

STRUKTURA A VLASTNOSTI pevných látek

A) STRUKTURA

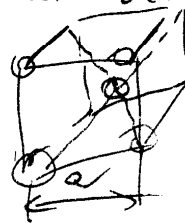
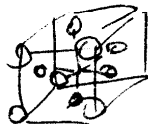
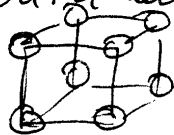
krystalické látky

- * monokrystal - daleko sáhlejší uspořádání, obvykle anizotropní
- * polykrytal - velký počet drobných krystalů - obvykle izotropní
- * \downarrow
ve všech směrech stejné vlastnosti

A morf. látky - krátkodobá uspořádání (10^{-8} m)

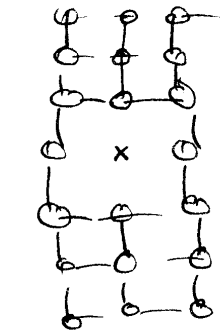
Krystalová mřížka

- zálledu útvar u pravouhlého rovnoběžnostěna (prostor) je krychle
- zálledu krychle obsazuje mřížku způsobem oáskiem se uatylu zálledu (elementární) mřížka krytal. kusidel soustav
- kusidra baúte prostá, plošné střední parametru



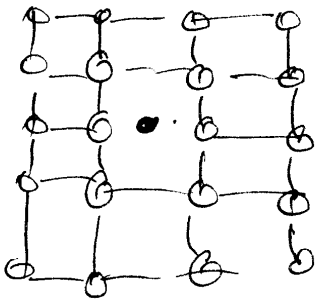
Dobroule⁺ pravidelné rozložení částic →
→ ideální krystal

Poruchy

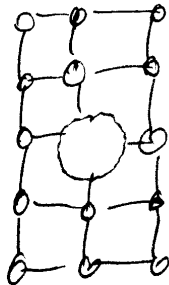


Vázanice ⇒ uprázdnění, volné místo.

(tepelný pohyb, kovové slitky;
ozařování - ...)



Interstice (intersticiální
poloha částic)



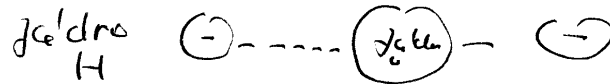
Příměsi (nečistoty)

Typy krystalů podle vazeb

- A) Iontové krystal \Rightarrow tvrdé, vysoká teplota tání \Rightarrow na oddělení částic na volnou vzdálenost je potřeba velká energie. Jsou ovšem velmi křehké \Rightarrow velké kationy se dostanou do blízkosti přetahují se a ionty \Rightarrow odporu divé síly.
- B) Kovalentní (atomové) krystal \Rightarrow spjatý kovalentní vazbou. Vytvářejí velkou molekulu (germánu; diamant ---). Vysoká teplota tání; pevnost; tvrdost.
- C) Kovové krystal \Rightarrow kovová vazba, mezi uvolněnými (kludové ionty) se pohybují volnými elektrony neuspořádaně. Menší pevnost, tužnost; dobrá elektrická i tepelná vodivost.
- D) Molekulové krystal
van der Waalsova vazba \Rightarrow interakce mezi s kduostatomovými molekulami stabilní za velmi nízké teploty (např. 24K). Křehké, nízká teplota tání

E) Vodíková vazba \Rightarrow krystal ledu H_2O
 Každá molekula vody má 4 nejbližší
 sousedy, s nimiž je spojena vodíkovými
 vazbami.

(Vodík má 1 elektron a tudíž vznikne
 vazba

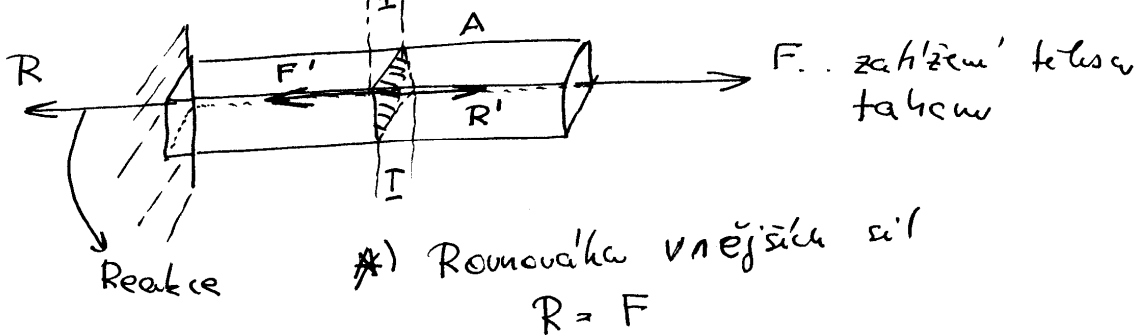


Deformace pevného tělesa

Deformace tělesa je změna rozměru,
 tvaru nebo objemu tělesa způsobená
 vnějšími silami.

Normálové napětí síla pružnosti

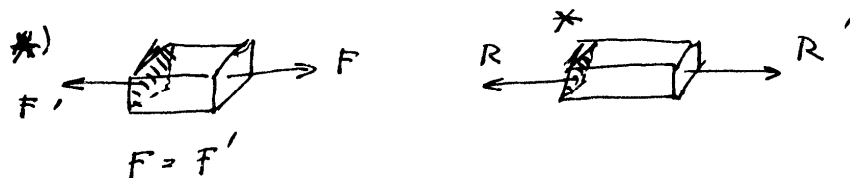
A) Vnější a vnitřní síly



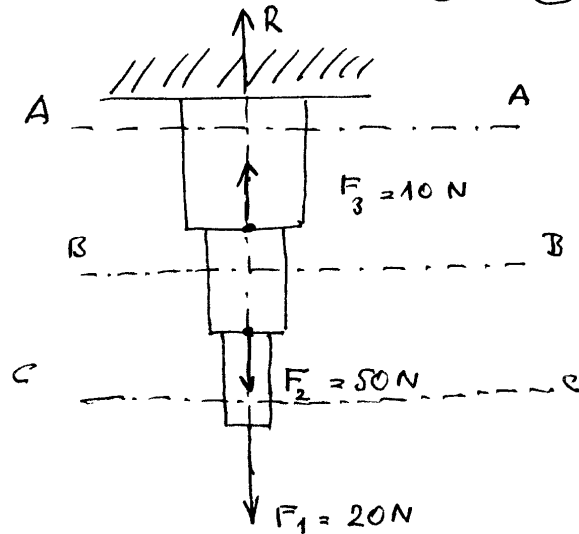
- * V libovolném místě řezu $I-I$ musí existovat rovnováha -
- těleso se nerozpadne
 $F'; R'$ vnitřní síly
 $F' = F; R' = R$
odolávat pružné deformaci \Rightarrow
 \rightarrow síly pružnosti.

B) Metoda řezů

- ~~na~~ v každém místě systému řezu musí být vnější a vnitřní síly (pružnosti) v rovnováze



Prů vypočítejte, jak velká síla závisí na
umístění tělesa (A), (B), (C)



$$R = F_1 + F_2 - F_3 = 20 + 50 - 10 = 60 \text{ N}$$

A - A

$$F_A = R = 60 \text{ N}$$

A - A

$$20 + 50 - 10 = 60 \text{ N}$$

B - B

$$F_B = R + F_3 = 60 + 10 = 70 \text{ N}$$

B - B

$$F_B = F_2 + F_1 = 50 + 20 = 70 \text{ N}$$

C - C

$$F_C = R + F_3 - F_2 = 60 + 10 - 50 = 20 \text{ N}$$

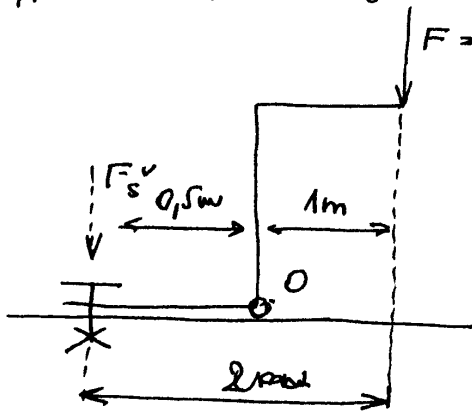
C - C

$$F_C = F_1 = 20 \text{ N}$$

Normálové napětí příklad

Vypočítejte potřebný průměr šroubu $\sigma_D = 140 \text{ MPa}$

1)



$$1. F = F_s^v \cdot 0,5$$

$$\frac{1 \cdot 1000}{0,5} = F_s^v$$

$$F_s^v = 2000 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F_s^v}{S} \leq \sigma_D$$

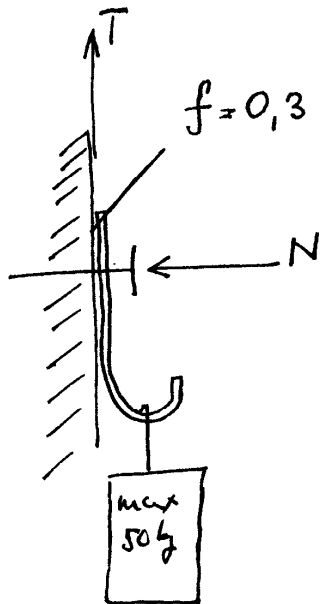
$$S \geq \frac{F_s^v}{\sigma_D}$$

$$d^2 \geq \frac{4 \cdot F_s^v}{\sigma_D \cdot \pi}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{140 \cdot 10^6 \cdot 3,14}}$$

$$d \geq \underline{\underline{4,27 \text{ mm}}}$$

2)



$$T = f \cdot N$$

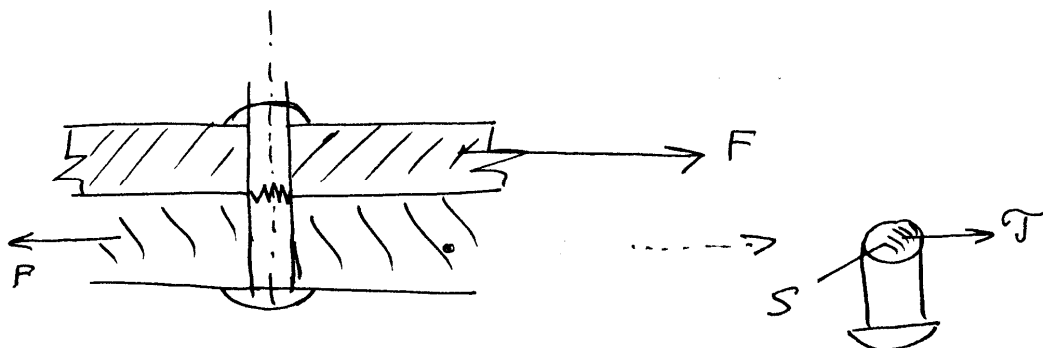
$$\frac{T}{f} = 50 \cdot 10 = 500 \text{ N}$$

$$N = \frac{500}{0,3} = 1670 \text{ N}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1670}{140 \cdot 10^6 \cdot 3,14}}$$

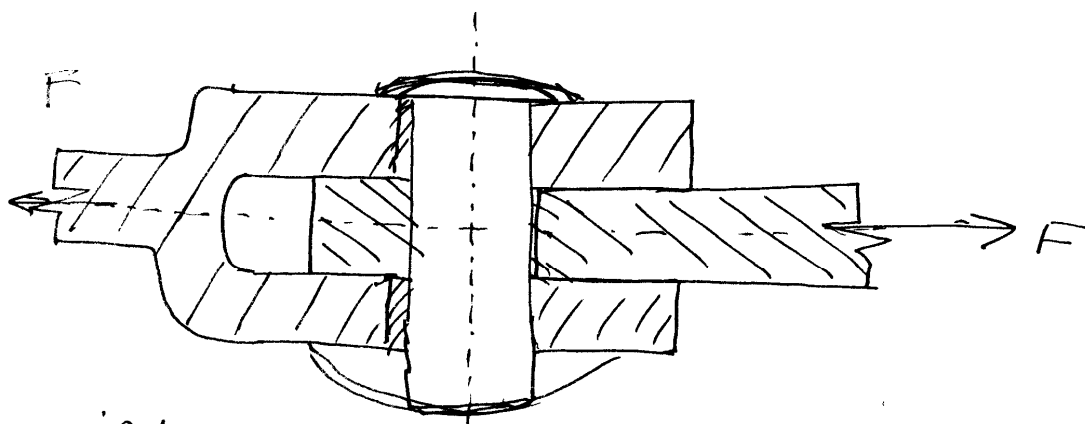
$$d \geq \underline{\underline{3,9 \text{ mm}}}$$

34)

Tečné napětí

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_D$$

Pr.: Vypočítejte potřebnou minimální hodnotu
kružného řezu kolíku



$$\tau_D = 90 \text{ MPa}$$

$$F = 20 \text{ kN}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{2F}{\pi \cdot \tau_D}}$$

$$d \geq 11,9 \text{ mm}$$

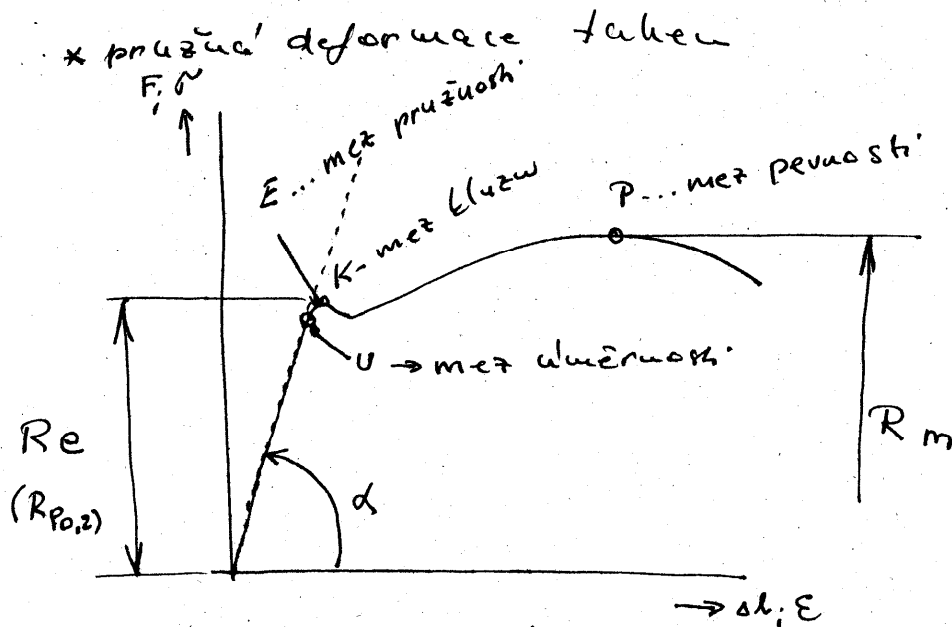
$$\tau = \frac{F}{2S} \leq \tau_D$$

$$S \geq \frac{F}{2\tau_D}$$

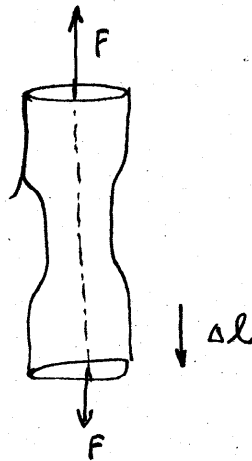
$$\frac{\pi d^2}{4} \geq \frac{F}{2\tau_D}$$

Hookův zákon pro prodloužení tahem Teplotní roztažnost pevných těles

Hookův zákon



zkouška:



Prodloužení: $\Delta l = l - l_0$

Relativní (poměrné) prodloužení $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$

Hookův zákon

Napětí je přímo úměrné
relativnímu prodloužení

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

Porada Jednání

datum

místo * čas

přítomní jméno

firma ©

E ... modul pružnosti v tahu
(Pro ocel $E = 210 \text{ GPa}$)

Hookeův zákon platí v oblasti

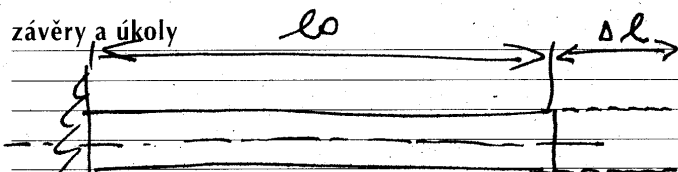
poznámky pružných deformací!

$$\text{tg } \alpha = \frac{\sigma_m}{\epsilon} \Rightarrow \sigma = \text{tg } \alpha \cdot \epsilon$$

\uparrow
 \downarrow
 E

Teplotní roztažnost pevných těles

Teplotní roztažnost \Rightarrow změna rozměru tělesa při změně teploty



prodloužení Δl je přímo úměrné počáteční délce a změně teploty

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

α ... teplotní součinitel délkové roztažnosti $[\text{K}^{-1}]$

KB

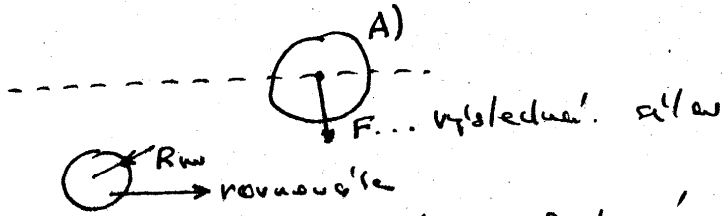
$$l = l_0 [1 + \alpha \Delta t]$$

$$V = V_0 [1 + \beta \Delta t] \quad \beta \text{ m } 2\alpha$$

... tep. součinitel objemové roztažnosti

Struktura a vlastnosti kapalin

I. Povrchová vrstva kapaliny



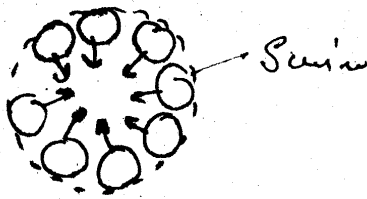
R_m ... síla všech molekulového působení

V poloze A) má molekula větší potenciální energii

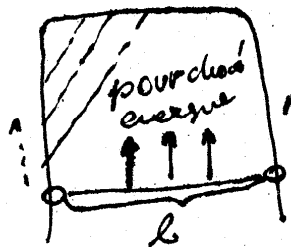
V povrchové vrstvě $R_m >$ vzděl. od hladiny působí, ostatní molekuly na molekulu v povrchové vrstvě přitahují svou směrnice do kapaliny

Povrchová energie $E_{\text{por. vrstvy}} > E_{\text{kapaliny}}$

Kapalina dříve v nabývá tvaru, aby povrchová energie byla minimální.



