_e$
(záblesk)
 - Energie magnetického pole cívky

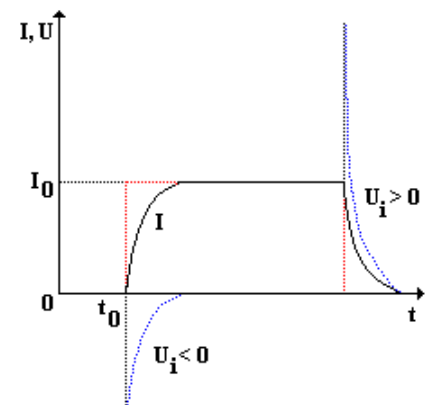
$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$L = \mu \frac{N \cdot S}{l}$$

$$L = -U_i \frac{\Delta t}{\Delta I}$$

$$I = \frac{U_e + U_i}{R} = \frac{U_e - L \frac{\Delta I}{\Delta t}}{R}$$

$$E_m = \frac{1}{2} L I^2$$



21. STŘÍDAVÝ PROUD

- zdroje – energetika (generátory) x elektronika (oscilátory)
- frekvence (50 Hz, sdělovací technika 16 kHz, 10 GHz)
- okamžité, efektivní hodnoty
- fázorový a časový diagram
- platí OZ

- **obvod střídavého proudu s odporem** $\varphi = 0$ - u a i jsou ve fázi

- **obvod střídavého proudu s indukčností**

- proud se za napětím zpožďuje o $T/4$
- indukance
- energie elektrického proudu se nemění v teplo jako u rezistoru, ale v energii magnetického pole (Vzniká a zaniká magnetické pole.)

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L$$

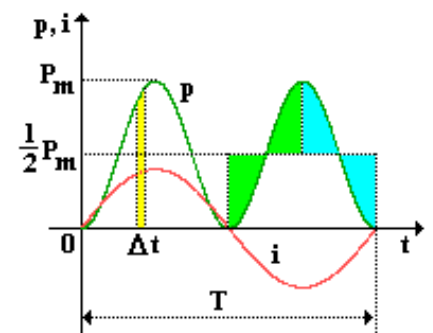
- **obvod střídavého proudu s kapacitou**

- napětí je opožděno za proudem o $T/4$
- kapacitance
- V obvodu se nemění energie el. proudu v teplo, ale v energii el. pole mezi deskami kondenzátoru. (Vzniká a zaniká el. pole.)

$$X_C = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C}$$

- **výkon střídavého proudu v obvodu s odporem**

- výkon $= I \rightarrow P = U \cdot I = R \cdot I^2$ $U = R \cdot I$
- výkon $\sim I \rightarrow p = u \cdot i = R \cdot i^2$ $u = R \cdot i$
se mění $p = R \cdot I_m^2 \sin^2 \omega t$
- $P_m = R \cdot I_m^2$ amplituda výkonu
- práce za Δt $\Delta W = p \cdot \Delta t$
- celková práce $W = \sum \Delta W$
- efektivní hodnoty $I = 0,707 I_m \dots$

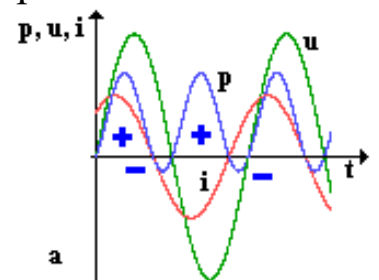


- **činný výkon střídavého proudu**

- odpovídá el. energii dodané zdrojem, která se v obvodu za jednotku času mění v teplo nebo v užitečnou práci.

