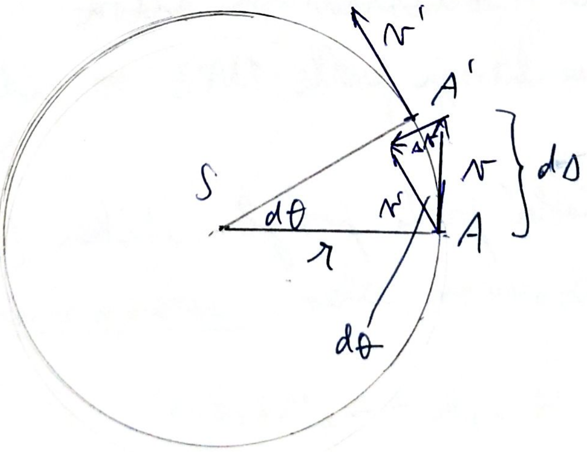
Kinematika - 1

- klid a pohyb jsou relativní
- dráha a trajektorie
- dělení pohybů

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow v = a \cdot t + v_0 \Rightarrow s = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + s_0$$

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

- volný pád - $v_0 = 0$, vakuum, $\vec{g}$ má svislý směr
- pohyb po kružnici
  - úhlová dráha φ (průvodič)
  - úhlová rychlost $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
  - T, f
  - $\left.\begin{array}{l} v = 2\pi r \cdot f \\ \omega = 2\pi \cdot f \end{array}\right\} v = \omega r$
  - a_d



$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta s}{r}$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{r} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\underline{\underline{a_d = \frac{v^2}{r}}} = \omega^2 r$$

Dynamika – 2

- izolovaný hmotný bod, soustava těles
- inerciální (klid, rovnoměrný přímočarý), neinerciální vztažné soustavy
- NPZ
- hybnost $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

$\vec{F} = m \cdot \ddot{\vec{r}}(t)$ pohybová rovnice

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{dp}{dt} \Rightarrow \vec{F}\Delta t = \Delta p$$

impulz síly

- ZZH $\vec{p} = \vec{p}_0$: 3.NPZ: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \Rightarrow \Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2 \Rightarrow \vec{p}_{10} - \vec{p}_1 = -(\vec{p}_{20} - \vec{p}_2)$

- Odporové síly
  - tlaková síla $F_n = F_G \cos\alpha$ (síla, kterou těleso působí kolmo na podložku)
  - třecí síla $F_t = f \cdot F_n$
  - smykové tření
  - valivý odpor $F_v = F_n \cdot \frac{\xi}{r}$ rameno valivého odporu ksí
  - dostředivá síla $\vec{F}_d = m \cdot \vec{a}_d$ $a_d = \frac{v^2}{r}$

A působí na B dostředivou silou

$\Rightarrow$ B působí na A odstředivou silou

$\Rightarrow$ věci v B se chovají podle 1.NPZ $\Rightarrow$ cítí „odstředivou" sílu

$\Rightarrow$ sílu setrvačnosti

$|\vec{F}_{s}| = |\vec{F}_d|$

$\vec{F}_t, \vec{F}_v$ působí proti pohybu tělesa (opačný směr)

Mechanika tuhého tělesa - 3

- dokonale tuhé těleso
- pohyby tuhého tělesa < translace - všude stejná v / rotace - všude stejná ω
- těžiště = působiště výsledné F_G

• **moment setrvačnosti** J - vyjadřuje míru setrvačnosti při rotaci

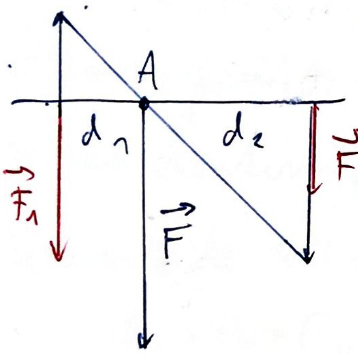
- hmotného bodu: $J = \frac{1}{2} m r^2$ Steinerova věta: $J = J_0 + m d^2$
- celková E_K při rotaci: $E_K = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} m_i \omega^2 r_i^2 = \frac{1}{2}\omega^2 \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 = \underline{\underline{\frac{1}{2} J \omega^2}}$

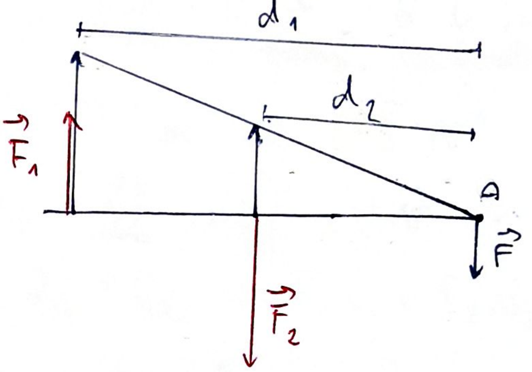
• **moment síly** M - vyjadřuje otáčivý účinek síly na těleso

- rameno síly d $\Rightarrow$ $M = F \cdot d$ $[M] = Nm$
- směr M $\rightarrow$ PPR
- momentová věta: pokud celková $M = 0$, pak otáčivý účinek není

• **kladky** - pevná, volná, jednoduchý kladkostroj

• **skládání sil**





M v bodě A je roven 0

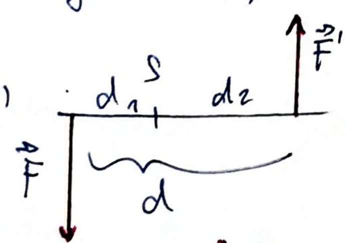
$\Rightarrow M_1 = M_2$

$F_1 d_1 = F_2 d_2$

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

• **M dvojice sil opačného směru** - nelze nahradit jednou silou

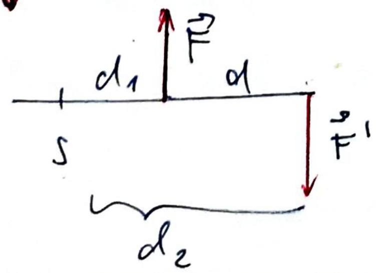
1,



$M = M_1 + M_2 = F d_1 + F d_2 = F d$

$\underline{\underline{M = Fd}}$

2,



$M = |M_1 - M_2| = |F d_1 - F d_2| = F|d_1 - d_2| = Fd$

Práce a energie - 4

- $W = F \cdot s \cdot \cos\alpha = \int_0^s \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_0^t \vec{F} \cdot \vec{v}\, dt$; $W < 0$, $W > 0$
- $W = F \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} m v^2$; $W = \Delta E_K$ pokud $v_0 \neq 0$
- práce x energie
- tíhová potenciální energie - volný pád z h_1 do h_2