II. Povrchová síla



povrchová síla F

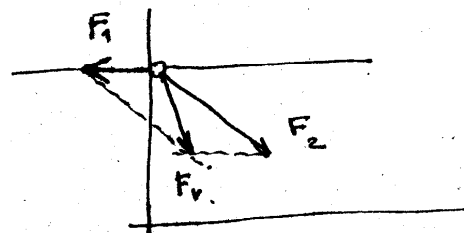
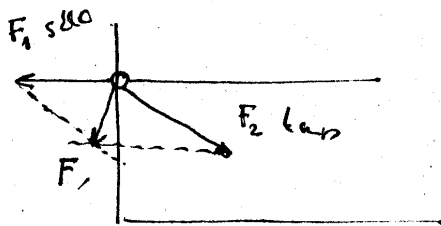
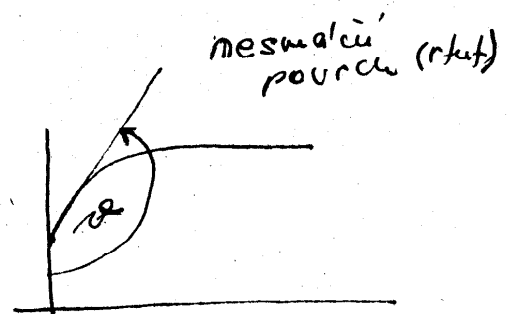
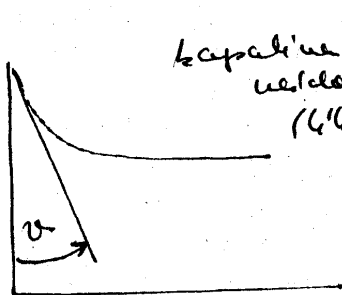
$$\sigma = \frac{F}{l}$$

$$\left[\frac{N}{m} \right]$$

povrchové napětí

Povrchové napětí σ se rovná podílům velikosti povrchové síly F a délky l okraje povrchové bláhy, na kterou povrchová síla působí kolmo v povrchu kapaliny.

III. Rozhraní pevného tělesa a kapaliny



θ (theta)

voda - sklo $\theta = 8^\circ$

rtuť - sklo $\theta = 128^\circ$

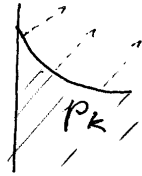
$\theta = 0^\circ$.. kap. dokonale smáčí

$\theta = \pi$.. dokonale nesmáčí

$\theta = \frac{\pi}{2}$.. , nezářivý povrch

Kapilární jevy

- 1) Pod dutým povrchem je vnitřní tlak ve srovnání s tlakem pod uodorovou hladinou menší o kapilární tlak



- 2) Pod vypuklým povrchem kapilární je vnitřní tlak větší o kapilární tlak ve srovnání s uodorovým povrchem

platí:
$$p_k = \frac{2\sigma}{R}$$


σ ... povrchové napětí


R ... poloměr povrchu

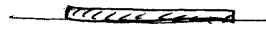
Pozvednutí ... vyšší bublina s dvěma povrchy $p_k = \frac{4\sigma}{R}$

Kapilára \Rightarrow úzká trubice s poloměrem $r \leq 1 \text{ mm}$.

chování kapaliny :

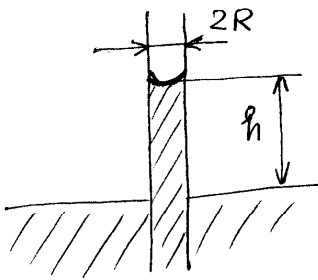
a) smáčiví 

b) nesmáčiví 

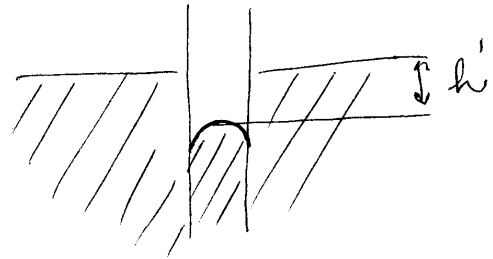
c) monomolekulární vrstva 

V kapiláře

Kapilární elevace



kapilární deprese



$$p_R = h \cdot \rho \cdot g$$

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

Kapilární tlak je kompenzován hydrostatickým tlakem.

Kapilární deprese a elevace \Rightarrow kapilarita;
kapilární jevy.

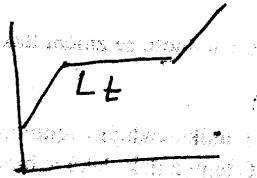
Příkladem : vzdušnost

Teplotní objemová roztažnost kapaliny

$V = V_1 (1 + \beta \Delta t) \rightarrow$ teplotní součinitel objemové roztažnosti $[\beta] = \text{K}^{-1}$
hustota $\rho \approx \rho_1 (1 - \beta \Delta t) \rightarrow$ pozor na anomálie vody u z 4°C .

Změny skupenství

Taliv \rightarrow při topění látky L_t . Polovina probíhá z normálního tlaku $101,3 \frac{Pa}{Pa}$ měříme o normální teplotě látky



kryстал. látka

L_t ... skupenské teplo látky
 $h_t = \frac{L_t}{m} \rightarrow$ měra

Tuhnutí \Rightarrow krystalizace jádna \rightarrow tvorba krystalů \rightarrow
 \rightarrow zrna \Rightarrow polokrystalická látka
 při vytvoření jádra zůstane \rightarrow amorfní krystal
 skupenské teplo tuhnutí je sklesání jádra
 jádra.
 Teplota látky krystalické Q_{tg} závislá na
 tlaku okolního prostředí

Sublimace \Rightarrow pevné \rightarrow plynné (suchý led)

Měru skupenské teplo sublimace

$$L_s = \frac{L_s}{m}$$

Desublimace plynné \rightarrow pevné; krystalizace
 z jodových par, tvorba
 pínových ocelí.

Vypařování \Rightarrow stupně teplota vypařování l_v

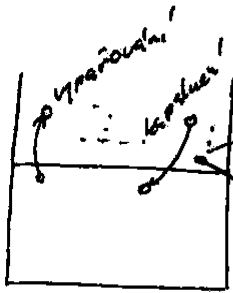
$$l_v = \frac{L_v}{m}$$

* uer \Rightarrow vypařování u celí - obper
 * uoručení teplota uer za
 uoručení teplota

s rostoucí teplotou se teplota uer
 kapalič zvyšuje

kapalinní = (kondenzace); měříte stupně
 teplota kondenzace je shodná s l_v .

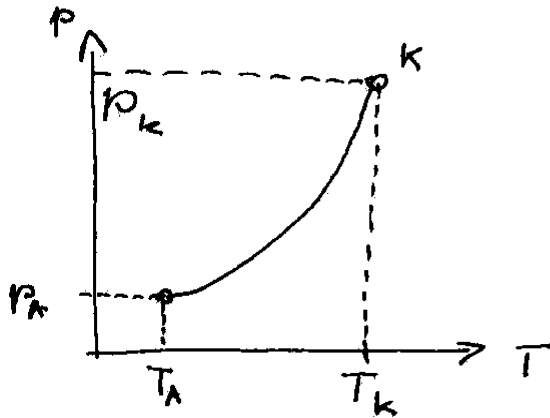
Sytlá pára



sytlá pára \Rightarrow rovnovážný stav pára - kapalina

ρ ... nezávisí při stejné teplotě na objemu páry

Tlak sytlé páry s rostoucí teplotou roste.

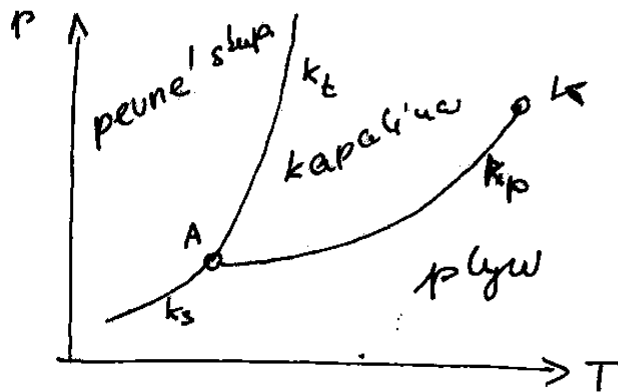


$T_A; p_A$... počátkem bod ... rovnoučky sytlé páry, kapalina

$T_K; p_K$... kritické hodnoty $p_{pary} = p_{kapaliny}$ látka se stává stejnorodou

$T_K; p_K; \rho_K$

Fázový diagram



k_t ... křivka tání
 k_s ... sublimace
 k_p ... sytá pára

A... trojný bod... rovnováha všech 3
 skupenství (např. led - voda - sytá pára;
 $T_A = 273,16 \text{ K}$; $p_A = 0,611 \text{ kPa}$)

Přehřátá pára \Rightarrow pára s nižším
 tlakem a hustotou, než má
 sytá pára téže teploty.

Změny skupenství v diagramu

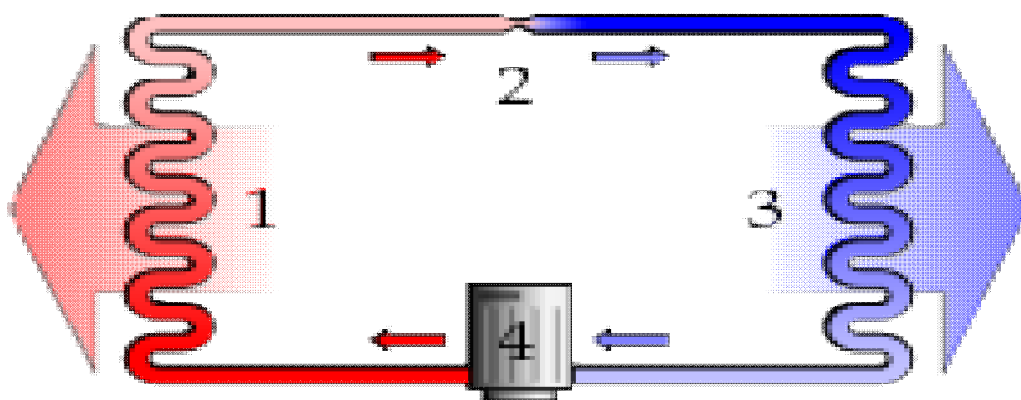
- * změna tlaku
- * změna teploty
- * bod v oblasti $T > T_k$

Vodní pára v atmosféře - opakování

- absolutní vlhkost vzduchu $\varrho = \frac{m}{V}$; m...hmotnost vodní páry , V ...vzduchu
- relativní vlhkost vzduchu $\varphi = \frac{\varrho}{\varrho_m}$; ϱ_m ...absolutní vlhkost nasycené páry za stejné teploty
- lze také $\varphi = \frac{p}{p_s}$ při dané teplotě
- ideální vlhkost pro životní podmínky člověka 50 % až 70 %
- vlhkoměry měří relativní vlhkost vzduchu (lidský vlas, el. odpor, kapacita ...)
- teplota rosného bodu, na kterou by bylo nutné izobaricky ochladit vzduch , aby se vodní páry stala sytou vodní párou.

Chladicí stroj

A) Kompresorový



1...kondenzátor (kondenzor) 2...tryska 3...výparník 4.....kompresor

chladicí faktor = Q_2 / W Q_2odevzdané teplo < nebo = $T_2 / (T_1 - T_2)$

Stejného principu lze využít u tepelného čerpadla ...topný faktor = $< T_1 / (T_1 - T_2)$

B) Absorbční

Bez kompresoru, absorbční kapalina pohlcuje páry pracovní látky při nižší teplotě a při ohřátí je opět vypuzuje.

Opakování :

1. TZ - Změna vnitřní energie U je rovna součtu práce W vykonané okolními tělesy působícími na soustavu silami a tepla Q odevzdaného okolními tělesy soustavě.

2. TZ - Není možné sestrojiti periodicky pracující stroj , který by jen přijímal teplo od určitého tělesa a vykonával stejně velkou práci.

3. TZ - Nelze dosáhnout teploty 0 K . Mimo jiné pro všechny látky se při dosažení teplot blízkých 0 K blíží měrná tepelná kapacita nule.

Fyzika7-01

Téma : Elektrický náboj

Elektrický náboj - veličina, která je mírou vlastnosti mikročástice, která se projevuje silovými účinky na podobné mikročástice v jejím okolí.

- **Zákon zachování náboje** - náboj je nevytvořitelný a nezničitelný. Celkové množství náboje v osamoceném systému se rovná algebraickému součtu všech nábojů v systému a nemění se.
- **Zákon invariantnosti náboje** - náboj je při všech transformacích vztažné soustavy invariantní.
- **Coulombův zákon** - Bodový náboj Q působí ve své klidové soustavě na bodový náboj q elektrostatickou silou

$$\vec{F} = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{4\pi r^2} \cdot \vec{r}$$

ϵ_0 univerzální konstanta - **permitivita vakua** ($8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

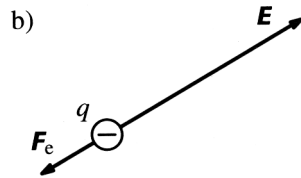
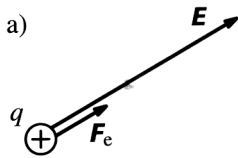
Konstanta úměrnosti $k = \frac{1}{\epsilon_0 \cdot 4\pi}$ ($8,896 \cdot 10^9 \text{ C}^{-2} \cdot \text{N}^1 \cdot \text{m}^2$)

- **Zákon superpozice** - Při současném působení několika nábojů je účinek každého náboje týž, jako kdyby náboj působil sám.
- **Zákon o kvantování náboje** - Všechny náboje - kladné i záporné - jsou celistvými násobky dále nedělitelného elementárního náboje, který má velikost :

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Téma : Elektrické pole. Intenzita elektrického pole

Intenzita elektrického pole - podíl elektrické síly, která by v daném místě působila na bodový náboj, a tohoto náboje.