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

- $\cos \varphi$ – účinník – udává účinnost přenosu energie ze zdroje $\sim I$ do spotřebiče
- časový diagram výkonu v obvodu $\sim I$
- zdánlivý výkon – max. možný $P = U \cdot I$



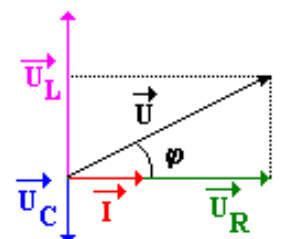
- **složený obvod střídavého proudu**

- obvod RLC
- reaktance
- impedance
- fázový rozdíl
- Thomsonův vztah

$$X = X_L - X_C$$

$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

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



- **usměrňovač**

- mění $\sim U$ na $= U$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$$

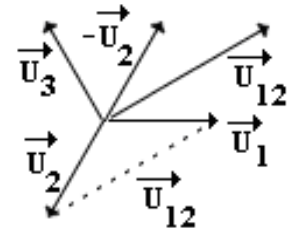
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- **zesilovač**

STŘÍDAVÝ PROUD V ENERGETICE

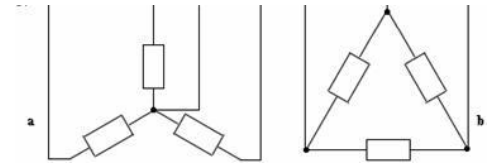
- **generátor střídavého proudu**

- primární zdroje
- alternativní zdroje
- generátory
- princip
 - rotor
 - stator
- trojfázový alternátor
- Fázový diagram
-



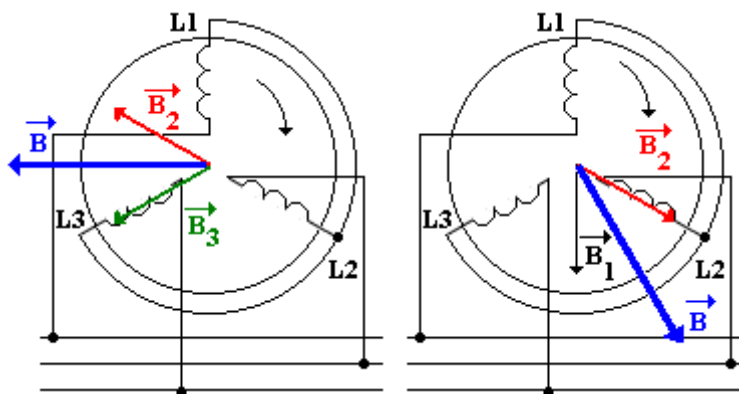
- **trojfázová soustava střídavého napětí**

- fázové x sdružené napětí
- zapojení do hvězdy x do trojúhelníka



- **elektromotor na trojfázový proud**

- stator - 3 cívky spojené do hvězdy nebo do trojúhelníka
- rotor - klecová kotva klec ze silných hliníkových tyčí vše spojených Al prstencem (žádné přívodní vodiče)



- **transformátor**

- jednofázový transformátor
- transformace nahoru x dolů

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k \quad \begin{cases} P_1 = P_2 \\ U_1 I_1 = U_2 I_2 \end{cases}$$

- **přenos elektrické energie**

- Dálkový přenos se uskutečňuje při vysokém napětí (110 kV, 220 kV, 400 kV).
- Vlivem ztrát se přenášený výkon snižuje o hodnotu $P = I^2 \cdot R$ (neboť práce $W = I^2 \cdot R \cdot t$ se mění ve vodiči v Joulovo teplo),

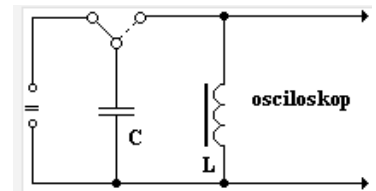
22. ELEKTROMAGNETICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

- **elektromagnetický oscilátor**

- je elektrický obvod, v němž jsou sériově zapojeny C a L

- **perioda kmitání elmg. oscilátoru**

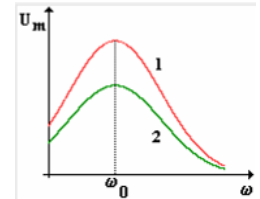
- vlastní kmitání – zanedbáme-li odpor obvodu, závisí T jen na parametrech C a L
- nezávisí na podmínkách, za nichž bylo kmitání vzbuzeno
- napětí na kondenzátoru určuje amplitudu U_m



$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

- **nucené kmitání elektromagnetického oscilátoru**

- vzniká připojením elmg. oscilátoru ke zdroji harmonického napětí
- oscilátor kmitá s frekvencí připojeného zdroje
- je netlumené
- $\rightarrow \omega_0 = \omega$, nastává rezonance elmg oscilátoru rezonanční křivka