  $W = F_G \cdot s = m \cdot g(h_1 - h_2) = \Delta E_p \Rightarrow E_p = mgh$
- nulová potenciální hladina

  ZZME ~ 1.T.Z.
- průměrný výkon $P = \frac{W}{t}$
- okamžitý výkon $P = \frac{dW}{dt}$
- účinnost $\eta = \frac{P}{P_0}$ $P_0 = \frac{E}{t}$
- energie pružiny

  $F = -ky \Rightarrow W = \int_0^y ky\, dy = \frac{1}{2} k y^2$

Mechanika kapalin a plynů - 5

- kapaliny, ideální kapalina a plyn, viskozita
- tlak v kapalinách $p = \frac{F}{S}$, F působí kolmo
- Pascalův zákon + hydraulické zařízení $p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$
- hydrostatická tlaková síla 3NPZ

$$F_h = G = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g = S \cdot h \rho g \Rightarrow p_h = h \rho g$$

- hydrostatické paradoxon - nezáleží na objemu → stejný p_h
- atmosférická tlaková síla 3.NPZ

$\Rightarrow p_a = \frac{F_a}{S}$ (různá ρ vzduchu)

- Torricelliho pokus - p_a pomocí rtuťového sloupce $\Rightarrow p_a = h \overset{\text{rtuť}}{\rho} g$
- vztlaková síla + Archimédův zákon

$$F_{vz} = F_{h_2} - F_{h_1} = S \rho g h_2 - S \rho g h_1 = S \rho g h = \underbrace{V \cdot \overset{\text{kapalina}}{\rho}}_{m} \cdot g = m \cdot g = G$$

- proudění ideální x reálné kapaliny
  - ↳ laminární, turbulentní proudění
  - ↳ $F_{od} = \frac{1}{2} C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$ ↳ proudnice
- objemový průtok $Q_V = \frac{dV}{dt} = \frac{S\,ds}{dt} = S \cdot v$
- rovnice kontinuity $Q_{V_1} = Q_{V_2} \Rightarrow S_1 v_1 = S_2 v_2 \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}$
- Bernoulliho rovnice + $E_p = F \cdot s = p \cdot S \cdot s = p \cdot V$

$$E_k + E_p + E_G = konst$$

$$\frac{1}{2} m v^2 + pV + mgh = konst \Rightarrow \frac{1}{2} V \rho v^2 + pV + V \rho g h = konst$$

pro jednotkový objem $\Rightarrow \frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho g h = konst.$

- hydrodynamické paradoxon $\uparrow v \Rightarrow \downarrow p$
- (vodní vývěva)
- výtoková rychlost $E_p = E_k \Rightarrow pV = \frac{1}{2} m v^2$

$$h \rho g V = \frac{1}{2} \rho V v^2$$

výška hladiny

$$hg = \frac{1}{2} v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

Gravitační pole a pohyby v něm - 6

- Newtonův gravitační zákon $F_g = G\cdot\frac{m_1 m_2}{r^2}$
- <u>centrální gravitační pole</u>
  - intenzita gravitačního pole $K = \frac{F_g}{m} = G\cdot\frac{M}{r^2}$
  - kruhová rychlost $F_g = F_d \Rightarrow G\frac{mM}{r^2} = m\cdot\frac{v_K^2}{r} \Rightarrow v_K = \sqrt{G\frac{M}{r}}$
    - 1. KR = 7900 m/s
- Keplerovy zákony: 2. plošná rychlost je konstantní 3. $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3$
- <u>homogenní gravitační pole</u> - všude stejné vlastnosti
  - tíhové zrychlení $\vec{F}_G = \vec{F}_g + \vec{F}_{od} \Rightarrow \vec{g} = \frac{\vec{F}_G}{m}$
  - tíhová síla = síla, kterou Země působí na těleso na jejím povrchu
  - tíha = síla, kterou těleso působí na podložku / závěs
- <u>šikmý vrh</u>

$v_x = \cos(\alpha)\cdot v_0 \Rightarrow x = \cos(\alpha)\cdot v_0 t$

$v_y = \sin(\alpha)\cdot v_0 - g\cdot t \Rightarrow y = h + \sin(\alpha) v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

- svislý vrh dolů → $\alpha = \frac{3}{2}\pi$
- svislý vrh vzhůru → $\alpha = \frac{\pi}{2}$
- vodorovný vrh → $\alpha = 0$
- volný pád → $\alpha = \frac{3}{2}\pi$, $v_0 = 0$

Molekulární kinetická teorie látek - 7

- kinetická teorie látek
  - diskrétní struktura
  - tepelný pohyb
  - vnitřní potenciální energie
- atomová hmotnostní konstanta $m_u = \frac{1}{12} m({}^{12}_{6}C)$

  $A_R = \frac{m_a}{m_u}$ $M_R = \frac{m_m}{m_u}$
- Avogadrova konstanta N_a = počet částic v 1 molu látky

  $n \cdot N_a = N$ $M_m \cdot n = m$ $V_m \cdot n = V$ $V_m \doteq 22,4\ l/mol$ - plyny

  $\rightarrow M_m = \frac{1}{n} \cdot m = \frac{N_a}{N} \cdot N \cdot m_m = N_a \cdot m_u \cdot M_R \doteq M_R \cdot 10^{-3}\ kg \cdot mol^{-1} = M_R\ g \cdot mol^{-1}$
- struktura látek → vnitřní $E_K \times E_P$
- termodynamická soustava, stavové veličiny
  - vnější: m, V, U, n
  - vnitřní: T, p, ρ
- vnitřní energie tělesa $U = E_K + E_P$
- teplota: $t\ (0°, 100°)$ $T(T_r = 0{,}01\,°C = 273{,}16\,K)$ $\{T\} = \{t\} + 273{,}15$
- tepelná výměna + teplo $|\Delta U_1| = |\Delta U_2|$
- tepelná kapacita tělesa: $Q = C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$
- kalorimetr $|\Delta U_1| = |\Delta U_2| \Rightarrow C_K \Delta T + c_2 m_2 \Delta T = c_1 \cdot m_1 |\Delta T|$ těleso
- tepelná vodivost $Q \sim \lambda, S, \Delta T, t$. $Q \sim \frac{1}{d}$
- přenos vnitřní E - záření, vedení, proudění
- 1.TZ $\Delta U = W + Q$