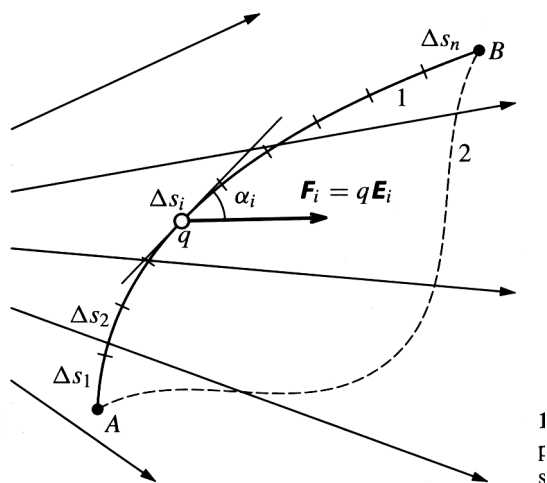
Směr intenzity a síly

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

Další pojmy :

- Pole radiální (okolí bodového náboje)
- Elektrický dipól
- Siločáry, siločárový model
- Homogenní pole (v každém bodě stejný směr i velikost)
- 1C... proud 1A za 1s

Téma : Elektrické pole, práce a napětí

Práce v elektrickém poli

$$\Delta W_i = F_{ei} \cdot \Delta s_i \cdot \cos \alpha_i \Rightarrow \Delta W_i = q \cdot E_i \cdot \Delta s_i \cdot \cos \alpha_i$$

$$W_{AB} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i$$

Práce W_{AB} nezávisí na trajektorii, po které se mezi místy A a B náboj pohybuje.

Napětí U_{AB} mezi dvěma body A, B elektrického pole je podíl práce vykonané elektrickou silou při přenesení bodového náboje z bodu A do bodu B a tohoto náboje.

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

$$[U] = J \cdot C^{-1} = V$$

Elektrický potenciál

Vykonanou práci lze vyjádřit jako změnu energie a v případě, že se jedná o charakteristiku polohy, potom jde o změnu potenciální energie E_p .

$$W_{AB} = q \cdot U_{AB} = E_{PA} - E_{PB}$$

$$U_{AB} = \frac{E_{PA}}{q} - \frac{E_{PB}}{q} = \varphi_A - \varphi_B$$

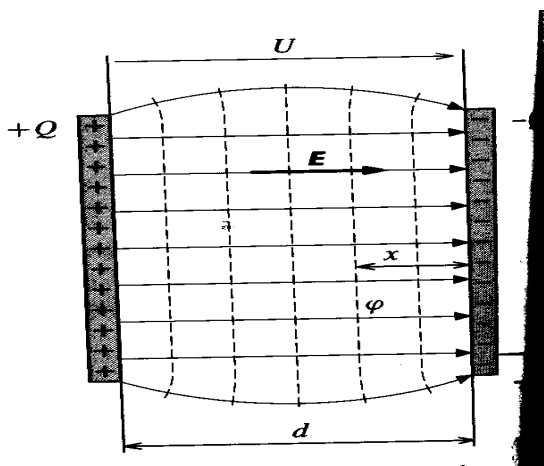
Podíl potenciální energie E_p bodového náboje v určitém místě elektrického pole a tohoto náboje q nazýváme elektrický potenciál v daném bodě pole.

Ekvipotenciální plochy

Pro homogenní elektrické pole mezi rovinnými deskami zřejmě platí :

$$U = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{F_e \cdot d}{q} = \frac{E \cdot q \cdot d}{q} = E \cdot d$$

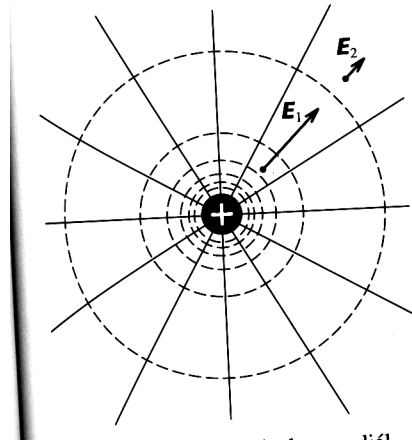
$$E = \frac{U}{d}$$



Potenciál :
$$\varphi = E \cdot x = U \cdot \frac{x}{d}$$

Ekvipotenciální plochy - hladiny stejného potenciálu.

Pro radiální pole platí :



$$E_P = W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \bullet \frac{Qq}{r} \quad \varphi = \frac{W}{q}$$

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

Fyzika7-03

Téma : Elektrické pole nabitého tělesa ve vakuu

Náboj, který přivedeme na izolované vodivé těleso se rozloží pouze na vnějším povrchu tělesa. Jeho plošná hustota je dána vztahem :

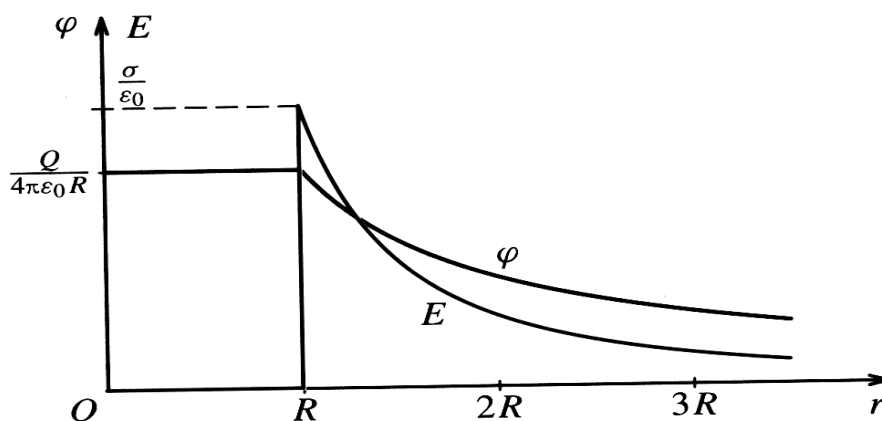
$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$$

Koule

V okolí koule je vytvořeno radiální elektrické pole, pro které platí vztah pro

intenzitu : $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q|}{r^2}$, uvnitř koule je intenzita pole nulová.

Pro potenciál musí platit : $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R}$ potenciál uvnitř koule je stejný, jako na jejím povrchu.



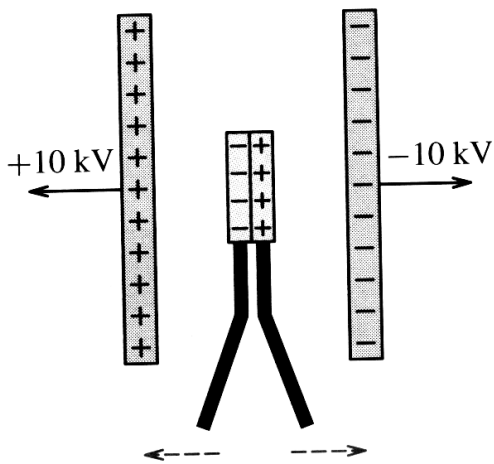
Použijeme-li vzorec pro plošnou hustotu náboje a vztah pro povrch koule, potom zřejmě platí :

$$E = \frac{|\sigma|}{\epsilon_0}$$

Téma : Vodič a izolant v elektrickém poli

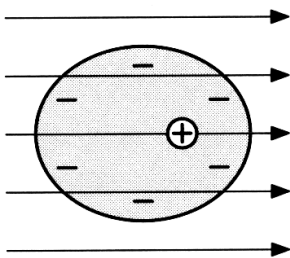
Vodič v elektrickém poli

Vzniká elektrostatická indukce, náboje indukované ve vodiči můžeme od sebe oddělit rozdělením vodiče na dvě části. Intenzita pole uvnitř vodiče bude nulová - pole indukovaných nábojů zruší v celém objemu tělesa původní elektrické pole.

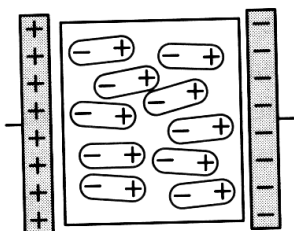


Izolant (dielektrikum) v elektrickém poli

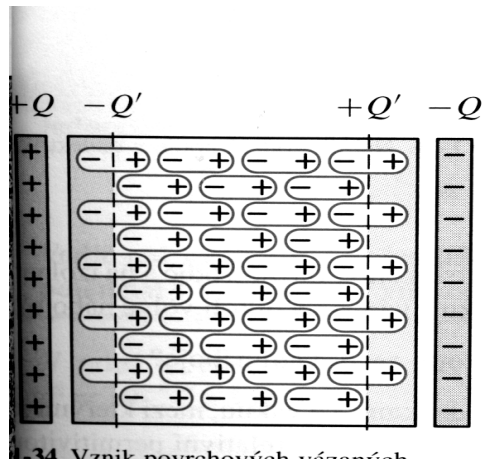
1) Atomová polarizace dielektrika



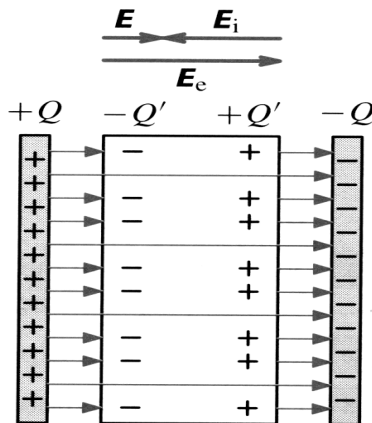
2) Orientační polarizace dielektrika



Indikované náboje jsou vázány a nelze je z dielektrika odvést ani oddělit rozdělením dielektrika. Tyto náboje však vytvářejí intenzitu E_i namířenou proti intenzitě vnějšího pole E_e a dochází tak k jeho zeslabení s výslednou intenzitou E .



34 Vznik povrchových nábojů



35 Vznik výsledného pole

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

Relativní permitivita dielektrika :

Vložíme-li tedy nabitě těleso do dielektrika, vytvoří se kolem něho vázané náboje, dojde k zeslabení intenzity elektrického pole ϵ_r krát.

Například pro kouli tedy platí :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{|Q|}{R^2} = \frac{|\sigma|}{\epsilon_0\epsilon_r}$$

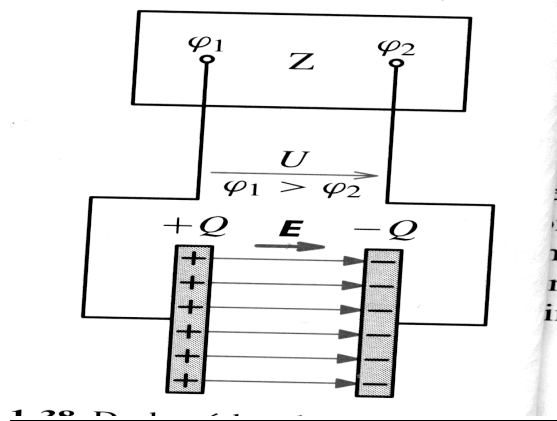
Téma : Kapacita vodiče, kondenzátor

Nabijeme-li například kulový vodič tím, že na něho připojíme svorku zdroje, bude mít tento vodič shodný potenciál jako daná svorka. Pak pro povrch takového kulového vodiče zřejmě platí :

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \text{ , při zjednodušení lze psát :}$$

$$Q = C \cdot \varphi$$

Veličinu C nazýváme kapacita vodiče , její jednotkou je farad - F. Podle vztahu má vodič kapacitu 1F, jestliže se nábojem 1C nabije na elektrický potenciál 1V. Kapacita vodiče závisí na tvaru a velikosti vodiče.

Deskový kondenzátor bez dielektrika

$$E = \frac{U}{d}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S \cdot \epsilon_0}$$

Z obou vyplývá :

$$Q = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d} \cdot U$$

Tedy kapacita deskového kondenzátoru bez dielektrika :

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

Pro kondenzátor s dielektrikem zřejmě platí :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

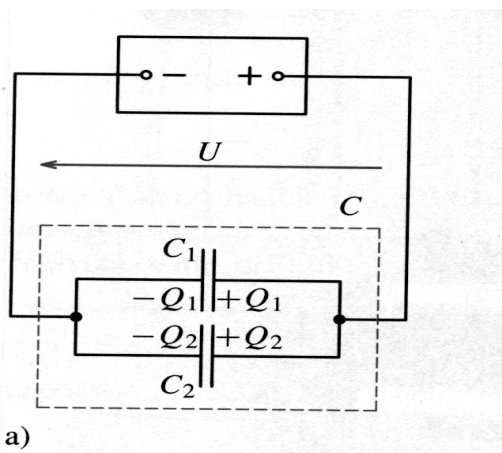
Deskový kondenzátor s dielektrikem má větší kapacitu, než stejný kondenzátor bez dielektrika.

Relativní permitivita :
$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0}$$

Kondenzátory a jejich spojování

- elektrolytický kondenzátor - papír napuštěný elektrolytem mezi hliníkovými nebo tantalovými foliemi
- Otočný kondenzátor - otáčení desek, kdy se při jejich zasouvání mění kapacita kondenzátoru

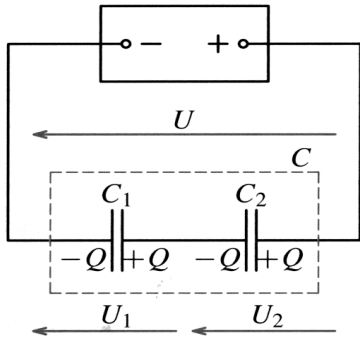
A) paralelní



$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$CU = C_1U + C_2U$$

$$C = C_1 + C_2$$

B) sériové spojení

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Celková práce při vybití kondenzátoru a akumulovaná energie

$$W = E_e = \frac{1}{2} U Q = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C U^2$$

Téma : Elektrický proud

Elektrický proud - uspořádaný pohyb elektricky nabitých částic.

Za směr elektrického proudu považujeme podle dohody směr uspořádaného pohybu kladně nabitých částic.

Prochází-li náboj průřezem vodiče rovnoměrně, pak elektrický proud je určen podílem tohoto náboje a příslušné doby.

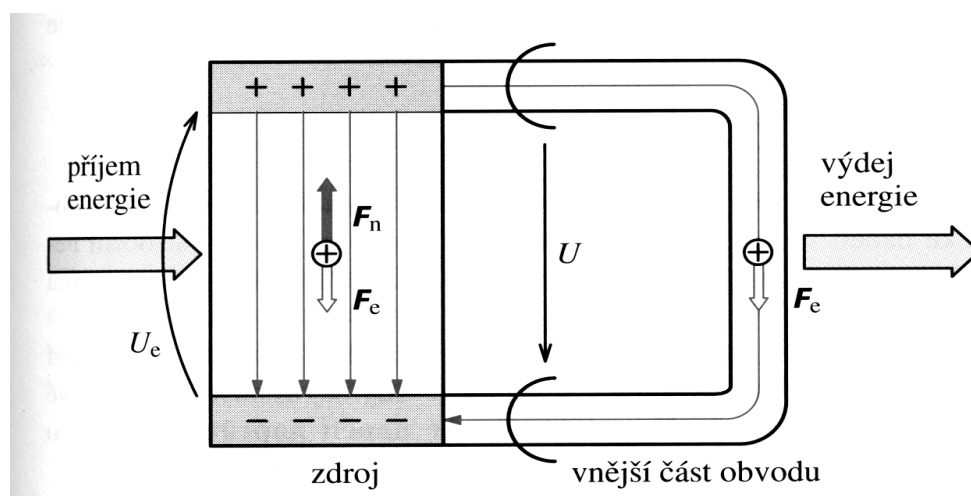
$$I = \frac{Q}{t}$$

Při nerovnoměrném průchodu lze vypočítat střední hodnotu proudu

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \text{ a okamžitou hodnotu proudu } i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} .$$

$$\text{Ampérsekunda} = \text{C} \dots \dots \dots [Q] = [I] * [t] = \text{A} \cdot \text{s} = \text{C}$$

Téma : Elektrický zdroj



Obvod lze rozdělit na vnější část a vnitřní část , obě části jsou rozděleny svorkami zdroje.