- **vznik elektromagnetického vlnění**

- elmg. oscilátor je zdrojem elmg. vlnění.
- energie elmg. oscilátoru nepřechází do okolí.
- abychom ji mohli přenášet ke spotřebiči, potřebujeme dva vodiče
- rovnice postupného vlnění

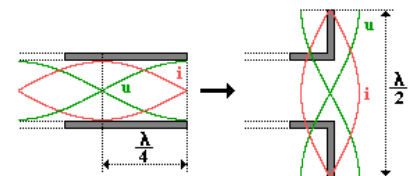
$$u = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

- **elektromagnetická vlna**

- Při přenosu elmg. energie dvou vodičovým vedením vzniká v prostoru mezi vodiči časově proměnné silové pole, které má složku elektrickou a magnetickou,.
- Energie není přenášena samotnými vodiči, ale elmg polem mezi nimi.
- Tento děj má charakter vlnění.
- Jestliže se energie na konci pohltí (spotřebuje)
 - pak se jedná o postupnou elmg. vlnu
 - proud je ve fázi s napětím
- Jestliže se veškerá energie na konci nepohlí – (vedení naprázdno)
 - nastává odraz vlnění
 - odražené vlnění se skládá s postupujícím a vzniká vlnění stojaté
 - ($R \rightarrow \infty$), $u = U_m$, $i = 0$ kmitna napětí / uzel proudu

- **elektromagnetický dipól**

- Rozevřeme konce dvou vodičového vedení o délce $\lambda/4$ do směru kolmého k vedení.
- Dipól vyzařuje energii a ta se elmg. vlněním přenáší do prostoru



- **vlastnosti elektromagnetického vlnění**

- E B c – příčné vlnění
- lineárně polarizované
- odraz a ohyb
- vliv prostředí na délku vlny
- šíření v prostoru

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

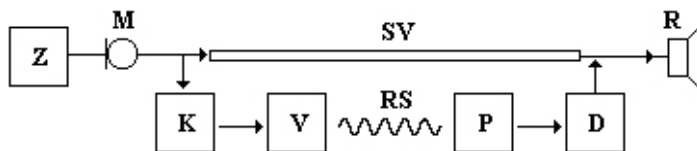
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

- **elektromagnetická interakce**

PŘENOS INFORMACI ELEKTROMAGNETICKÝM VLNĚNÍM

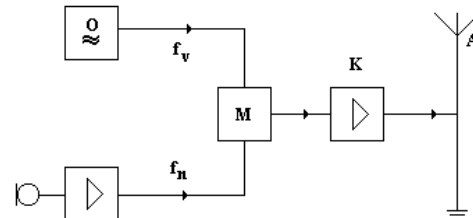
- **sdělovací soustava**

- zdroj
- mikrofon
- sdělovací vedení – kabel
- radiokomunikační soustava – bezdrátový přenos
- kódování K - převod daného elmg signálu na signál vhodnější k přenosu (v současnosti se používá modulace zprávy).

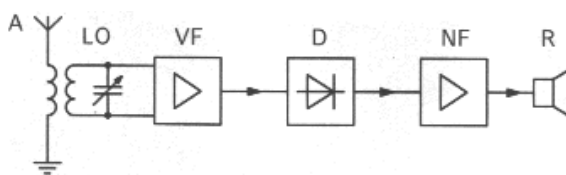


- **vysílač V** - vysílá kódované elektromagnetické vlnění

- modulátor
- **amplitudová** - nízkofrekvenčním signálem se mění amplituda vysokofrekvenčních kmitů a vzniká výsledný modulovaný signál
- **frekvenční** - VKV amplituda nosných kmitů je konstantní a mění se jejich frekvence
- **Koncový stupeň vysílače K** zesiluje modulovaný vysokofrekvenční signál tak, aby měl potřebný výkon.
- **Vysílací anténa A** (půlvlnný dipól) vyzářuje signál do prostoru. Napětí má na koncích dipólu kmitnu, proto je nutné patu stožáru oddělit od země porcelánovým izolátorem



- **příjímač P** - přijímá vyslané elektromagnetické vlnění



- **demodulace D** - signál je přeměněn na původní zprávu v podobě elektrického signálu