Struktura a vlastnosti plynného skupenství - 8

- ideální plyn
- celková E_k plynu $\Rightarrow$ střední kv. rychlost $v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ k = Boltzmanova k.
- fluktuace tlaku plynu
- objemová hustota částic $N_V = \frac{N}{V} \Rightarrow p = \frac{1}{3} N_V \cdot m_0 v_k^2$
- stavová rovnice ideálního plynu $p \cdot V = k \cdot N \cdot T = n \cdot R \cdot T$
- stálá hmotnost $\Rightarrow \frac{pV}{T} = konst.$
- polytropický děj - vše se mění
- izotermický - $p \cdot V = konst$; $\Delta U = 0 \Rightarrow Q_T = W'$
- izochorický - $\frac{p}{T} = konst$; $W = 0 \Rightarrow \Delta U = Q_V = c_V m \Delta T$
- izobarický - $\frac{V}{T} = konst$; $\Delta U = W + Q_p = W + c_p m \Delta T$
- adiabatický - $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = W$; $\varkappa = \frac{c_p}{c_V} \Rightarrow p \cdot V^{\varkappa} = konst$
- práce vykonaná plynem

$$W' = F \cdot \Delta s = p \cdot S \cdot \Delta s = p \cdot \Delta V = \int_{V_1}^{V_2} p \, dV$$

- kruhový děj - konečný stav = počáteční stav $V \uparrow$ $W' > 0$
  - $\rightarrow$ uzavřená křivka $\rightarrow$ práce vykonaná plynem = obsah obrazce $V \downarrow$ $W' < 0$
- účinnost kruhového děje

$$T_1 = T_2 \Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow W' = Q = Q_1 - Q_2 \Rightarrow \eta = \frac{W'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

- Carnotův cyklus = 2 izotermy + 2 adiabaty $\Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$
- 2. TZ

Struktura a vlastnosti kapalin a pevných látek - 9

- pevné látky - krystalické, amorfní
- ideální krystalická mřížka → krychlová soustava, mřížkový parametr
- prostá el. b., plošně centrovaná, prostorově centrovaná
- poruchy - vakance, intersticiální poloha, příměsi
- deformace - pružné + elastické
  - ↳ tahem, tlakem, ohybem, kroucením, smykem
- síly pružnosti
- normálové napětí $\sigma_n = \frac{F_p}{S}$; σ_E mez pružnosti ; σ_p pevnosti ; koeficient bezpečnosti $k = \frac{\sigma_n}{\sigma}$
- Hookův zákon pro pružnou deformaci v tahu : $\sigma \sim \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1}$
  - ↳ Jangův modul E ⇒ $\sigma_n = E \cdot \varepsilon$
- teplotní roztažnost $l = l_1(1 + \alpha \Delta t)$
- objemová $V = V_1(1+\alpha\Delta t)^3 \approx V_1(1+3\alpha\Delta t)$ $3\alpha = \beta$
- změna hustoty $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_1(1+\beta\Delta t)} = \frac{m(1-\beta\Delta t)}{V_1(1-\beta^2\Delta t^2)} \approx \rho_1(1-\beta\Delta t)$

- $V = V_1(1+\beta\Delta t)$ $\rho = \rho_1(1-\beta\Delta t)$
- anomálie vody $(0° - 4°)$
- povrchová vrstva kapaliny
- povrchové napětí $\sigma = \frac{F}{l}$ F = povrchová síla l = délka okraje blány
- jevy na rozhraní pevného tělesa a kapaliny
  - stykový úhel, kapilární tlak → u kulového povrchu $p_k = \frac{2\sigma}{R}$
  - kapilární jevy
    - smáčivé → elevace
    - nesmáčivé → deprese
  - výška vystoupání $p_h = p_k$
    $$h\rho g = \frac{2\sigma}{R} \Rightarrow h = \frac{2\sigma}{\rho g R} \cdot \cos\varphi$$ stykový úhel

Skupenské přeměny - 10

- skupenství - pevné, kapalné, plynné, plasma + vlastnosti
- fáze - rozdíly ve stabilitě a krystalické mřížce
- tání (tuhnutí) $Q_1 \rightarrow L_t = m \cdot l_t \rightarrow Q_2$

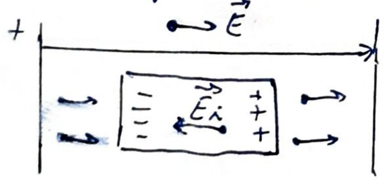
  ↳ závislost t_t na vnějším tlaku: $\uparrow p \rightarrow \uparrow t_t$; regelace
- sublimace - za všech teplot $L_s = m \cdot l_s$
- vypařování
  - z volného povrchu - za všech teplot, různá rychlost $L_v = m \cdot l_v$
  - z celého objemu = var $\rightarrow \uparrow p \rightarrow \uparrow t_v \rightarrow$ papinův hrnec
  - v uzavřené nádobě
    - rovnovážný stav, sytá pára - $p_k = p_p \wedge T_k = T_p$
    - přehřátá, podchlazená pára
- kondenzace
- absolutní vlhkost vzduchu $\Phi = \frac{m}{V}$
- relativní vlhkost vzduchu $\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_m}$
- rosný bod t_r → teplota, při které by byla aktuální Φ maximální (Φ_m)
- fázový diagram