Vnější část :

- elektrostatické síly F_e konají práci
- nabitě částice ztrácejí svoji elektrickou potenciální energii, ta se přeměňuje na jiné formy energie
- Vnější část obvodu je tedy spotřebič
- Práce vykonaná elektrostatickými silami je dána vztahem $W = U * Q$
- Svorkové napětí označujeme od kladné svorky k záporné

Vnitřní část :

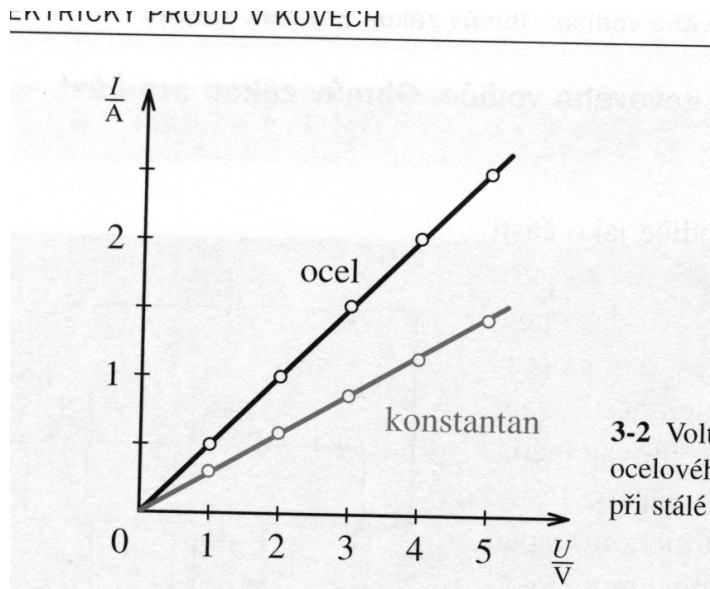
- elektrický proud probíhá i uvnitř zdroje proti elektrostatickým silám.
- práci konají neelektrické síly (galvanický článek, fotočlánek, termočlánek....)
- Neelektrické síly vykonají práci a tedy elektromotorické napětí je

$$U_e = \frac{W_z}{Q}$$

- Pro nezatížený zdroj (neprochází proud) platí : $U_0 = U_e$
- Při zatížení zdroje se ze svorek odebírají náboje , dojde k porušení rovnováhy neelektrických a elektrostatických sil, což udržuje trvalý elektrický proud. Práce neelektrických sil se částečně spotřebuje uvnitř zdroje. Musí platit : $W=U*Q < W_z = U_e * Q \dots\dots\dots U < U_e$
- Svorkové napětí zatíženého zdroje je menší než elektromotorické.

Fyzika7-06

Téma : Elektrický proud v kovech

Voltampérová charakteristika vodiče

Z charakteristiky je patrné, že proud je přímo úměrný napětí, jinak řečeno :

$$I = G * U$$

Konstanta G pro daný vodič se nazývá vodivost a její jednotkou je siemens (S).

Měrnou elektrickou vodivostí (konduktivita) myslíme :

$$\gamma = \frac{l * G}{S}$$

Převrácenou hodnotou vodivosti je elektrický odpor (rezistance) , kdy víme, že

platí ohmův zákon :
$$I = \frac{U}{R}$$

Měrný elektrický odpor (rezistivita) je dán vztahem :

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

Vztah mezi teplotou a elektrickým odporem :
$$R = R_0 * (1 + \alpha * \Delta t)$$

Teplotní součinitel elektrického odporu α

Stav vodivostních elektronů - pohybují se chaoticky kolem kladných iontů krystalové mřížky - **elektronový plyn**.

Po připojení napětí vedle tohoto chaotického pohybu nastane ve vodiči také unášivý pohyb - elektrický proud. Nepravidelnosti v krystalové mřížce potom tvoří elektrický odpor.

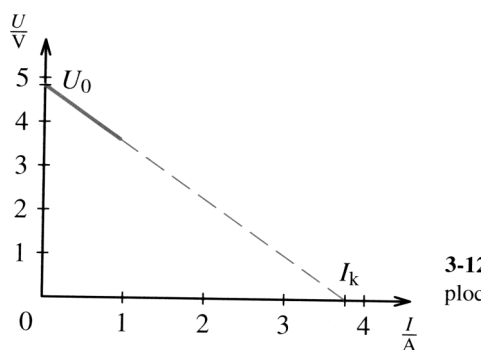
S teplotou elektrický odpor klesá, při velmi nízkých teplotách nastává **supravodivost**.

Spojování rezistorů :

- sériové
- paralelní

Ohmův zákon pro uzavřený obvod

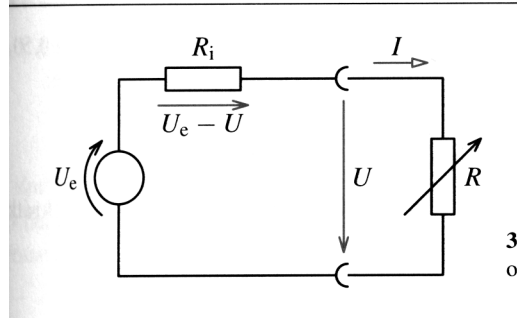
Zatěžovací charakteristika zdroje :



Obecně :
 $U = U_0 - k \cdot I$

Tedy zdroj se chová , jako by byl složen z ideálního zdroje a **vnitřního odporu**.

Zatěžovací charakteristika zdroje Ohmův zákon p...



$$U_e = U_0 = U + R_i \cdot I = R \cdot I + R_i \cdot I = I \cdot (R + R_i)$$

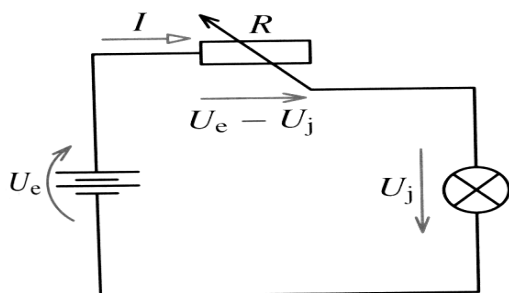
$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

Fyzika7-07

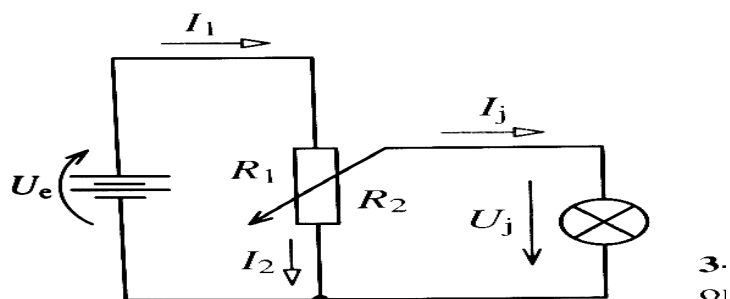
Téma : Elektrický obvod

Řízení obvodu reostatem

Změna velikosti elektrického proudu změnou sériově řazeného rezistoru.

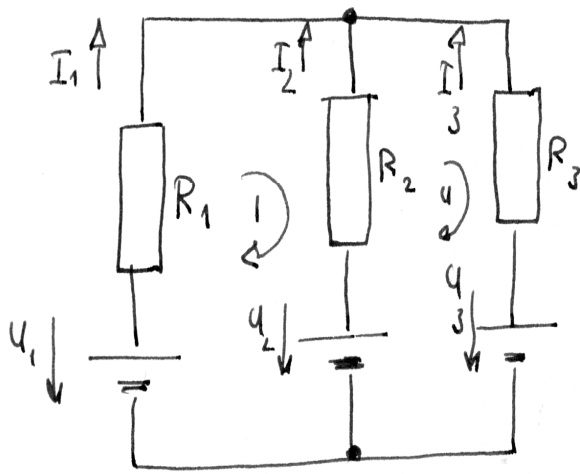
Řízení obvodu potenciometrem

Změna velikosti napětí při jeho rozdělení na paralelně zařazeném rezistoru (vzhledem ke zdroji). Obvod je kombinací sériového a paralelního spojení, regulace je možná od 0V.

Kirchhoffovy zákony

Názvosloví : elektroická síť (složitější obvod) , uzel sítě, větve

1. K.Z. - Algebraický součet proudů v uzlu je nulový
2. K.Z. - Součet úbytků napětí na rezistorech je v uzavřené smyčce stejný jako součet elektromotorických napětí zdrojů.



$$R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 3 \Omega$$

$$R_3 = 30 \Omega$$

$$U_1 = 10 \text{ V}$$

$$U_2 = 10 \text{ V}$$

$$U_3 = 3 \text{ V}$$

$$\text{A} \dots \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0$$

$$\text{I} \dots R_1 \bar{I}_1 - R_2 \bar{I}_2 - U_1 + U_2 = 0$$

$$\text{II} \dots R_2 \bar{I}_2 - R_3 \bar{I}_3 - U_2 + U_3 = 0$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 10 & -3 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & -30 & 7 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{aligned} \bar{I}_3 &= -0,22 \text{ A} \\ \bar{I}_2 &= 0,15 \text{ A} \\ \bar{I}_1 &= 0,07 \text{ A} \end{aligned}$$

Elektrická práce a výkon stejnosměrného proudu

Při konstantním proudu $Q = I * t$ $W = U * Q$

$$W = U * I * t$$

Při použití ohmova zákona : $W = R * I^2 * t$ (Joulovo teplo) a podobně

Platí : $P = \frac{W}{t}$ a tedy : $P = U * I$

Účinnost :
$$\eta = \frac{W}{W_z} = \frac{U * Q}{U_e * Q} = \frac{U}{U_e}$$

Pro obvod platí :

$$\eta = \frac{R}{R + R_i}$$

Fyzika7-08**Téma : Polovodič**Pojem polovodiče

Elektrické vlastnosti závisí na teplotě mnohem výrazněji než u vodičů.
Mezi polovodiče patří : křemík, germanium, selen, telur, uhlík a také sloučeniny jako arsenidgaliá.....

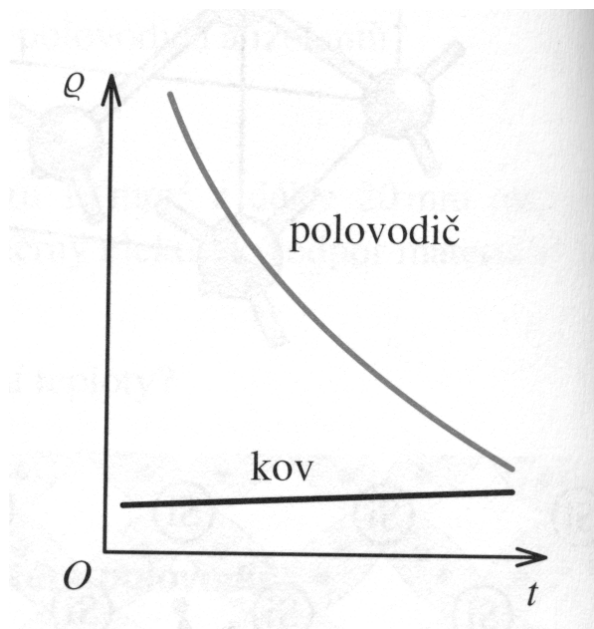
Termistor teplotně závislý rezistor

Fotorezistor.....změna odporu je závislá na osvětlení.

Vlastní vodivost - čistý polovodič

Čistý monokrystalický křemík - 4 vazebné elektrony za normálních teplot pevně vázány v okolních vazbách. Při vyšších teplotách dochází k jejich uvolnění a zvyšuje se vodivost.

Pojmy: díra, pár elektron - díra, rekombinace (zánik této dvojice), děrový proud a elektronový proud ($I = I_e + I_d$), vlastní polovodič, vlastní vodivost

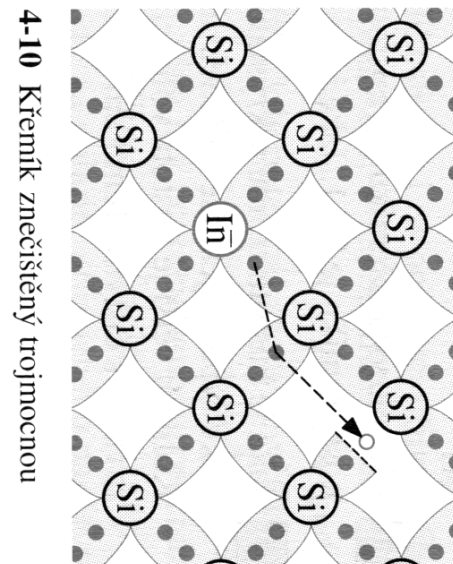
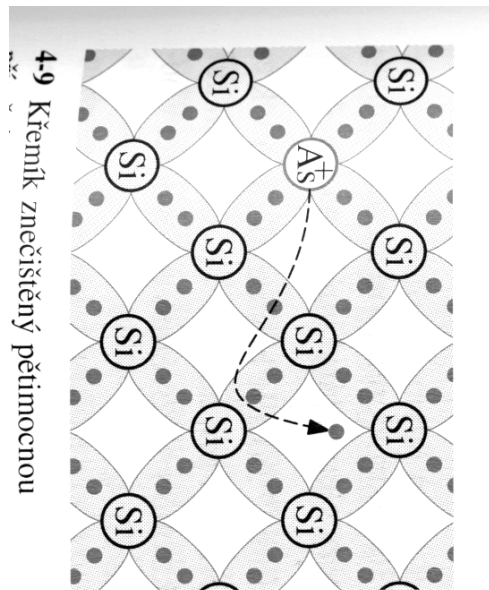


Vnitřní fotoelektrický jev - vodivost lze zvyšovat i dopadem světla na povrch polovodiče.

Příměsové polovodiče

a) Polovodič typu N - spojení křemíku a prvku s 5 valenčními elektrony (P , As , Sb...). Získáváme tak volná elektrona a vzniká elektronová , tedy negativní vodivost. Z příměsi se stane kladný iont - dárce elektronu, tedy donor.

b) Polovodiče typu P - spojení křemíku a prvku se 3 valenčními elektrony (B, Al, Ga, In...) získáváme kladnou, tedy děrovou vodivost. Příměs se stává záporným iontem a stává se akceptorem.



Fyzika7-09

Téma : Dioda, tranzistor

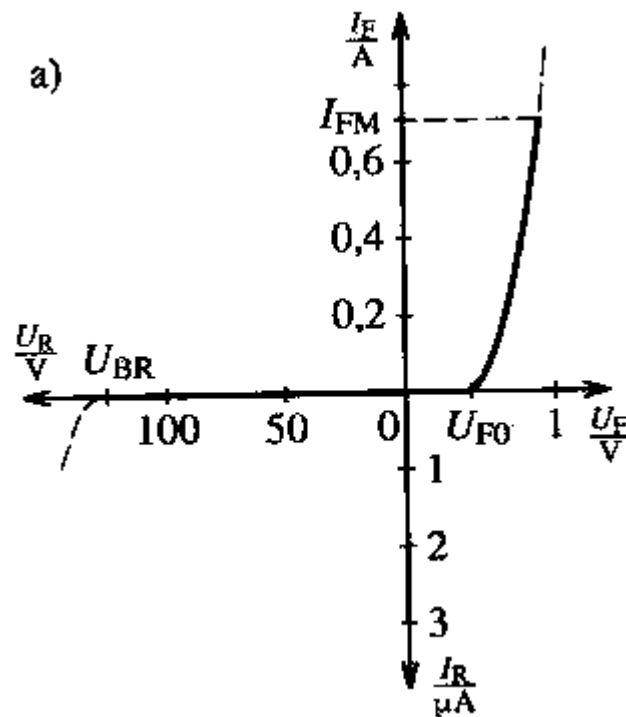
Opakování P-N přechodu v závěrném a propustném směru, princip diody

Potenciál anody je větší než katodypropustný směr

Hradlová vrstva

Diodový jevzávislost na polaritě

Voltampérová charakteristika diody



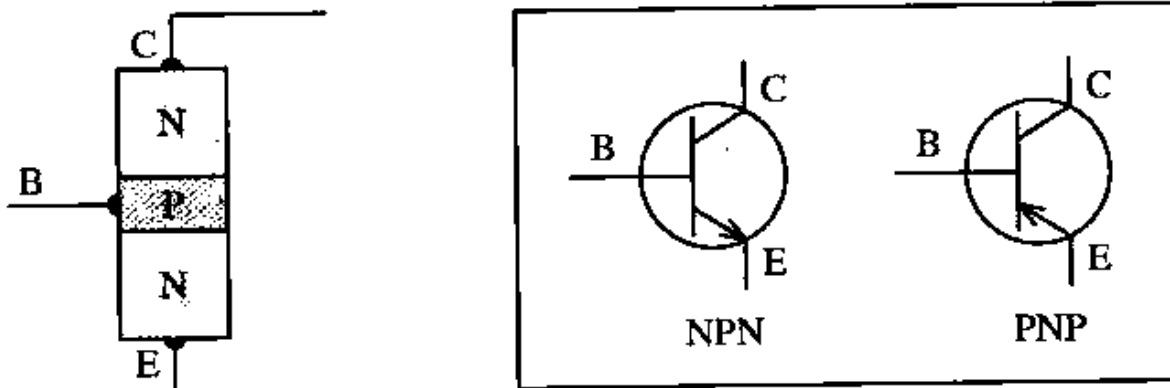
U_{FO} prahové napětí (0,6 V)

U_{BR}průrazné napětí

(Zenerova stabilizační dioda - Zenerovo napětí - nedestruktivní průraz)

Tranzistor

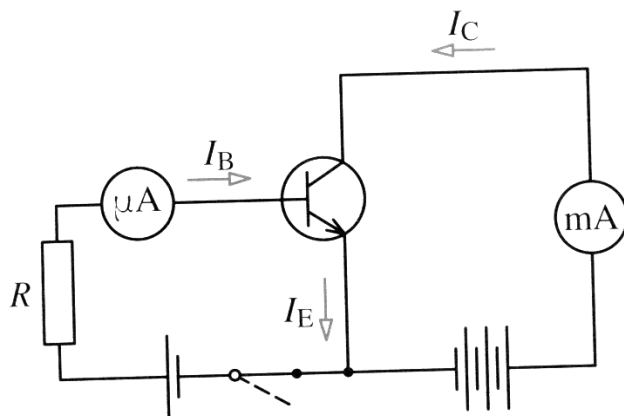
Dva typy NPN , PNP



4-19 Schematické značky tranzistorů

Základní části (C ... kolektor, B...báze , E emitor)

Princip činnosti :

Tranzistorový jev

4-21 Zapojení tranzistoru se společným emitorer

Malé napětí vzbuzuje v obvodu báze proud, který je příčinou mnohokrát většího proudu v obvodu kolektorovém.