- reproduktor

23. VLNOVÉ VLASTNOSTI SVĚTLA

- **světlo jako elektromagnetické vlnění**

- barva, vlnová délka, frekvence
- šíření světla – absorpce, rozptyl,
- optická prostředí
- zdroje světla
- vlnoplocha, paprsek – princip nezávislosti chodu světelných paprsků
- disperze – závislost rychlosti světla na frekvenci, rozklad světla na složky
- míchání barev – aditivní RGB, subtraktivní CMYK

- **interference světla**

- koherentní vlnění – stejné f ,
 $\Delta\varphi$ se v daném místě nemění
- skládání vlnění
- Youngův pokus
- interferenční maximum a minimum

$$\Delta l = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda$$

$$\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

- **interference světla na tenké vrstvě**

- odražené od horního a dolního rozhraní (na hustším prostředí – opačná fáze,...)
- interferenční maximum a minimum
- Newtonova skla, Newtonovy kroužky

- **interference světla v praxi**

- hologram 1947

- **ohyb světla - difrakce**

- vlnění dostává i do oblasti geometrického stínu
- ohyb světla na hraně a na štěrbině
- rozložení maxim a minim

- **ohyb světla na optické mřížce**

- difrakční mřížka
- ohyb na dvou štěrbinách
- ohybový obrazec – širší maxima a minima, v nich světlé a tmavé proužky,

$$\Delta s = b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

- **polarizace světla**

- E kmitá kolmo ke směru šíření,
nepolarizované – kmitá náhodně v rovině
polarizované – kmitá v přímce
- možnosti polarizace
odrazem ($E \perp$ k rovině dopadu) a lomem ($E \parallel$ s rovinou dopadu)
dvojlomem – v anizotropním krystalu – řádný a mimořádný pap.
polaroidem – analyzátor, polarizátor
- využití v praxi
3D kina, filtry k fotoaparátům
fotoelasticimetrie, brýle pro rybáře
LCD monitory

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

24. ZOBRAZOVÁNÍ OPTICKÝMI SOUSTAVAMI

- zákon přímočarého šíření světla
- princip nezávislosti světelných paprsků
- zákon záměnnosti světelných paprsků

- **odraz a lom světla**

- index lomu
- opticky hustší a řidší prostředí, lom ke a od kolmice
- Snellův zákon lomu
- zákon záměnnosti paprsků

$$n = \frac{c}{v} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- **úplný odraz světla** – při lomu od kolmice

- mezní úhel dopadu
- refraktometr
- využití - optická vlákna, (fata morgána)

$$n_1 \cdot \sin \alpha_m = 1 \rightarrow \sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}$$

- **optické zobrazení**

- předmět, obraz (skutečný, zdánlivý), optické zobrazení
- optická soustava
- předmětový a obrazový prostor

- **zobrazení rovinným zrcadlem**

- konstrukce obrazu

- **zobrazení kulovým zrcadlem**

- duté vypuklé
- parciální paprsky
- 3 významné paprsky
- vlastnosti obrazu
- znaménková konvence

y, f, a, a' – pokud jsou před zrcadlem, jsou vždy kladné

- příčné zvětšení

- **zobrazovací rovnice kulového zrcadla**

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

- **čočky**

- spojky a rozptylky – druhy: ploskovypuklá, dvojdutá, ...
- vady čoček – otvorová, barevná, astigmatismus

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} = -\frac{a' - f}{f} = -\frac{f}{a - f}$$

- **zobrazení tenkou čočkou**

- ohnisková vzdálenost
- optická mohutnost
- konstrukce obrazu – 3 paprsky

$$\varphi = \frac{1}{f}$$

- **oko**
 - spojná optická soustava s měnitelnou ohniskovou vzdáleností
 - tyčinky (světlo), čípky (barvy)
 - žlutá a slepá skvrna
 - akomodace oka, vzdálený a blízký bod
 - konvenční zraková vzdálenost
 - vady oka – krátkozrakost, dalekozrakost, astigmatismus
- **subjektivní optické přístroje**
 - lupa, mikroskop,
 - dalekohled, (refraktor)
- **objektivní optické přístroje**
 - fotoaparát
 - ohnisková vzdálenost, světelnost

25. ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ, KVANTOVÁ FYZIKA

• přehled elektromagnetického záření

- nízkofrekvenční – výboje, el. obvody
- rozhlasové – amplitudová modulace, oscilátory, použití, rozdělení
- TV s vysokou f – frekvenční modulace
- mikrovlny – tepelné zdroje
- IR – tělesa s vyšší teplotou než okolí, využití – dalekohledy,...
- viditelné
- UR – Slunce, rtuťové výbojky, vlastnosti – ničí mikroorganismy,...
- RTG měkké (brzděné) 1895 NC – v el. obalu, jiskry..
- RTG tvrdé (charakteristické) – v jádře atomu (čárové spektrum), vlastnosti – ionizační účinky, pohlcováno v závislosti na Z
- gama – reakce elementárních částic

• přenos energie zářením

▪ fotometrie

- světelný tok Φ - lumen
- svítivost I - kandela
- osvětlení E – lux

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}$$

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta S}$$

$$E = \frac{I \cos\alpha}{r^2}$$

▪ radiometrie

- zářivá energie E_e - J
- zářivý tok Φ_e – W
- zářivost I_e - $W \cdot sr^{-1}$
- intenzita vyzařování M_e – Wm^{-2}

$$\Phi_e = \frac{\Delta E_e}{\Delta t}$$

$$I_e = \frac{\Delta\Phi_e}{\Omega}$$

$$M_e = \frac{\Delta\Phi_e}{\Delta S}$$

• elektromagnetické záření látek

- **emisní** spektrum - soubor frekvencí elmg. záření vyzařovaného látkou
 - čárové - plyny a páry prvků při vysokých teplotách (výboji)
elektrony získávají energii, přeskočí na vyšší hladinu
 - pásově - zářící molekuly látek
 - spojité - pevné nebo kapalné látky
- **absorpční** - spektrum světla, které látka pohlcuje
nemusíme vzorek látky rozžhavit na velmi vysokou teplotu
- obrácení spektra
- spektrum slunečního záření, Fraunhoferovy čáry
- spektrální analýza

• záření černého tělesa

- realizace ČT

▪ Stefan–Boltzmannův zákon

$$M_e = \sigma T^4$$

- intenzita vyzařování je úměrná 4 mocnině T
- σ – Stefan–Boltzmannova konstanta $5,67 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$

▪ Wienův posunovací zákon

- maximum spektrální intenzity vyzařování připadá na vlnovou délku λ_{max}
- s rostoucí T se maximum posouvá ke kratším vlnovým délkám
- žárovka – s $\uparrow T$ svítí červeně, oranžově, bíle
- b – Wienova konstanta $2,9 \cdot 10^{-3} m \cdot K$

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

- **Plancka teorie**

- Energie elektromagnetického záření může být vyzařována

$$E = hf$$

- nebo pohlcována jen po celistvých kvantech energie E

- h – Planckova konstanta $6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s.

$$H_\lambda = \frac{\Delta M_e}{\Delta \lambda}$$

- Spektrální hustota intenzity vyzařování:

- **fotoelektrický jev**

- vnitřní a vnější – podmínky vzniku

$$E = h \cdot f = W_v + E_k$$

$$E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda}$$

- zákony fotoefektu

- v elektronů nezávisí na intenzitě, ale na f a materiálu katody

- **Comptonův jev** (potvrdil existenci fotonů.)

- je pružný rozptyl fotonů RTG záření na volných elektronech

- **dualismus světla, fotony**

- ve vakuu se pohybují rychlostí c

- klidová hmotnost je nulová, mají energii

- mají hybnost

$$p = \frac{h}{\lambda} = h \frac{f}{c} = m \cdot c$$

26. SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY

- prostor a čas v klasické mechanice

- IVS, NVS
- skládání rychlostí
- Galileův mechanický princip relativity
- relativnost trajektorií
- souměrnost a současnost

- vznik speciální relativity

- lze zjistit v IVS její rovnoměrný přímočarý pohyb?
- rychlost světla?
- Romer, Huygens, Fizeau, Michelson
- éter

- základní principy STR

- Einsteinovy postuláty
- princip relativity
- princip stálé rychlosti světla

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

- relativnost současnosti

- Einsteinova definice současnosti
- Lorentzova transformace

- dilatace času

- světelné hodiny
- Hodiny H' pohybující se vzhledem k pozorovateli jdou pomaleji než hodiny H, které jsou vzhledem k tomuto pozorovateli v klidu.