Elektrostatika - 11

- elektrický náboj - stav tělesa, $Q = n\cdot e$, ⊕ ⊖
- coulombův zákon $F_e = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ $\quad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$ permitivita
- elektrické pole
  - radiální
  - homogenní
- veličiny charakterizující el. pole $\qquad \nabla\cdot E = \frac{\rho}{\varepsilon}$
  - intenzita + siločáry $\vec{E} = \frac{\vec{F_e}}{q} = k\cdot\frac{Q}{r^2}$; $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon}$ $\quad [E] = \frac{N}{C} = \frac{V}{m}$
    $\Downarrow$ hom.: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
  - napětí $U = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{F_e d}{q} = Ed$ hom.
  - potenciál $\varphi = \frac{E_p}{q} \Rightarrow \varphi_A - \varphi_B = \frac{\Delta E_p}{q} = \frac{W_{AB}}{q} = U$

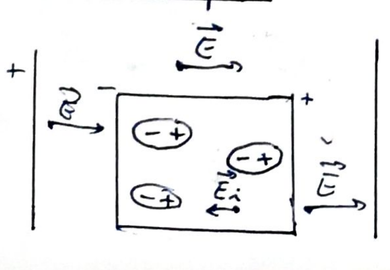
$$\text{rad.} \to \varphi = \frac{1}{q}W = \frac{1}{q}\int_r^\infty F_e\,dr = \int_r^\infty E\,dr = \int_r^\infty k\frac{Q}{r^2}dr = -\frac{kQ}{r}\Big|_r^\infty = k\cdot\frac{Q}{r} = Er$$

- el. pole nabitého vodivého tělesa → Q pouze na povrchu
  - koule → Newtonova věta o slupce E, φ (stejný)
    ↳ $\sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow E = k\frac{Q}{R^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\cdot\frac{4\pi R^2\sigma}{R^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
  - nepravidelné těleso E, φ, $\sigma = \frac{dQ}{dS}$
- elektrická kapacita $Q = C\varphi$ → koule: $C = Q\cdot\frac{R}{kQ} = \frac{R}{k}$
- kondenzátor $Q = C\cdot U$; $Q = S\sigma = S\cdot\varepsilon\cdot E = S\cdot\varepsilon\frac{U}{d} \Rightarrow C = \varepsilon\cdot\frac{S}{d}$
- spojování: p : $Q = Q_1 + Q_2 \to C = C_1 + C_2$ | s .. $U = U_1 + U_2 \Rightarrow \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$
- energie: vybíjení ⇒ U se zmenšuje ⇒ $(W = QU) \Rightarrow E = \int_0^U q\,dU = \int_0^U CU\,dU = \frac{1}{2}CU^2$
- vodič v el. poli - jev elektrostatické indukce



uvnitř vodiče: $\vec{E_v} = \vec{E_i} + \vec{E} = 0$

- nevodič v el. poli - dielektrikum



uvnitř dielektrika: $\vec{E_v} = \vec{E} + \vec{E_i} = E - E_i$

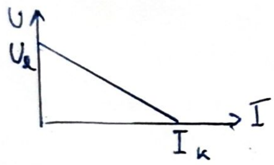
$\Rightarrow \frac{E}{E_v} = \varepsilon_r$ | polarizace dielektrika → natočení dipólů

Elektrický prúd, elektrický obvod - 12

- prúd - dej ; $I=\frac{Q}{t}$ (celkový náboj $\oplus$/$\ominus$) , ampérmetr
- elektrický zdroj - I je podmínen udržováním U
  - vnější část obvodu - svorkové napětí $\rightarrow W=QU$
  - vnitř zdroje - $F_m > F_e$ $\Rightarrow W_Z = U_e Q$ - elektromotorické napětí
- $\emptyset$ spotřebič ($U=U_e$) ; spotřebič $\rightarrow R \rightarrow \downarrow U \Rightarrow U<U_e$
- Galvanické, fotovoltaické články , kap. akumulátoru $C = As \rightarrow mAh$
- ohmův zákon pro část obvodu $I \sim U$; $U=RI$ $[G]$ = Siemens $R=\rho\frac{l}{S}$

  $R=R_1(1+\alpha\Delta t)$ vs polovodiče
- spojování rezistorů $\rightarrow$ p: $I=I_1+I_2 \rightarrow \frac{U}{R}=\frac{U}{R_1}+\frac{U}{R_2}$; s•• $U=U_1+U_2 \rightarrow RI=R_1I+R_2I$

  ↳ rezistor x potenciometr
- ohmův zákon pro uzavřený obvod - zkratový proud



úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje

$IR_i = U_e - \underbrace{U}_{RI} \Rightarrow I(R+R_i)=U_e$ $\quad I_k=\frac{U_e}{R_i}$

- výkon $P=\frac{W}{t}=\frac{UQ}{t}=\frac{UIt}{t}=UI$

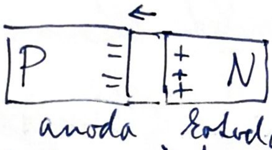
  $P_0=U_eI$ $\quad \eta=\frac{U}{U_e}=\frac{R}{R+R_i}$
- Kirchhoffovy zákony
  - elektrické sítě - uzel, větev smyčka
  - I.KZ: $\sum_i I_i = 0$ $\quad$ určím orientaci smyčky a uzlu $\Rightarrow$ rovnice
  - II.KZ: $\sum_i U_i = \sum_j U_{ej}$

Elektrický proud v polovodičích - 13 $\alpha < 0$

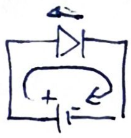
- rezistivita vod << polo << izol   klesá s teplotou $R = R_1(1+\alpha\Delta t)$
- vlastní vodivost polovodičů - Si

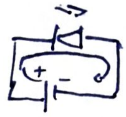
  4e⁻ → generace, rekombinace, pohyb díry
- příměsová vodivost polovodičů - P / Al

  5e⁻ → donor → elektronová vodivost → N (kladné i)

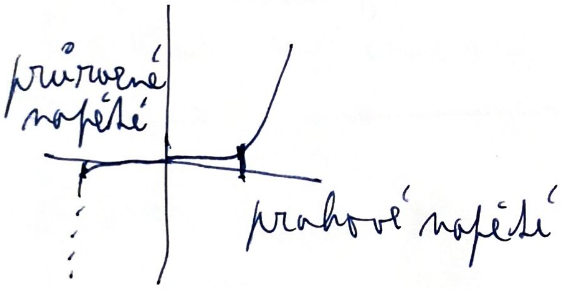
  3e⁻ → akceptor → děrová vodivost → P (záporné i)
- PN přechod  hradlová vrstva