Proudový zesilovací činitel
$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

Rozšíření kapitoly unipolární tranzistor C G B... polem řízené , vytvoření vodivého kanálu.

Fyzika7-10**Téma : Elektrický proud v kapalinách**Elektrolyt

Roztoky , případně taveniny, které vedou elektrický proud. Vodivost elektrolytu způsobují kladné a záporné ionty.

Elektrolytická disociace - rozpad látky na jednotlivé ionty.

Elektrické pole vzniká mezi anodou a katodou.

Anoda - spojená s kladným pólem zdroje, katoda se záporným. Látkové změny vyvolané průchodem proudu se nazývají elektrolýza.

Při elektrolýze se na katodě vždy vylučuje vodík nebo kov.

z počet elementárních nábojů pro vyloučení jedné molekuly

Npočet vyloučených molekul

Qprošlý náboj

$$Q = N * z * e$$

Pro hmotnost molekuly $m_m = \frac{M_m}{N_A}$

M_m molární hmotnost

N_A Avogadrova konstanta

$$m = m_m * N = \frac{M_m}{N_A} * \frac{Q}{e * z}$$

Faradayova konstanta $F = e * N_A$ ($\text{mol}^{-1} * \text{C}$)

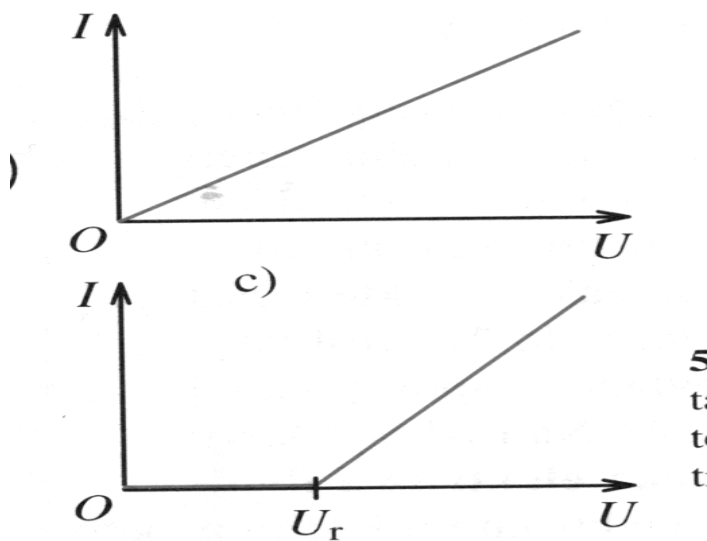
$$m = \frac{M_m}{Fz} * Q$$

Faradayův zákon :

Hmotnost m vyloučené látky je přímo úměrná prošlému náboji elektrolytem.

$$m = A * Q = A * I * t$$

A elektrochemický ekvivalent

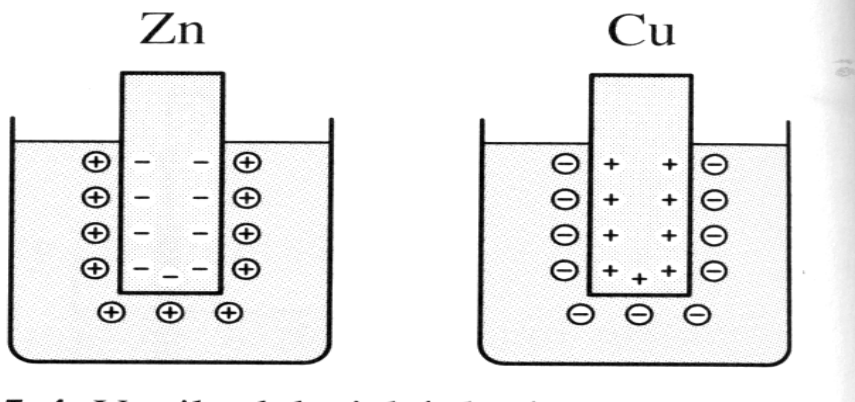
Voltamérová charakteristika

1) měděné elektrody - platí ohmův zákon, měrný odpor závisí na teplotě (klesá) vzhledem k lepšímu pohybu iontů

2) například uhlíkové elektrody - U_r rozkladné napětí.

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

Příčinou U_r jsou děje probíhající na elektrodách :

Elektrická dvojvrstva U_r .

Na měděných elektrodách 1) se vytvoří na obou stejné elektromotorické napětí obou dvojvrstev, které se navzájem ruší.

Na uhlíkových elektrodách vzniknou dvě různé dvojvrstvy (katoda pokrytá bublinkami vodíku, anoda bublinkami kyslíku), vzniká rozkladné napětí.

Elektrody se polarizují, jejich polarizační napětí je opačně orientované než vnější elektromotorické napětí připojeného zdroje.

DŮ : prostudovat zdroje z předchozího školního roku.

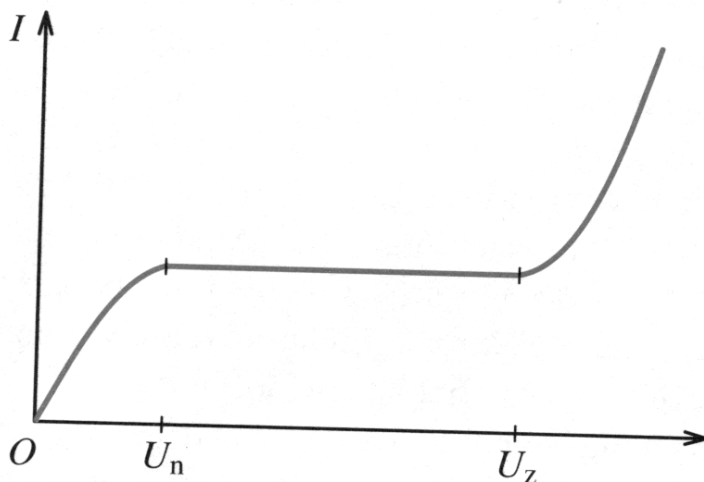
Kapacita akumulátoru $Q = I * t$ tedy v ampérhodinách.

Fyzika7-11

Téma : Elektrický proud v plynech

Nesamostatný výboj plynu

- ionizace - některé molekuly se rozštěpí na elektron a kladný ion
- ionizační energie v elektronvoltech ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$)
- záporný ion vznikne spojením elektronu vzniklého ionizací a neutrální molekuly
- anoda, katoda
- rekombinace - elektrický proud v plynu , který se udržuje jen po dobu působení ionizátoru , se nazývá nesamostatný výboj.
- měření v ionizační komoře, voltampérová charakteristika



malé napětí většina volných iontů zaniká rekombinací, předaný náboj je přímo úměrný napětí, platí ohmův zákon

U_nvětšina iontů je natolik uryvhlena , že nestačí rekombinovat a dostane se až k opačné elektrodě, komoru prochází nasycený proud.

U_z ...zápalné napětí, ionizace nárazem, kdy ionty vzniklé ionizací jsou již natolik urychleny, že mohou nárazem na neutrální molekulu vyvolat ionizaci, **vzniká samostatný výboj nezávislý na vnějším ionizátoru**. Vysoce ionizovaný plyn se nazývá plazma.

Sekundární emise dopadem urychlených iontů na elektrodu se z ní mohou uvolňovat volné elektrony. Tohoto děje lze docílit také tepelnou emisí nebo fotoemisí.

Téma : Katodové záření

Při probíhajícíím doutnavém výboji pozorujeme v blízkosti katody namodralé světlo - katodové doutnavé světlo. Zbytek trubice je zaplněn anodovým sloupcem.

Mezi katodou a katodovým doutnavým výbojem je velký potenciálový spád, elektrické pole zde má velkou intenzitu. Kladné ionty jsou silně urychlovány a způsobí při dopadu na katodu sekundární emisi elektronů. Elektrony postupují k anodě a způsobují lavinovou ionizaci plynu.

Použití doutnavého výboje viz minulý školní rok.

Opatříme-li katodu otvorem - kanálem - pronikají kladné ionty za katodu a vytvoří světélkování - **kanálové záření**.

Pokud vytvoříme otvor také v anodě, budou otvorem prolétat elektrony, pozorujeme jako světélkování za anodou a mluvíme o **katodovém záření**.

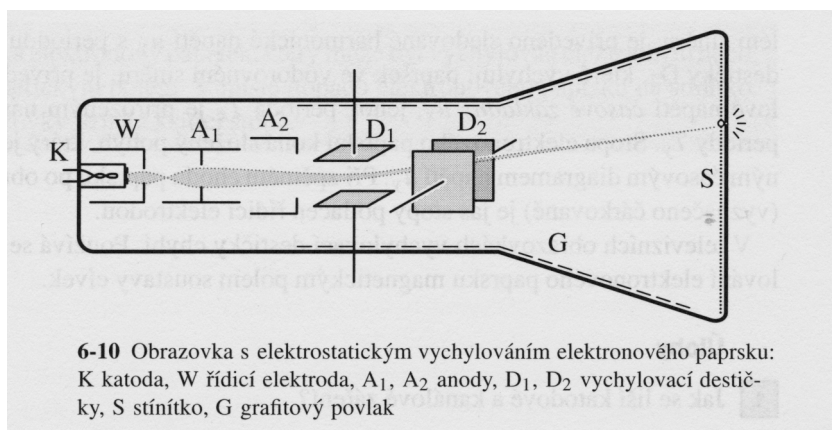
Při snížení tlaku pod 1 Pa katodové doutnavé světlo a anodový sloupec zmizí, elektrony prolétají bez srážek celou trubicí a za anodou pozorujeme silné zelené světélkování.

Vlastnosti katodového záření

- dopadem šikmo na stínítko způsobují světélkování
- magnetické pole vychyluje paprsek (stejně pole elektrické)
- mechanické účinky - roztočí mlýnek
- tepelné - lze rozžhavit anodu
- chemické - exponování materiálu

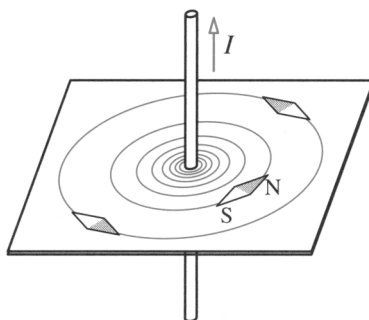
Obrazová elektronka - obrazovka

Elektrony vznikají tepelnou emisí při žhavení katody při velmi sníženém tlaku.

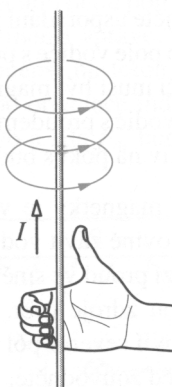


Téma : Magnetické pole vodiče s proudem

Magnetická indukční čára - prostorově orientovaná křivka, jejíž tečna v daném bodě má směr malé magnetky umístěné v tomto bodě.



Ampérovo pravidlo pravé ruky - uchopíme-li vodič tak, aby palec ukazoval dohodnutý směr proudu ve vodiči, prsty pak ukazují orientaci magnetických indukčních čar.

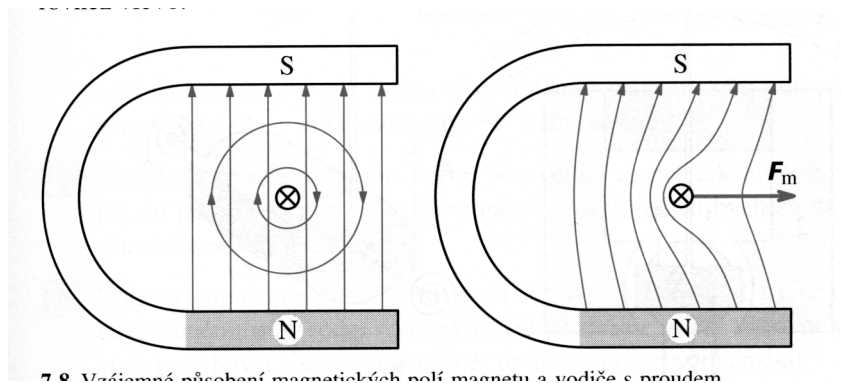


Zdrojem magnetického pole vodiče je pohybující se elektrický náboj. Magnetické indukční čáry jsou uzavřené křivky. Magnetické pole označujeme jako vírové.

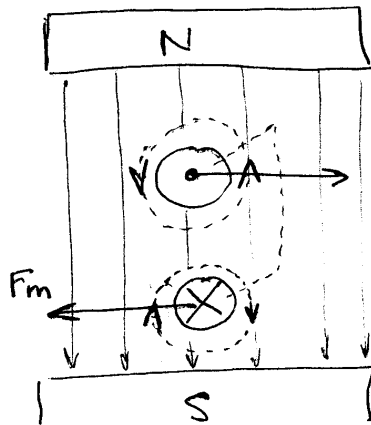
Elektrické pole je tvořeno nepohyblivými tělesy a nábojem. Na náboji siločáry elektrického pole začínají a například na opačném končí. Mlívíme o poli zřídlovém.

Magnetická síla

Při vložení vodiče, kterým prochází elektrický proud a kolem něhož se tak vytvoří magnetického pole, např. do pole vytvořeného trvalým magnetem, dojde k interakci obou polí. Výsledná magnetická síla působí směrem do místa s menší hustotou siločar.

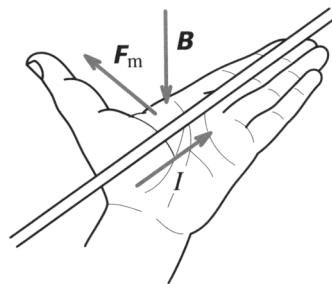
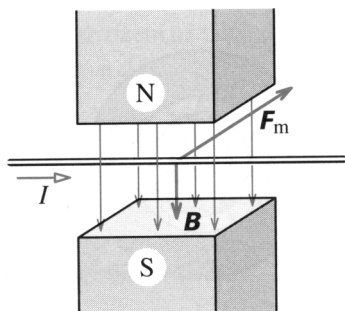


7.9. Vzájemné působení magnetických polí magnetu a vodiče s proudem



Magnetická indukce

Velikost magnetické síly zřejmě závisí na velikosti protékajícího proudu a kolmém průmětu délky vodiče k siločarám v mag. poli.



$$F_m = B * I * l * \sin \alpha \quad (\text{Ampérův zákon})$$

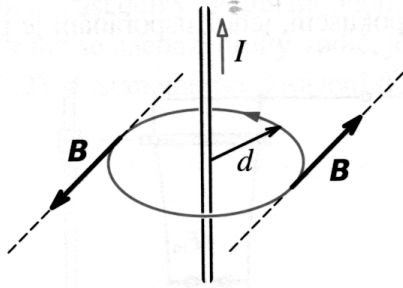
B vektorová veličina, která charakterizuje magnetické pole. Nazýváme ji magnetická indukce.