- kontrakce délek

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

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u' \cdot v}{c^2}}$$

- skládání rychlostí ve STR

▪

- základní pojmy relativistické dynamiky

- relativistická hmotnost, ZZH
- relativistická hybnost, ZZH

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

- vztah mezi energií a hmotností

- při každé změně celkové energie soustavy se mění také její hmotnost

- Albert Einstein

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

27. FYZIKA ATOMOVÉHO OBALU

- základní pojmy mikrosvětla

- modely atomu

- Thomsonův model
- Rutherfordův model
- molekuly a atomy, složení jádra, porovnání hmotnosti, kvarky
- vazebná energie (kladná, záporná), hmotnostní úbytek

- pohyb v mikrosvětě

- Planckova kvantová hypotéza
- fotoelektrický jev – vnitřní, vnější $E = h \cdot f = W_v + E_k$
 - zákony fotoefektu
 - v nezávisí na E, ale jen na f a materiálu katody
 - mezní f pro každý kov
 - I je přímo úměrný E – intenzitě záření
- Einsteinova teorie fotoefektu (1921 NC)
- Elmg. vlna se chová jako proud částic – světelných kvant – fotonů.
 - ve vakuu se pohybují rychlostí c
 - klidová hmotnost je nulová mají energii $E = h \cdot f = h \frac{c}{\lambda}$ $p = \frac{h}{\lambda} = h \frac{f}{c} = m \cdot c$
 - mají hybnost
- Comptonův jev (potvrdil existenci fotonů.)
 - je pružný rozptyl fotonů RTG záření na volných elektronech
- vlnové vlastnosti částic
 - Schrodingerův model - hustota pravděpodobnosti výskytu
 - Heisenbergův princip neurčitosti
- kvantová mechanika

- atomová fyzika

- kvantová energie atomů - stav je popsán **kvantovými čísly**
 - hlavní n - energii a velikost orbitalu n = 1,2,3, slupky KLMN
 - vedlejší l - tvar orbitalu l = 0,1,2,..., n-1
 - magnetickém - prostorovou orientaci m = 0, +-1,... +-l (2l+1)
 - spinové magnetické ms - zdvojnásobuje počet kv. stavů ms = +-0,5
- atom vodíku – Bohrův model
 - atom je stabilní soustava + -
 - elektron se může pohybovat bez vyzařování jen po určitých drahách,
 - Atom se nachází se v tzv. kvantových stacionárních stavech. Při přechodu ze st. stavu o energii E_n do stavu o nižší energii E_m atom vyzáří foton o frekvenci $h \cdot f_{nm} = E_n - E_m$
- periodická soustava
 - Pauliho vylučovací princip
 - Princip minimální energie
 - Elektronová konfigurace
 - Princip nerozlišitelnosti částic
 - chemická vazba
- lasery

28. JADERNÁ FYZIKA

- vlastnosti atomových jader
 - rozměry
 - jaderné síly – pouze přitažlivé
 - vazebná energie jádra – E_j – je energie, kterou je třeba jádru dodat, aby se rozdělilo na jednotlivé nukleony
 - vazebná energie na jeden nukleon
 - závislost e_j na nukleonovém čísle
- radioaktivita
 - radionuklidy
 - druhy záření
 - Aktivita A
 - Zákon radioaktivní přeměny
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$
 - Rozpadové řady
 - umělá radioaktivita
- jaderné reakce
 - endoenergetické, exoenergetické
 - zákon zachování, energie, hmotnosti, náboje, počtu nukleonů
 - 1. jaderná JR 1919
$${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$$
 - objev neutronu 1930
$${}^9_7\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$$
 - řetězová JR
- jaderná energetika
 - 1. jaderný reaktor – 1942 – Chicago
 - Jaslovské Bohunice, Dukovany, Temelín
 - jaderná elektrárna –
 - palivo v aktivní zóně,
 - neutrony zpomalovány v moderátorech,
 - energie odváděná chladičem,
 - řízení pomocí regulačních tyčí
- využití radionuklidů a ochrana životního prostředí