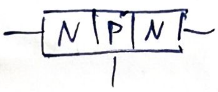
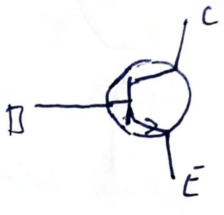
- polovodičová dioda 

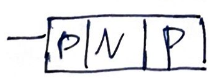
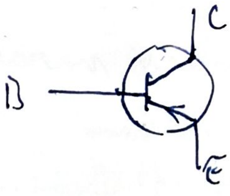
 U přebije PN → ✓

 U podpoří PN → ×

- VA charakteristika pol. diody



- tranzistor  

tranzistorový jev

↓U v obvodu B

se vyvolá ↑U v obvodu C

Elektrický proud v elektrolytech, plynech a vakuu - 14

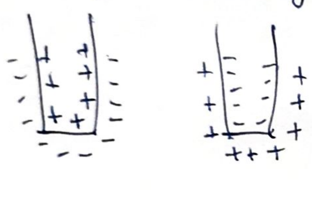
- elektrolyt, elektrolytická disociace $NaCl \to Na^+ + Cl^-$
- **elektrolýza** - katoda ← ⊕ Kov / vodík
  - anoda ← ⊖ kyslík / reakce

1.F.Z. $m \sim Q$ $N = \frac{Q}{z \cdot e} \to m = n \cdot M_m = \frac{N}{N_A} M_m = Q \frac{M_m}{z \underbrace{e N_A}_{F}} = Q \frac{M_m}{zF}$

$m = QA = ItA$

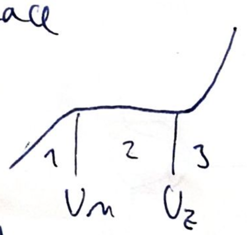
2.FZ $A = \frac{M_m}{zF}$ m různých látek vyloučených stejným Q je chemicky ekvivalentní $(A \sim M_m)$

- a) $I = \frac{U}{R}$ b) $I = \frac{U - U_r}{R}$ $R = \rho \frac{l}{S}$ (VA char. elektrolytického vodiče)
  $\Rightarrow$ rozkladné U_r
- **elektrolytická dvojvrstva**



• stejné el $\to \emptyset U$
• různé el $\to U_e \to$ galvanický článek
$U_r = max(U_e)$

- ionizace plynu, rekombinace
- výboj
- VA char ionizační komory



2) I_n = nasycený proud
3) U_z = zápalné napětí → ionizace nárazem $E_k > E_i$

- **ionizační energie**
  λ = volná dráha e^- $\to E = F_e \cdot \lambda = eU \cdot \frac{\lambda}{d}$ (E. elektronu)
  $W = F_e \cdot d = Q \cdot U \wedge Q = e$
- obloukový výboj (C elektrody), jiskrový výboj, koróna
- $\downarrow p \Rightarrow \downarrow$ částic $\Rightarrow \uparrow \lambda \Rightarrow \uparrow E_e \Rightarrow$ ionizace nárazem za $\downarrow U$
- $p \doteq 10kPa$ - vlnící se světelný proužek
- $p \doteq 100Pa$ - anodový sloupec
  / katodové doutnavé světlo
- $p \doteq 1Pa$ - za K kanálové záření
  za A katodové záření

Magnetické pole - 17

a měnící se elektrické pole

- zdroj = pohybující se nabitá částice - p. magnet, vodič s proudem
- magnetické indukční čáry $N \to S$; $\vec{B}$ $[B] = T$ $\nabla \cdot B = 0$ $B \sim E$
- magnetická síla → Lorentzova síla $\vec{F} = q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B})$
- F_m působící na q v $\vec{B}, \vec{E}$ → $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B}) \Rightarrow F_m = |q| v B \sin\alpha$ FPLR
- m. pole přímého vodiče s proudem - APPR

  pokud $\vec{v} \perp \vec{B}$

  $\Rightarrow \vec{F}_m = \vec{F}_d \Rightarrow r$
- m. síla působící na vodič s proudem v m. poli

  $$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = q\,\frac{\vec{l}}{t} \times \vec{B} = I(\vec{l} \times \vec{B}) \Rightarrow F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$$
- B v okolí přímého vodiče s proudem $B = \mu I \frac{1}{2\pi d}$ permeabilita $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,NA^{-2}$
- vzájemné silové působení dvou vodičů s proudem (rovnoběžných)

  do $\vec{B}_1$ vložím $I_2 \Rightarrow F_m = B_1 I_2 l = \frac{\mu}{2\pi d} I_1 I_2 l$

  → souhlasný směr ⇒ přitažlivá

  → opačný směr ⇒ odpudivá
- magnetické pole cívky APPR pro cívku
  - uvnitř cívky $B = \mu I \frac{N}{l}$ l = délka cívky, N = počet závitů

    jádro cívky

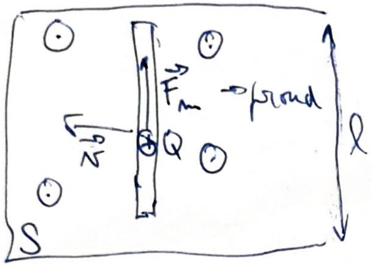
    - diamagnetické látky
    - paramagnetické l.
    - feromagnetické l. - Curieova t.