Jednotkou magnetické indukce je tesla (T).

Flemingovo pravidlo levé ruky :

Položíme-li otevřenou levou ruku k přímému vodiči tak, aby prsty ukazovaly směr proudu a indukční čáry vstupovaly do dlaně , ukazuje odtažený palec směr síly, kterou působí magnetické pole na vodič.

Téma : Magnetické pole rovnoběžných vodičů a cívky

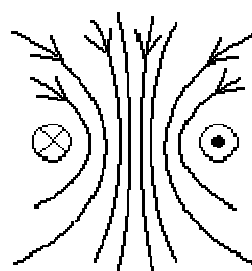
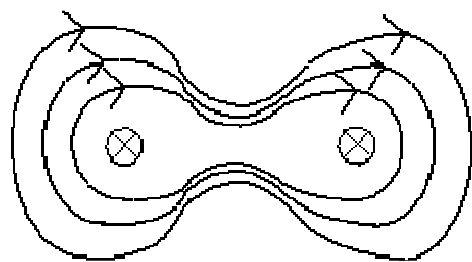
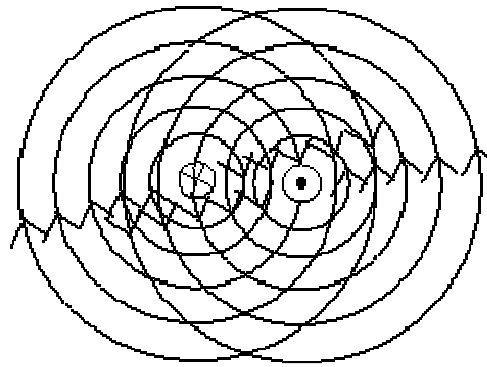
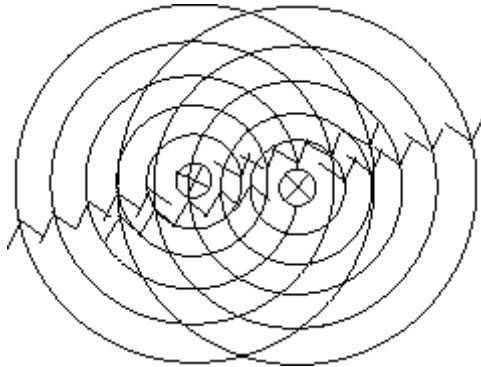


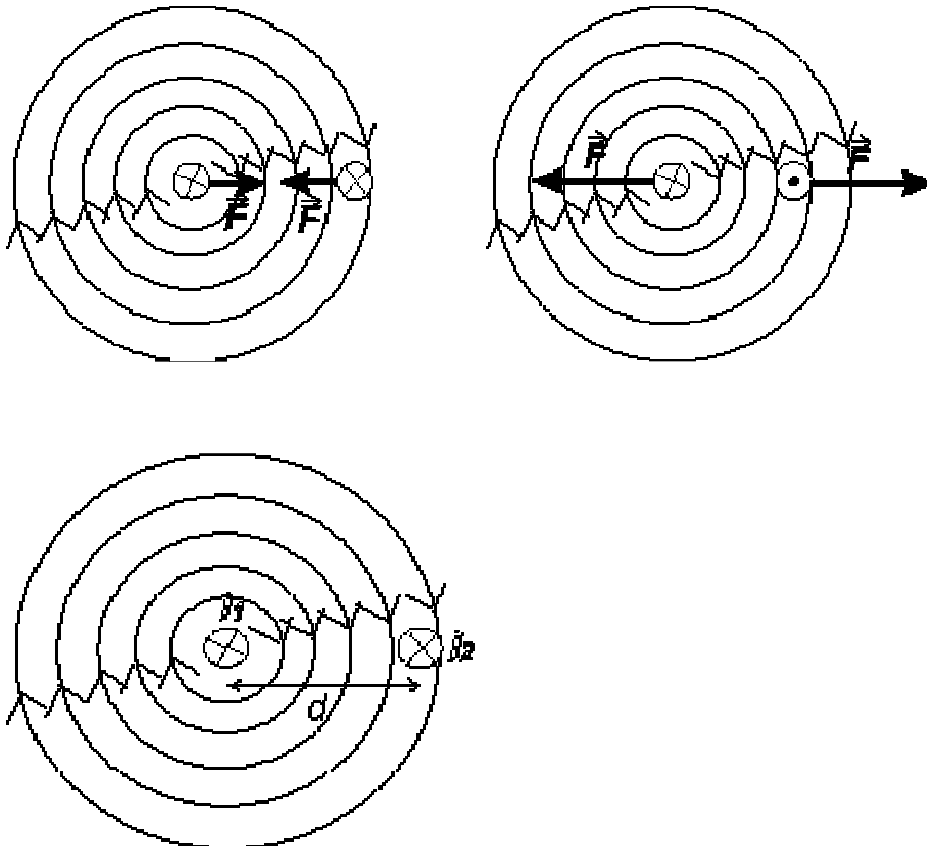
7.15 Magnetická indukce pole

$$B = \mu \frac{I}{2 \pi d} \quad \mu \dots \dots \dots \text{permeabilita prostředí}$$

Pro permeabilitu vakua platí $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$

Pro relativní permeabilitu platí $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$

Dva rovnoběžné vodiče



délka vodičů l
 permeabilita prostředí ... μ

Velikost indukce magnetického pole , kterou vytváří vodič 1 v místě 2, je

$$B = \frac{\mu I_1}{2\pi d}$$

Na vodič 2 působí v tomto místě síla $F = BI_2l$. Po dosazení za velikost magnetické indukce dostáváme vztah

$$F = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{d} \quad (\text{definice 1 A})$$

Magnetické pole cívky

Dlouhá cívka tvaru válce solenoid

Ampérovo pravidlo pravé ruky ... pravou ruku položíme na cívku tak, že prsty ukazují směr proudu, potom palec ukazuje orientaci magnetických indukčních čar v dutině cívky.

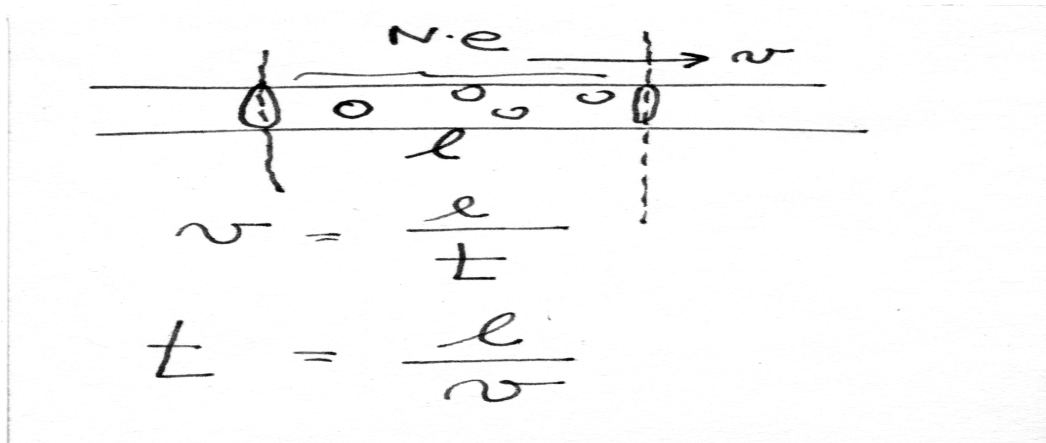
$$B = \mu \frac{N * I}{l}$$

Téma : Magnetické vlastnosti látek

Částice s nábojem v magnetickém poli

Pokud se ve vodiči pohybuje N elektronů , potom $Q = e * N$

Velikost elektrického proudu $I = \frac{Q}{t} = \frac{N * e * v}{l}$



Při znalosti vztahu $F_m = BIl$

Zřejmě platí

$$F_m = Bev$$

Na elektrony tedy působí magnetická síla, která zakřivuje jejich trajektorii. Síla bude maximální , pokud je směr pohybující se částice (elektronu) kolmý na směr indukce a nulová, pokud se částice pohybuje ve směru indukce (sin daného úhlu).

Lorentzova síla

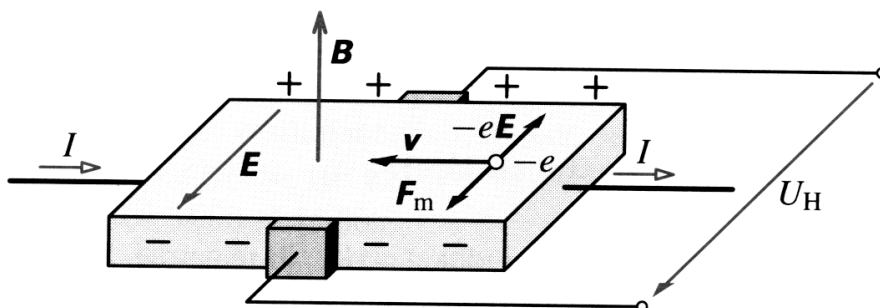
Směr magnetické síly na **kladnou částici** se řídí flemingovým pravidlem levé ruky.

Pokud se tedy částice pohybuje jak v elektrickém, tak i magnetickém poli, působí na ní výsledná Lorentzova síla

$$\vec{F}_L = \vec{F}_e + \vec{F}_m$$

Hallův jev

Vlivem zakřivení trajektorie částic vznikne rozdíl potenciálů (Hallovo napětí) na obou stranách vodiče.



7-25 K výkladu Hallova jevu

Magnetické vlastnosti látek

Ve vztahu pro magnetickou indukci :
$$B = \mu \frac{NI}{l}$$

je veličina permeabilita , která závisí na prostředí. Podle toho, zda dané prostředí magnetické pole zesiluje, či zeslabuje rozdělujeme látky do skupin :

- Diamagnetické látky - mírně zeslabují magnetické pole (zlato, měď , rtuť..., kapaliny, plyny...) $\mu_r = 0,9999.....$
- Paramagnetické látky - mírně zesilují magnetické pole (sodík, draslík, platina, hliník a většina kovů) $\mu_r = 1,000023$
- Feromagnetické látky - značně zesilují magnetické pole (železo, kobalt, nikl...) a tkzv. ferity - sloučenina oxidu železa s oxidy jiných prvků.
 $\mu_r = \langle 100;100000 \rangle$

Feromagnetismus je dán strukturou látky , ne jednotlivými atomy a proto se feromagnetické látky v kapalném a nebo plynném stavu chovají jako paramagnetické.

Pro feromagnetickou látku existuje určitá teplota (Curieova) za kterou se chovají jako látky paramagnetické. (Pro železo 770°C)

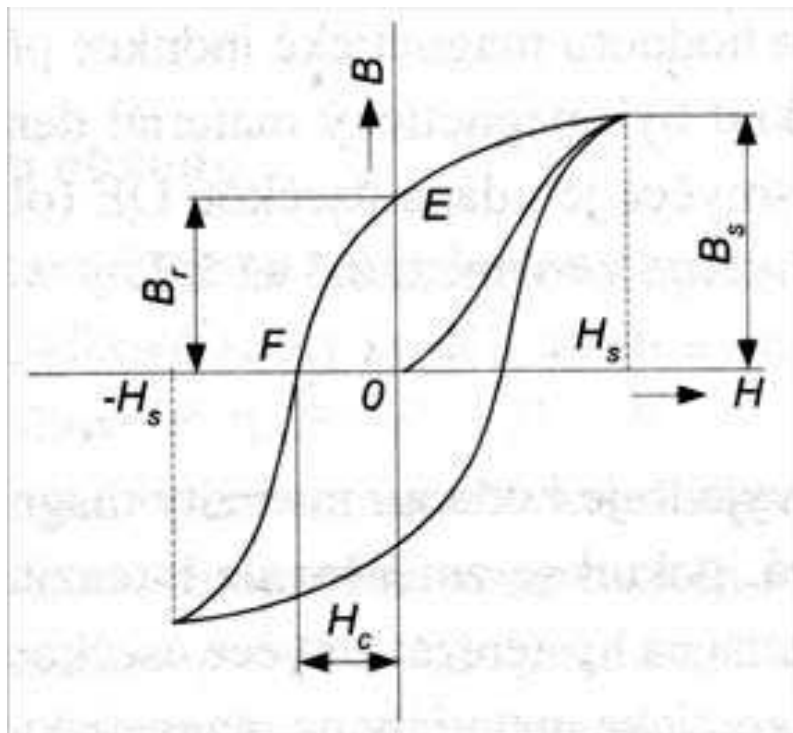
Elektromagnet

Cívka s jádrem z magneticky měkké oceli.

Při rostoucím proudu procházejícím cívkou se zvětšují magnetické vlastnosti (indukce) až do určité hodnoty. Za touto hodnotou se magnetické vlastnosti již nezvyšují, magnetická indukce dosáhla maximální hodnoty - **mluvíme o bodu magnetického nasycení**.

Po odebrání proudu zůstane v jádře zbytková- remanentní indukce. Podle velikosti této remanentní indukce B_r lze dělit materiál na magneticky měkký a magneticky tvrdý.

Hysterezní smyčka



Téma : Nestacionární magnetické pole

Magnetická indukce se s časem mění

Elektromagnetická indukce

Nestacionární magnetické pole je příčinou vzniku indukovaného elektrického pole a tento jev nazýváme elektromagnetická indukce. Na koncích cívky vzniká indukované elektromotorické napětí U_i a uzavřeným obvodem prochází indukovaný proud I_i .

Magnetický indukční tok

Definujme fyzikální veličinu magnetický indukční tok Φ

$$\Phi = B \cdot S$$

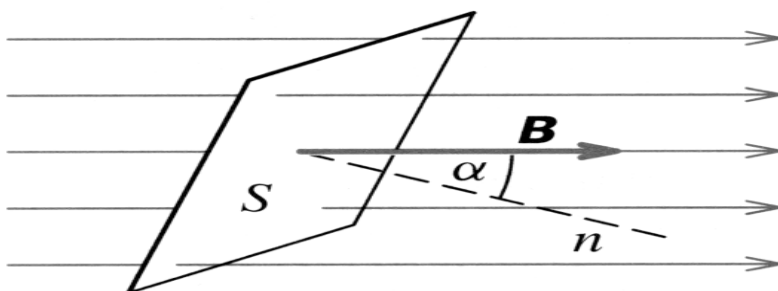
Jednotkou indukčního toku je **weber** $\text{Wb} = \text{T}\cdot\text{m}^2$.