FYZIKA ČÁSTIC

- detektory částic - experimentální metody výzkumu částic
- urychlovače
- systém částic
 - leptony
 - hadrony – mezony (bosony 1) a baryony (fermiony 1/2)
- interakce mezi částicemi
 - silná S
 - elektromagnetická E
 - slabá W
 - gravitační G

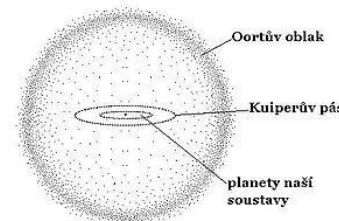
29. ASTROFYZIKA (nepovinný bonusový přehled ☺)

• zákony astrofyziky

- Keplerovy, Newtonův gravitační
- kosmické rychlosti
- vzdálenosti AU, ly, paralaxa

• sluneční soustava

- Slunce
 - radiační zóna, oblast konvekce
 - fotosféra, chromosféra, koróna
 - sluneční skvrny
 - spikule, protuberance, erupce, sluneční vítr
- planety
 - rotace planet
 - rozdělení planet
- Měsíc – librace měsíce, slapové jevy, zatmění
- planetky a meteority
- komety
 - jádro, koma, ohon
 - krátkoperiodické <200 let, dlouhoperiodické, jednonávratové
- Kuiperův pás, Oortův oblak, heliopauza,
- dějiny sluneční soustavy
 - 1957 – Sputnik první umělá družice Země – SSSR
 - Sputnik 2 se psem Lajkou na palubě
 - 1961 – Jurij Gagarin na oběžné dráze Země
 - 1969 – Apollo 11 – přistání na Měsíci – USA
- umělé družice - využití



• hvězdy, fyzikální charakteristiky hvězd

- základní pojmy hvězdné astronomie
 - vzplanuly termonukleární reakce
 - mají kulovitý tvar, ve kterém je udržuje gravitace
- charakteristiky hvězd
 - vnitřní – centrální teplota a tlak
 - vnější – relativní a absolutní
 - hmotnost, hvězdná velikost (magnituda), zářivý výkon,
 - povrchová teplota OBAFGKM
 - vzdálenost, poloměr, rychlost pohybu, chemické složení

• HR diagram

- Hertzsprungův – Russellův – popis
 - vodorovná osa – teplota, (spektrální třídy)
 - svislá osa – zářivý výkon
 - hlavní posloupnost
 - obři, veleobři, bílí trpaslíci

• vznik a vývoj hvězd

- Hvězdy vznikají z oblaku složeného z molekulárního H, menšího množství He a ze stop jiných prvků

- Podmínky pro vznik hvězd v mezihvězdném oblaku:
 - Oblak musí
 - a) být stlačován
 - b) ztratit nadbytečnou tepelnou energii
 - c) snížit rychlost své rotace
- proměnné hvězdy
- supernova, nova
- závěrečná stádia
 - bílý trpaslík, neutronová hvězda
 - pulsary, černá díra >2Ms
- hvězdokupy - jsou soustavy hvězd spolu fyzikálně souvisejících mající společný původ a řadu vlastností
 - původní chemické složení, společný pohyb prostorem atd.
- kulové hvězdokupy a otevřené hvězdokupy

- **galaxie**

- systém hvězd vázaný vzájemnou gravitací složek (mezihvězdného prachu, mezihvězdného plynu, nezářivé hmoty)
- Rozdělení – Hubbleovo schéma: spirální, eliptické, spirální s příčkou
- **Hubblův zákon (rudý posuv)**
- čím jsou galaxie dál, tím rychleji se od nás vzdalují

- **naše galaxie**

- Mléčná dráha – spirální s příčkou
- průměr 90 000 ly
- T = 220 mil let
- galaktické halo – staré hvězdokupy, koróna, spirální ramena, výduť – staré hvězdy

- **struktura a vývoj vesmíru**