  ⇒ elektromagnet - měkké (tvrdé) látky
- elektromagnetické relé

Elektromagnetická indukce – 18

- nestacionární magnetické pole – pohybující se vodič / magnet, vodič s $I = I(t)$
- magnetický indukční tok

$$\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = B\cdot S\cdot\cos\alpha \qquad [\Phi] = Wb = \text{Weber}$$



$$U = \frac{W}{q} = \frac{F_m l}{q} = \frac{q(\vec{v}\times\vec{B})l}{q} = vBl$$

$$U = vBl = \frac{\Delta s}{\Delta t}Bl = \frac{\Delta S B}{\Delta t} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$ ⇒ vyvolá další F_m

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

⇒ Lenzův zákon – indukovaný I_i má takový směr, že svým m. p. působí proti změně Φ, která jej vyvolala

- magnetický i. tok cívkou: $\Phi = N\cdot B\cdot S = N\mu I\frac{N}{l}\cdot S = \underbrace{\frac{\mu S N^2}{l}}_{L} I = L\cdot I \qquad [L] = H$

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

- energie magnetického pole cívky: $dE = W = |U_i|\,dQ = L\frac{\Delta I}{\Delta t}\cdot I\,dt = LI\,dI$

⇒ $E = \frac{1}{2}LI^2$

- vlastní indukce cívky – cívka brání narůstání proudu cívkou
- přechodný děj $I = \frac{U_e + U_i}{R} = \frac{U_e - L\frac{\Delta I}{\Delta t}}{R}$

Střídavý proud, obvody střídavého proudu - 15

- závit rotuje v hom. mag. poli $\Rightarrow U_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$\Phi = B\cdot S\cos(\omega t) \Rightarrow u = -\frac{d\Phi}{dt} = \omega\cdot B\cdot S\sin(\omega t)$ $\quad U_m = \omega B\cdot S$

• Obvod s R: $u = U_m \sin \omega t \quad i = I_m \sin \omega t$

$p = ui = U_m I_m \sin^2 \omega t = P_m \sin^2(\omega t)$

• $\overline{P} = \frac{W}{T} \wedge P = \frac{dW}{dt} \Rightarrow W = \int_0^T p\,dt = P_m \int_0^T \frac{1}{2}(1-\cos(2\omega t))\,dt = \frac{1}{2}P_m$

- ef. hodnoty: $p = RI = \frac{1}{2}RI_m^2 \Rightarrow I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow \overline{P} = UI$

• obvod s L: Lenzův zákon U_i brání průchodu proudu $\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$

$u = U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_m \cos(\omega t)$

→ induktance $X_L = \frac{U}{I} = L\omega$

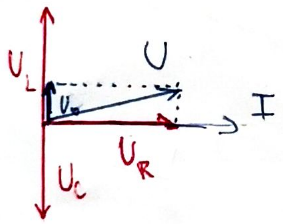
• obvod s C: $(u = U_m \sin \omega t \Rightarrow i = U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})) \Rightarrow \Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$

$\Rightarrow u = U_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = -U_m \cos(\omega t)$

→ kapacitance $X_C = \frac{U}{I} = \frac{1}{C\omega}$

- RLC v sérii

$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$



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

- Činný výkon - teplo / užitečná práce

• R: $\Delta\varphi = 0$ → teplo $\Rightarrow P = UI$

• L: $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ → e. mag. pole $\Rightarrow P = 0$

• C: $\Delta\varphi = -\frac{\pi}{2}$ → e. el. pole $\Rightarrow P = 0$

$$\left.\right\} P = \vec{U}\cdot\vec{I} = UI\overbrace{\cos(\Delta\varphi)}^{\text{účiník}}$$

- Oscilační obvod

- nabije se C ⇒ připojí se k L ⇒ E. el. pole kondenzátoru se mění na E. mag. pole cívky a naopak a děj se periodicky opakuje

- perioda vlastních kmitů: $U = U \Rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Střídavý proud v energetice, sdělovací soustava - 16

- trojfázový alternátor ⇒ trojfázová soustava střídavého napětí
- fázové, sdružené napětí
- zapojení do trojúhelníku a do hvězdy
- elektromotor → skluz $s = 1 - \frac{f_r}{f_P}$
- transformátor: $u_1 = -N_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, $u_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\Big\}$ $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k$ ← zapojení naprázdno

→ C_2 zcela rotížená: účinník ≈ 1 ⇒ $P = U \cdot I$ $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

→ pokud zanedbáme ztráty: $U_1 I_1 = U_2 I_2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$

- oscilační obvod $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- tlumené, nucené kmity, rezonance

⇒ elmg. kmity ⇒ dvouvodičové vedení

- elmg. vlnění: ve vzdálenosti x od zdroje zpoždění τ

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

↳ rovnice postupné vlny

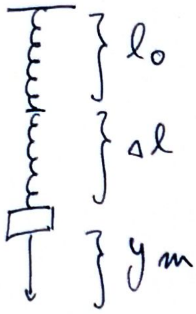
- mezi vodiči $\vec{E}$, kružnice $\vec{B}$ ∧ $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$
- půlvlnný dipól - na konci kmitna U U, I, U $\Big\}\ \frac{\lambda}{2}$

" anténa

- vysílač: oscilátor - modulátor - anténa (mikrofon)
- přijímač: anténa - laditelný LC - demodulátor (reproduktor)
- mikrofon a reproduktor

Harmonické kmitání - 19

- pružinový oscilátor $\quad k = \frac{F}{\Delta l - y} \Rightarrow \vec{F}_p = k(\Delta l - y)$



$\to y = 0: \quad k\Delta l = mg \Rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k}$

$$\left.\begin{aligned} &\Rightarrow \vec{F}_v = k\left(\frac{mg}{k} - y\right) - mg = -ky \\ &\Rightarrow \vec{F}_v = m \cdot \vec{a} = m \cdot \ddot{y} \end{aligned}\right\} m\ddot{y} = -ky$$

$\Rightarrow m\ddot{y} + ky = 0 \quad \to y = y_m \sin(\omega t)$

$\dot{y} = y_m \cos(\omega t) \cdot \omega$

$\ddot{y} = -y_m \sin(\omega t)\omega^2 = -y\omega^2$

$\Rightarrow -my\omega^2 + ky = 0$

$y(k - m\omega^2) = 0$

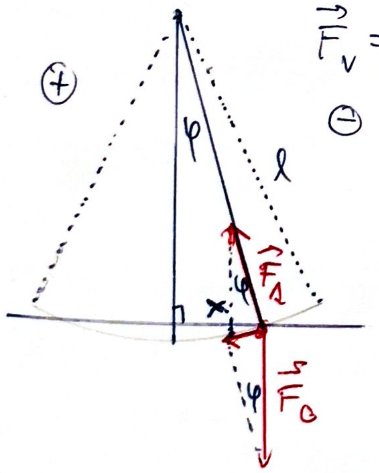
$\Rightarrow \underline{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}} \quad \Rightarrow k = m\omega^2$