Pro nestacionární magnetické pole je charakteristické, že se dochází ke změně magnetického toku s časem

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Zvláštní případy :

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

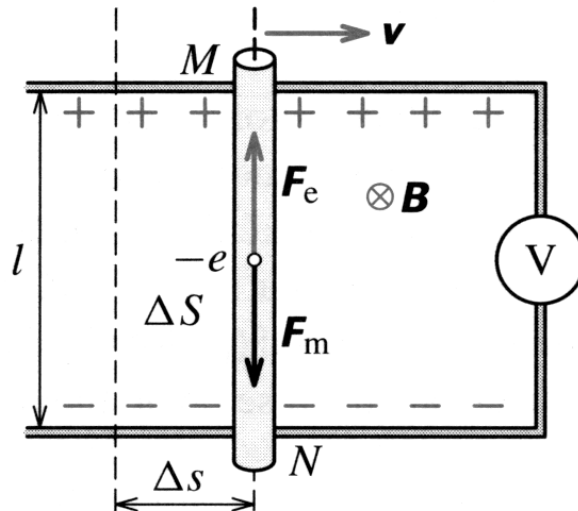


8-3 K výkladu pojmu magnetický

Faradayův zákon -elektromagnetická indukce

Jestliže magnetický indukční tok plochou ohraničenou vodičem se za dobu Δt změní o $\Delta\Phi$, indukuje se ve vodiči elektromotorické napětí se střední hodnotou

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



$$F_m = Bev$$

$$E = \frac{F_m}{e}$$

$$U_i = E_i * l = B * v * l$$

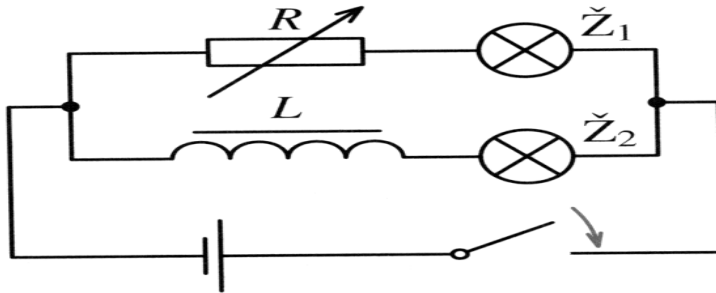
$$|U_i| = B \frac{\Delta s * l}{\Delta t} = \frac{B * \Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Indukovaný elektrický proud - Lenzův zákon

Indukovaný elektrický proud v uzavřeném obvodu má takový směr, že svým magnetickým polem působí proti změně magnetického indukčního toku, která je jeho příčinou. (viz učebnice str. 167)

Téma : Vlastní indukce

Indukované elektrické pole vzniká ve vodiči i při změnách magnetického pole, které vytváří proud procházející vlastním vodičem. Tento jev se nazývá vlastní indukce.



8.13 Demonstrace vlastní indukce

Indukční tok, který vytvořilo vlastní magnetické pole v cívce je úměrný procházejícímu proudu

$$\Phi = L * I$$

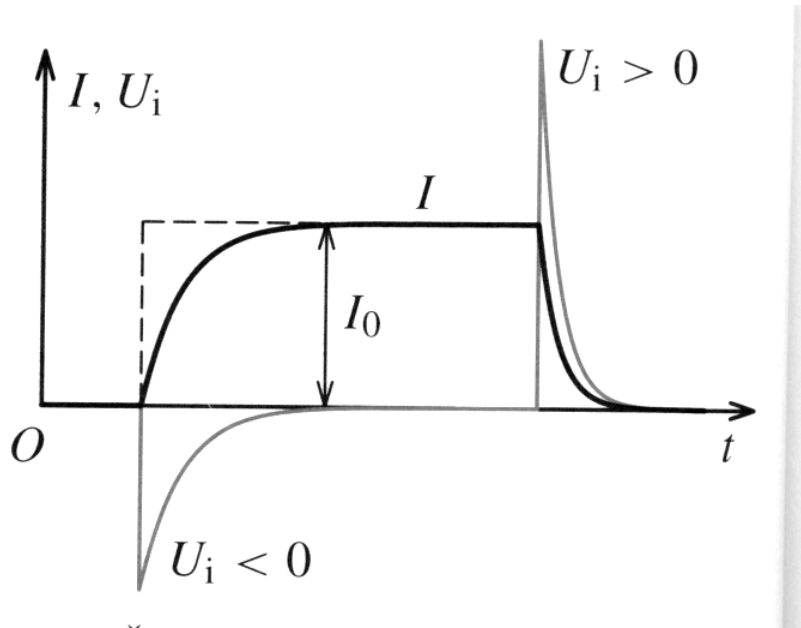
L.....indukčnost cívky, jednotkou je henry $L = \frac{Wb}{A}$

Pro cívku tedy platí :

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

Přechodový děj

Při zapínání nebo vypínání obvodu s cívkou



Proud v obvodu z předchozí kapitoly je určen vztahem :

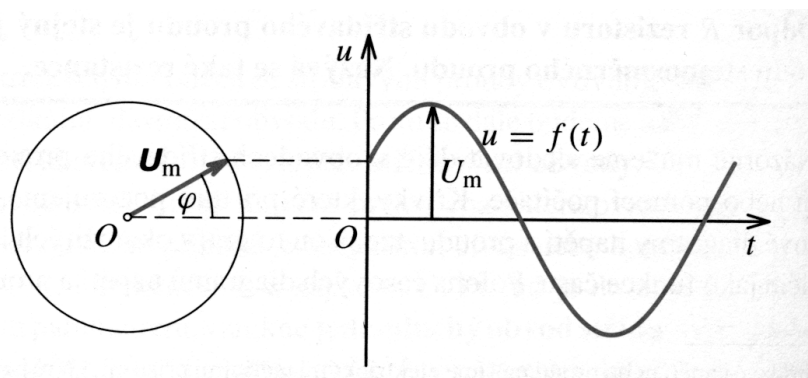
$$I = \frac{U_e + U_i}{R} = \frac{U_e - L \frac{\Delta I}{\Delta t}}{R}$$

Energie :

$$E_m = \frac{1}{2} LI^2$$

Téma : Střídavý proud

- $u = U_m \cdot \sin \omega t$
- harmonické elektrické kmitání
- frekvence
- obvody střídavého proudu
- jednoduchý a složený obvod střídavého proudu

Znázornění střídavé veličiny fázorem (fázorový diagram)

Proměnné napětí s harmonickým průběhem je střídavé napětí a elektrickým obvodem prochází střídavý proud , který má rovněž harmonický průběh.

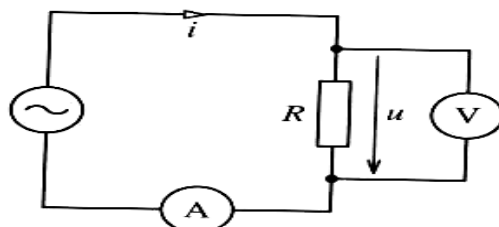
Obvod střídavého proudu s odporem

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t.$$

Veličina

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

je **amplituda střídavého proudu.**

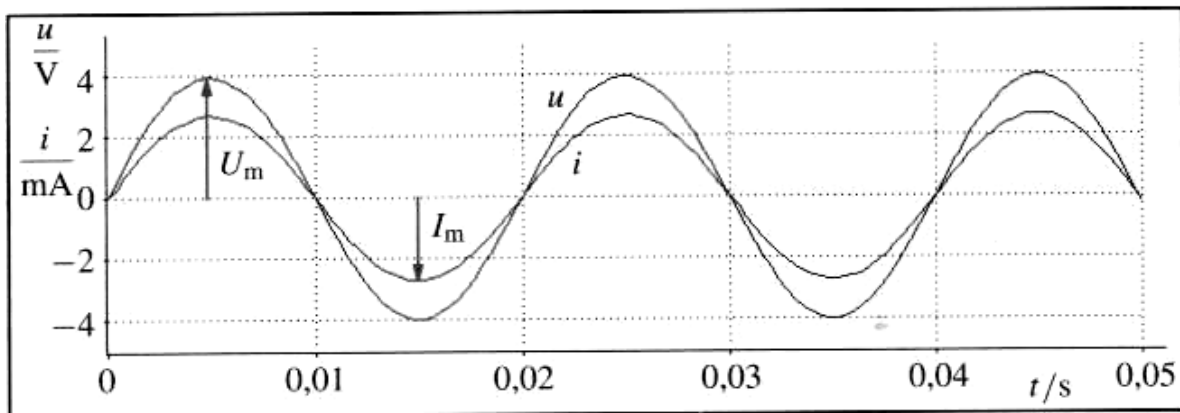


9-1 Obvod střídavého proudu s rezistorem

Pro střídavý proud s odporem platí Ohmův zákon stejně jako pro obvod se stejnosměrným proudem.* Amplituda střídavého proudu nezávisí na jeho frekvenci.

Odpor R rezistoru v obvodu střídavého proudu je stejný jako v obvodu stejnosměrného proudu. Nazývá se také rezistance.

Rezistance střídavého obvodu nemá vliv na fázový rozdíl střídavého napětí a proudu. V jednoduchém obvodu s proudem mají obě veličiny stejnou fázi a jejich fázový rozdíl je nulový.



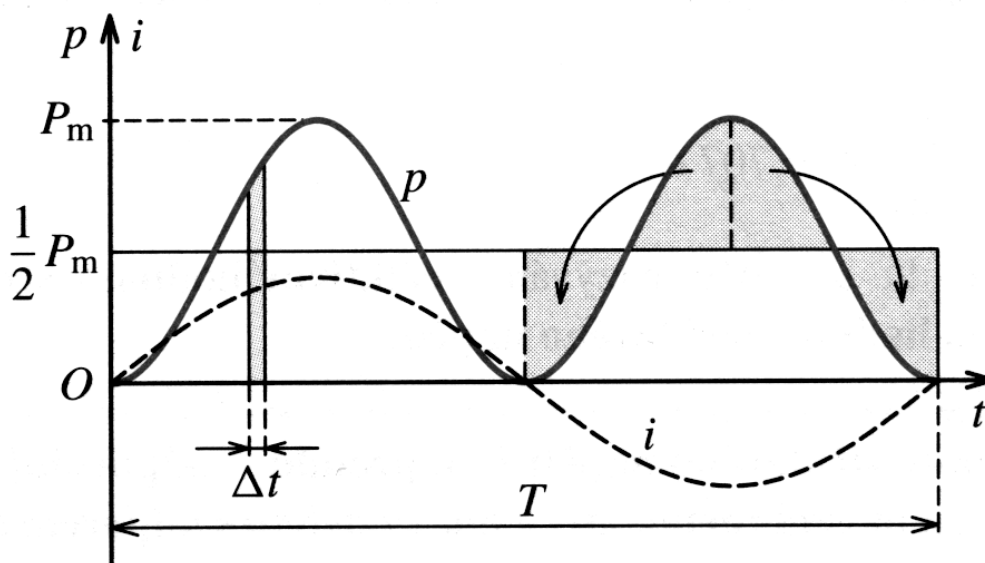
Efektivní hodnota střídavého proudu

$$p = u \cdot i$$

$$p = R \cdot i^2$$

$$p = R \cdot I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t$$

$$W = p \cdot t$$



$$W = \frac{P_m}{2} T = \frac{1}{2} I_m^2 R T.$$

Střední hodnota výkonu

$$\bar{P} = \frac{W}{T} = \frac{1}{2} P_m = \frac{1}{2} I_m^2 R.$$

Fyzikálně můžeme tento výsledek vyložit tak, že harmonický střídavý proud o amplitudě I_m má stejný střední výkon jako ustálený stejnosměrný proud takové velikosti I , že platí

$$I^2 R = \frac{1}{2} I_m^2 R,$$

čili

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 I_m.$$

Obdobnou úvahou bychom dospěli k závěru, že v obvodu s odporem má střídavý proud o napětí $u = U_m \sin \omega t$ stejný výkon jako ustálený stejnosměrný proud o napětí

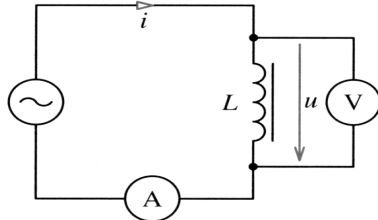
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 U_m.$$

Tyto hodnoty proudu a napětí nazýváme **efektivní hodnota střídavého proudu** a **efektivní hodnota střídavého napětí**.

Efektivní hodnoty střídavého napětí U a proudu I odpovídají hodnotám proudu stejnosměrného, který má v obvodu s odporem stejný výkon jako daný proud střídavý. Pro výkon střídavého proudu v obvodu s odporem platí vztah

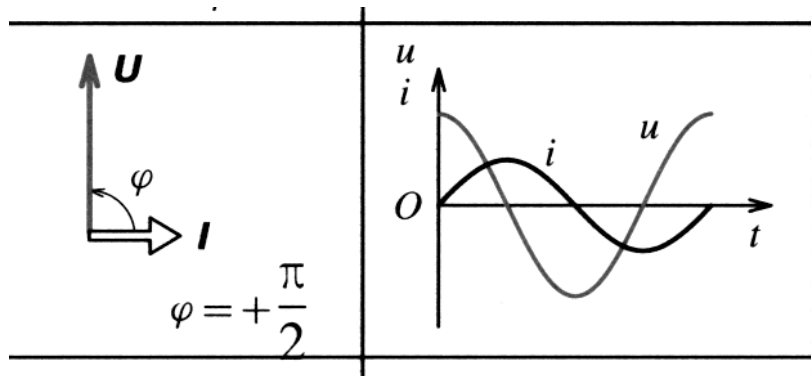
$$P = UI.$$

Téma : Cívka a kondenzátor

Obvod střídavého proudu s indukčností

Průchodem střídavého proudu se indukuje v cívce napětí opačného směru než je napětí zdroje. To způsobí, že proud nabývá v obvodu nejvyšší hodnoty později než napětí.

Napětí předbíhá proud o fázový rozdíl $\varphi = \frac{\pi}{2}$.



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

Cívka se chová jako prvek s odporem, kde se ovšem energie nepřeměňuje na teplo, ale dochází ke změně magnetického pole.

$$X_L = \frac{U}{I} \dots\dots\dots \text{induktance (jednotka je ohm)}.$$

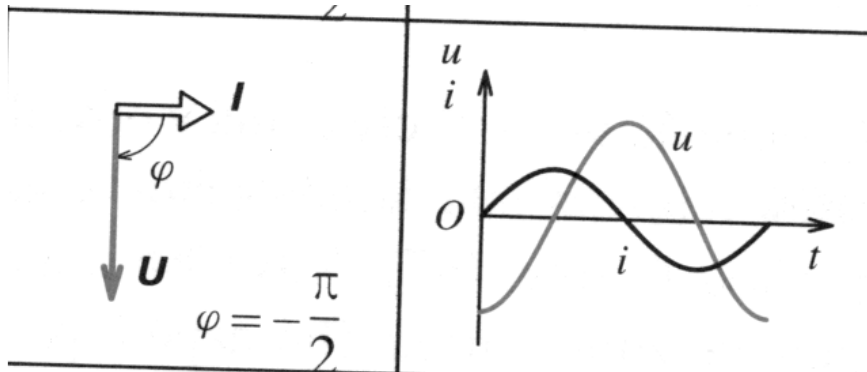
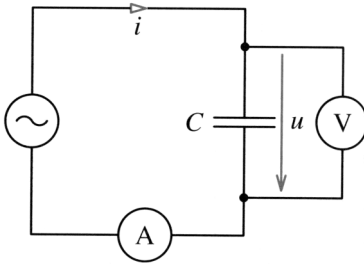
Platí vztah :

$$X_L = \omega L$$

Obvod střídavého proudu s kapacitou

Kondenzátor se v obvodu střídavě nabíjí a vybíjí. Mění se intenzita elektrického pole, proud však kondenzátorem neprochází. V okamžiku, kdy je kondenzátor nenabitý - napětí mezi deskami je nulové - je nabíjecí proud nejsilnější.

Napětí se tak za proudem zpožďuje o hodnotu fázového rozdílu $\varphi = -\frac{\pi}{2}$.