- tlumené, nucené kmity, rezonance
- skládání kmitů - princip superpozice
- energie pružinového oscilátoru: $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \underbrace{m \omega^2}_{k} y_m^2 \cos^2(\omega t)$
  - rovnovážná poloha: $E_k = max$, $E_p = 0$

$\Rightarrow E_p = W = -\int_0^y F\, dy = \int_0^y ky\, dy = \frac{1}{2} k y^2$

- kyvadlový oscilátor

znaménková konvence



$\vec{F}_v = \vec{F}_1 + \vec{F}_G \qquad \vec{F}_v = \vec{F}_G \sin\varphi = -mg \sin\varphi$

$a = \dot{v} = l\dot{\omega} = l\ddot{\varphi} \Rightarrow F_v = ml\ddot{\varphi}$

$\Rightarrow l\ddot{\varphi} = -g \sin\varphi \Rightarrow l\ddot{\varphi} + g \underbrace{\sin\varphi}_{\varphi \text{ pro } \varphi \to 0} = 0$

$\Rightarrow \varphi = \varphi_m \sin(\omega t)$

$\ddot{\varphi} = -\omega^2 \varphi \Rightarrow -l\omega^2\varphi + g\varphi = 0$

$\varphi(g - l\omega^2) = 0$

$\Rightarrow \underline{\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}}$

- kmit × kyv

kmit ↓ 1T

kyv ↓ z leva doprava ↳ $\frac{1}{2}T = \tau$

Mechanické vlnění – 20

- Kmitání oscilátoru × vlnění v řadě bodů
- postupné vlnění – stejná amplituda
  - příčné – elmg.
  - podélné – zvuk
- λ, T, f
- rovnice postupné vlny: $x = \tau \cdot v$

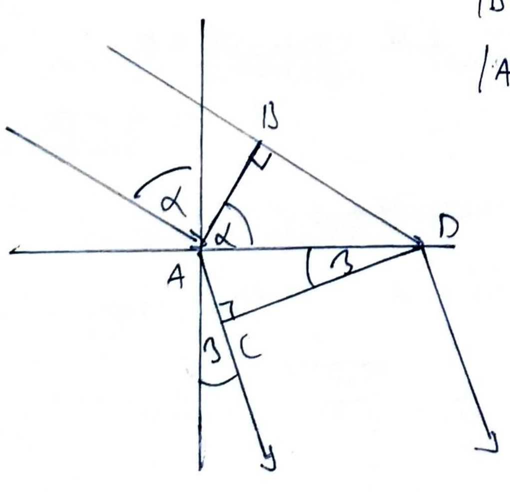
$$y = y_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\right) = y_m \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{vT}\right)\right) = y_m \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

- interference vlnění

$$\Delta\varphi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} - \frac{t}{T} + \frac{x_2}{\lambda}\right) = 2\pi \frac{\overbrace{x_2 - x_1}^{\Delta d}}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta d$$

  - max: $\Delta\varphi = k \cdot 2\pi \qquad \Delta d = k \cdot \lambda$
  - min: $\Delta\varphi = k \cdot 2\pi + \pi \qquad \Delta d = k \cdot \lambda + \frac{\lambda}{2}$
- odraz vlnění – na pevném konci → fáze se mění na opačnou
  na volném konci → fáze se nemění
- stojaté vlnění = interference postupného a odraženého
- izotropní prostředí
- Huygensův princip
- odraz vlnění $\alpha = \alpha'$
- lom vlnění

$$\left.\begin{aligned} |BD| &= t \cdot v_1 \\ |AC| &= t \cdot v_2 \end{aligned}\right\} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{|BD|}{|AC|} = \frac{|AD| \sin\alpha}{|AD| \sin\beta}$$



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

Světlo a další druhy elektromagnetického záření - 21

- druhy: $\underrightarrow{R - IR - \text{světlo} - UV - RTG - \gamma}\, f$
- elmg. vlnění je příčné postupné vlnění o dvou složkách $\vec{B}$, $\vec{E}$
- různá prostředí - frekvence je všude stejná

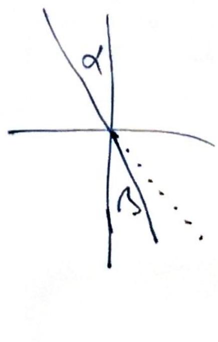
$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$$

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

- viditelné světlo: $\lambda \in \langle 390\text{ nm}; 760\text{ nm}\rangle$, barva světla
- absorbce, rozptyl, odraz, lom
- prostředí - průhledné ($\emptyset$ rozptyl), průsvitné (rozptyl), neprůhledné (absorbce, odraz)
  - izotropní, anizotropní
- Huygensův princip
- odraz a lom $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$ Snellův zákon
- absolutní index lomu $n = \frac{c}{v}$
- relativní index lomu $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

- úplný odraz světla
  - pouze z opticky hustšího do řidšího $\sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1}$
- disperze světla
  - rozklad bílého světla na barevné složky



$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \uparrow f \Rightarrow \downarrow \lambda \Rightarrow \downarrow v$$

$$\uparrow f \Rightarrow \downarrow v \Rightarrow \downarrow \beta \Rightarrow \uparrow \text{odchylka}$$

$$\Rightarrow \uparrow f \Leftrightarrow \uparrow \text{odchylka}$$

Vlnové vlastnosti světla - 22

- interference - koherentní vlnění $\begin{cases} \text{max} & \Delta s = k\lambda \\ \text{min} & \Delta s = k\lambda + \frac{\lambda}{2} \end{cases}$
- Youngův experiment
- interference na tenké vrstvě

řidší → hustší - pevný konec ⇒ změna fáze

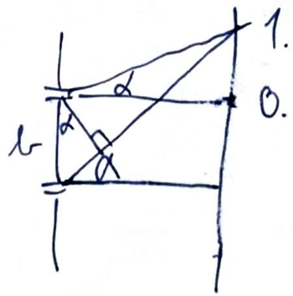
$t = t \Rightarrow \frac{2d}{v} = \frac{l}{c} \Rightarrow l = 2d\frac{c}{v} = 2nd$

$\Big\} \Delta s = 2nd + \frac{\lambda}{2}$

- max $2nd = k\lambda - \frac{\lambda}{2}$
- min $2nd = k\lambda$

$k = 1, 2, 3 \dots$

- polarizace
  - odrazem a lomem - $\alpha_B + \beta = 90°$
  - absorbcí - polaroid propouštějící jen 1 směr $\vec{E}$
  - dvojlomem - anizotropní látky → řádný a mimořádný paprsek
- difrakce
  - ohyb na ostré hraně
  - ohyb na dvouštěrbině (optické mřížce)

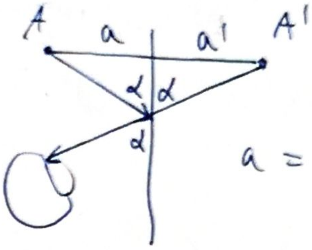


$\sin\alpha = \frac{k\lambda}{b}$

$\Rightarrow b\sin\alpha = k\lambda$

Optické zobrazování - 23

- přímočaré šíření světla, zákon lomu a odrazu, nezávislost chodu světelných paprsků
- optické soustavy
  - zobrazovací prvky
  - druhy a příklady
- rovinné zrcadlo



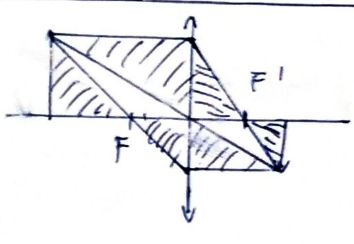
$a = a'$ zdánlivý, vzpřímený, stejně velký

- kulové zrcadlo - paraxiální prostor × parabola $f = \frac{1}{4a}$
  - duté: $f > 0$;
  - vypuklé: $f < 0$; zdánlivý, vzpřímený, zmenšený
    $a' < 0$ $y' > 0$

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

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

- čočky
  - spojky → vypuklé $r > 0$
  - rozptylky → duté $r < 0$
  - spojka × rozptylka, tenká čočka
  - optická mohutnost $\varphi = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$ n_2 - čočka, n_1 - prostředí
  - zobrazování tenkou čočkou



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

$$\frac{a'}{a} = \frac{a'-f}{f} \Rightarrow a'f = a'a - fa \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

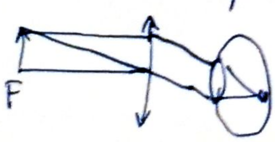
- optika oka
  - krátkozrakost - před sítnicí ⇒)(
  - dalekozrakost - za sítnicí ⇒ ↕
  - akomodace - změna φ čočky

daleký bod ∞
blízký bod 10 cm
konvenční zraková vzdálenost 25 cm

- zorný úhel τ
- lupa
  bez lupy $\tg \tau = \frac{y}{d}$
  s lupou $\tg \tau' = \frac{y}{f}$

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau} \approx \frac{\tg \tau'}{\tg \tau} = \frac{d}{f} = d\varphi$$

↳ úhlové zvětšení lupy



Základy kvantové fyziky - 24

- Max Planck - kvantová hypotéza $E = hf = \hbar\omega$ $h \doteq 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Js
  - ↳ 1900
- fotoelektrický jev
- Einsteinova rovnice fotoelektrického jevu = ZZME

  $$hf = hf_m + \frac{1}{2} m_e v^2$$

  ↳ 1905: F.J. (→ Nobelova cena), STR, Brownův pohyb
- vlnově - korpuskulární dualismus světla → rozpor s klasickou f.
- foton: $E^2 = (\underbrace{mc^2}_{0})^2 + (pc)^2 \Rightarrow E = pc \rightarrow p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$
- Comptonův jev: po nárazu $\downarrow E \Rightarrow \downarrow f \Rightarrow \uparrow \lambda$ - rozpor se zákonem odraz
  - ↳ rentgenové záření na grafitové destičce
- De Broglieovy vlny $\lambda = \frac{h}{p}$
- vlnová funkce $|\Psi|^2$
- Heisenbergův princip neurčitosti $\Delta x \, \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$ - spor s klas. fyzikou
- Bohrův model atomu
  - energetické vrstvy
  - kvantová čísla
    - n $E \sim \frac{1}{n^2}$ $r \sim n^2$
    - l ~ tvar orbitalu
    - m ~ orientace orbitalu v prostoru
    - s ~ spin elektronu
  - Pauliho princip
- interakce světla s látkou
  - absorbce
  - samovolná emise
  - stimulovaná emise → vznik koherentního vlnění
- Laser = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

Atomové jádro, jaderná energie - 25

- nukleony, nuklidy x izotopy
- silná síla $= 137\ EM = 10^6$ slabá $= 10^{43}\ G$ - drží nukleony pohromadě
- slabá síla: β^- rozpad $n \to p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$

  β^+ rozpad $p^+ \to n + e^+ + \nu_e$

- vazebná energie = práce, kterou vykoná silná síla při vytvoření jádra

  $\Rightarrow$ jádro ztratí $E \Rightarrow$ ztratí m

  $\Rightarrow Z \cdot m_p + (A-Z) m_n = m_j + B \quad \wedge \quad B = E_v \cdot c^2$

- stabilita jádra

  $\varepsilon_v = \frac{E_v}{A}$, $^{56}_{26}Fe$

- Radioaktivita - dochází ke změně atomových jader a k vyzáření E

  - samovolné štěpení radionuklidů
  - jaderné reakce - štěpení x jaderná fúze

- radioaktivní záření $\alpha\ (^4_2He)$, $\beta^-(e^-)$, $\beta^+(e^+)$, γ, n
- Zákon radioaktivní přeměny

  $$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0\, e^{\frac{t}{T}\ln\left(\frac{1}{2}\right)} = N_0\, e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = N_0\, e^{-\lambda t} \qquad \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

  rozpadová konst.

- aktivita radionuklidu

  = počet jader, co se rozpadly za Δt / Δt

  $$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \left|-\lambda N_0 e^{-\lambda t}\right| = A_0 e^{-\lambda t} \qquad A_0 = \lambda N_0 \qquad [A] = \text{Becquerel}$$

- Jaderné reakce: $X + a \to Y + b$

  terč střela produkt

  $^2_1H + ^3_1H \to ^4_2He + ^1_0n$

  → platí ZZE, ZZH, ZZQ, ZZA

  $$^{235}_{92}U + ^1_0n \to ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\ ^1_0n$$

  moderátor → grafit (zpomalování)

  regulační tyče → bór (pohlcování)