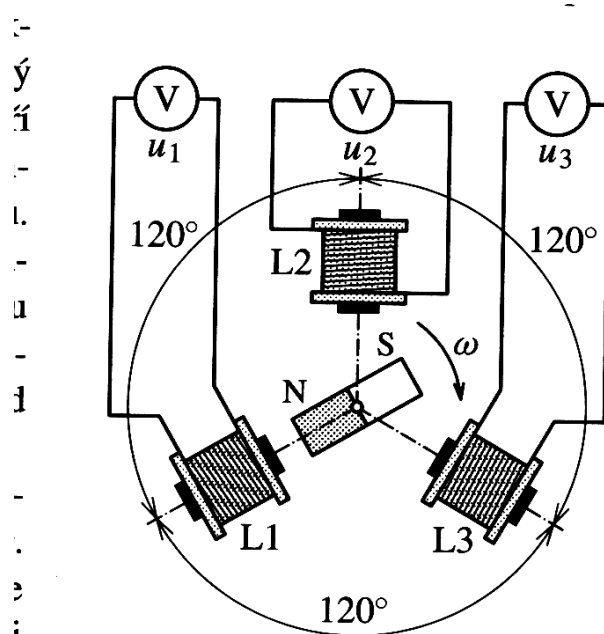


$$u = U_m * \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Kapacitance (ohm)..... $X_C = \frac{U}{I}$

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

Generátor střídavého proudu

Trojfázový alternátor

10-1 Trojfázový alternátor

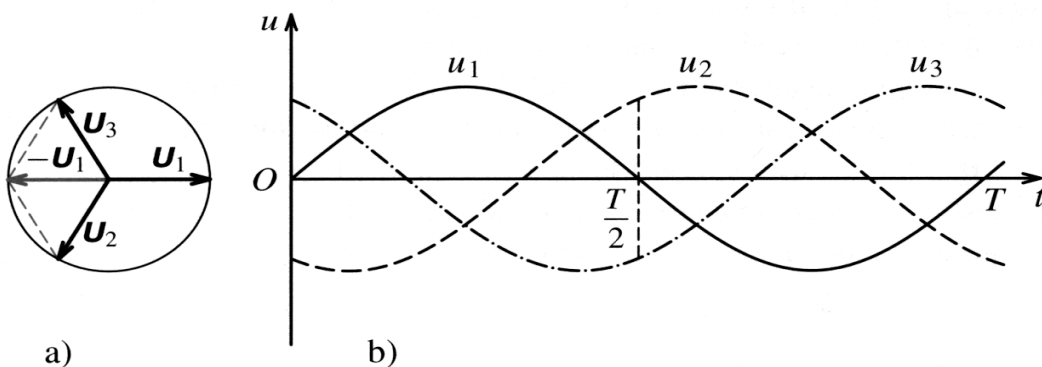
U₃ perodu. Platí pro ně rovnice.

$$u_1 = U_m \sin \omega t,$$

$$u_2 = U_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right),$$

$$u_3 = U_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right).$$

Časový a fázorový diagram těchto napětí je na obr. 10-2.



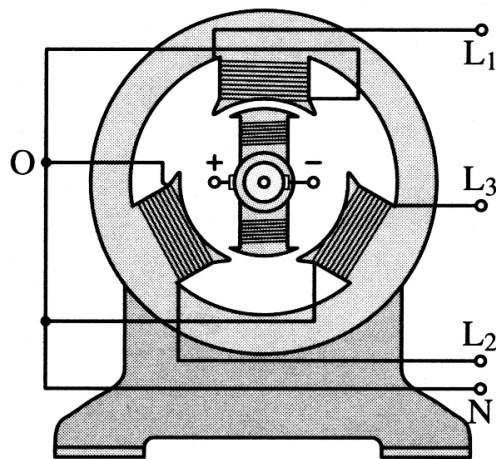
Spojení turbína + generátor = turboalternátor.

Magnet (rotor) je vytvořen jako elektromagnet.....budič.

Spojení tří fází do uzlu, trojfázová soustava

$$\begin{aligned}
 \frac{2\bar{u}}{3} & \dots\dots 120^\circ \\
 \frac{4\bar{u}}{3} & \dots\dots 240^\circ \\
 \vec{u} &= \vec{u}_1 + \vec{u}_2 + \vec{u}_3 = U_m \cdot \sin \omega t + U_m \cdot \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \\
 & + U_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) = \\
 & = U_m \cdot \left(\sin \omega t + \sin \omega t \cdot \cos \frac{2\pi}{3} - \sin \frac{2\pi}{3} \cdot \cos \omega t + \right. \\
 & \quad \left. + \sin \omega t \cdot \cos \frac{4\pi}{3} - \sin \frac{4\pi}{3} \cdot \cos \omega t \right) = \\
 & = U_m \cdot \left[\sin \omega t \left(1 + \cos \frac{2\pi}{3} + \cos \frac{4\pi}{3} \right) + \cos \omega t \left(-\sin \frac{2\pi}{3} - \sin \frac{4\pi}{3} \right) \right] \\
 & = U_m \cdot \left[\sin \omega t \left(1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) + \cos \omega t \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] = 0
 \end{aligned}$$

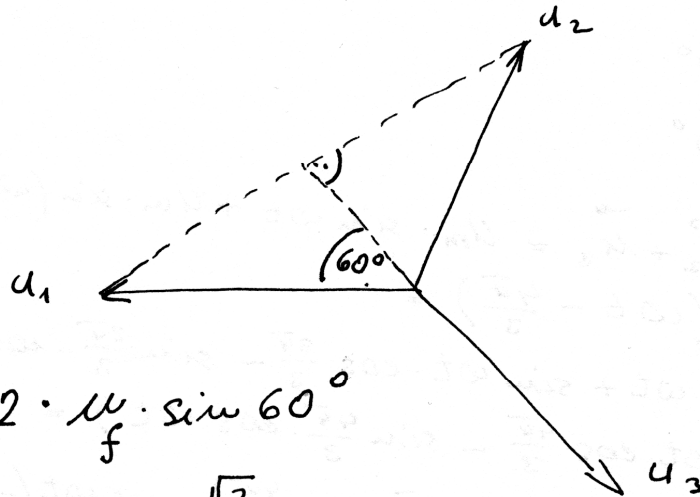
Funkce uzlu u alternátoru

10-4
nátor

Fázové a sdružené napětí

U_f napětí mezi fázovým vodičem (L1 nebo L2 nebo L3 a N)

U_ssdružené napětí naměřené mezi dvěma fázovými vodiči



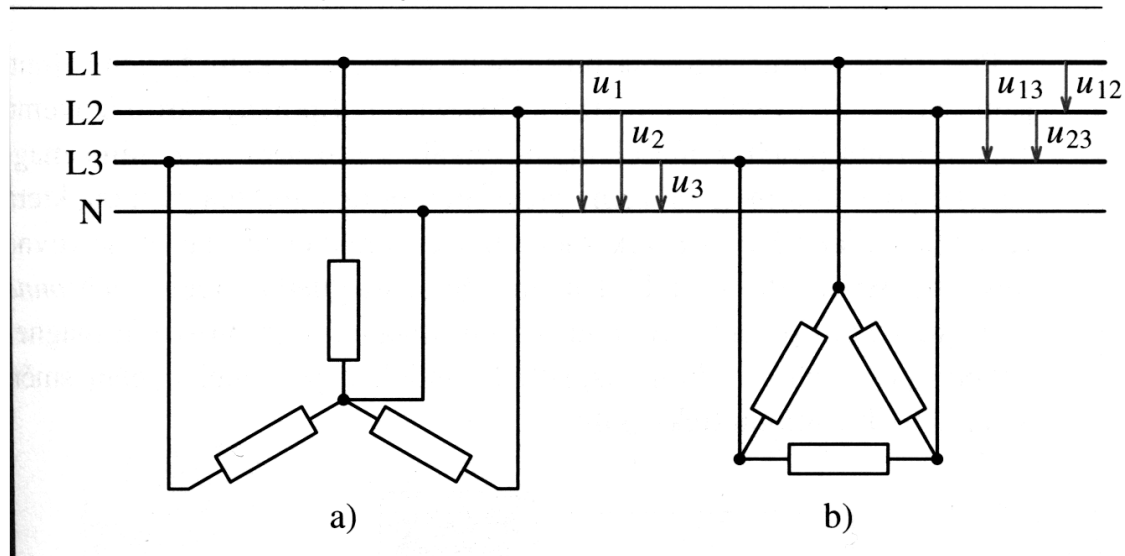
$$U_s = 2 \cdot U_f \cdot \sin 60^\circ$$

$$U_s = 2 \cdot U_f \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$U_s = \sqrt{3} \cdot U_f$$

Spojení hvězda - trojúhelník

0.5 Elektromotor na trojfázový proud

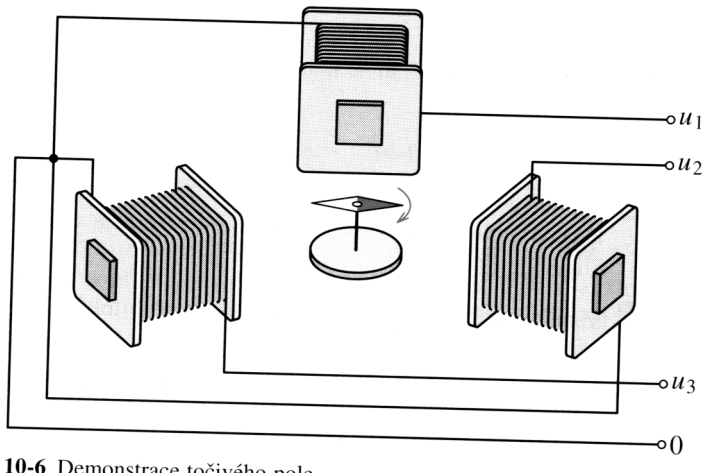


Elektromotor a transformátor

Elektromotor

Vznik točivého magnetického pole, synchronní otáčky

.....točivé magnetické pole.



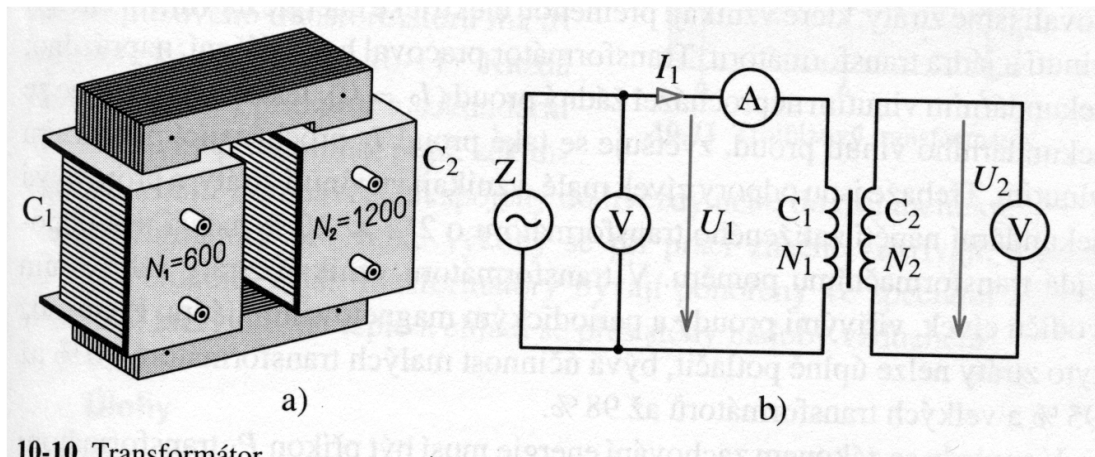
10-6 Demonstrace točivého pole

- klecové vinutí
- motor s kotvou nakrátko
- trojfázový asynchronní elektromotor
- skluz

$$s = \frac{f_p - f_r}{f_p}$$

f_p frekvence otáčivého pole

f_rfrekvence rotoru

Transformátor

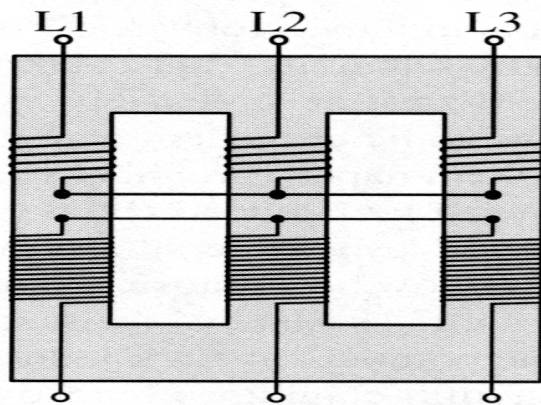
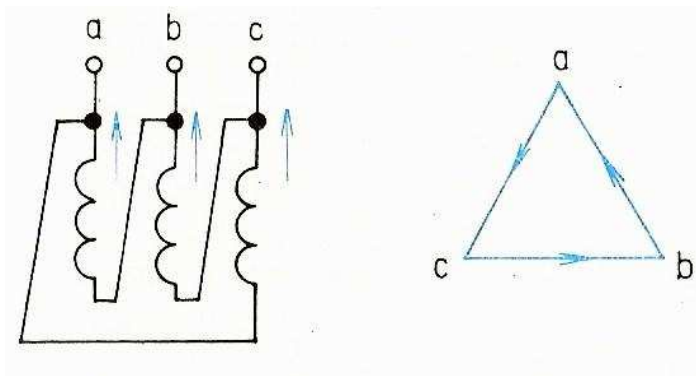
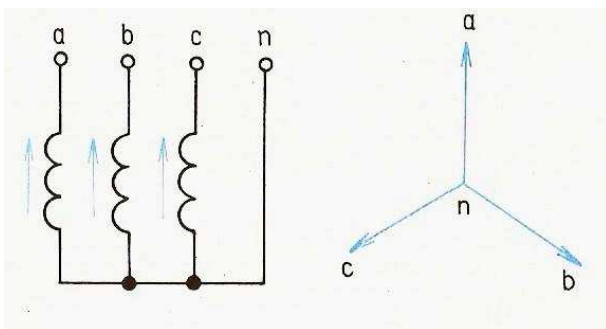
$$u_1 = -N_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$u_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Transformační poměr
$$p = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Pro výkon musí platit.....
$$U_1 I_1 \cos \varphi_1 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$$

pro zatížení pouze rezistancí
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

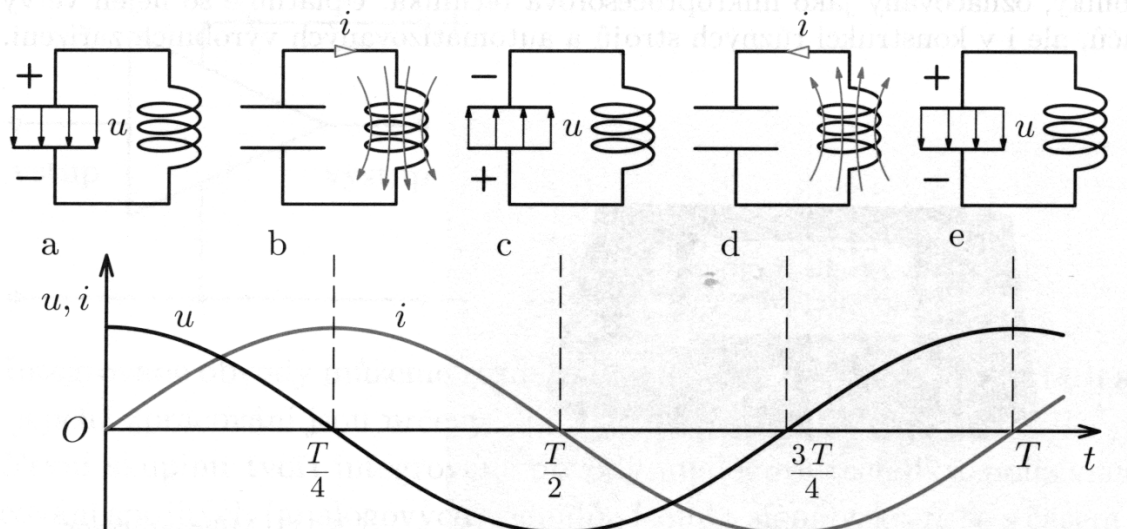
Trojfázový transformátor**10-11** Trojfázový transformátor

Elektromagnetický oscilátor

LC obvod bez rezistoru, k nabitému kondenzátoru připojíme cívku. Tak jak se kondenzátor vybíjí a zmenšuje se energie elektrického pole, zvětšuje se proud procházející cívkou a v cívce se vytváří magnetické pole.

Energie elektrického pole kondenzátoru se mění v energii magnetického pole cívky.

Kondenzátor se vybije za čtvrtinu periody, kdy celková energie oscilátoru je dána pouze energií magnetického pole cívky. Kondenzátor je vybit, proud se začíná zmenšovat, což způsobí indukované napětí na cívce. Obvodem prochází indukovaný proud opačné polarity, který kondenzátor znovu nabíjí.



Vlivem elektrického odporu je elektromagnetické kmitání tlumené.

Perioda kmitání oscilátoru

Z grafu je patrné, že periodu kmitání lze měřit při rovnosti napětí na cívce a na kondenzátoru :

$$U_L = X_L \cdot I = X_C \cdot I = U_C$$

$$\omega_0 \cdot L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

Úhlová frekvence vlastního kmitání $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Thomsonův vztah $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

Frekvence vlastního kmitání..... $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Perioda, , popř. frekvence vlastního kmitání oscilačního obvodu závisí jen na jeho parametrech LC a nezávisí na podmínkách , za nich bylo kmitání oscilačního obvodu vzbuzeno.

Pro okamžité hodnoty musí platit : $u = U_m * \cos(\omega_0 t)$

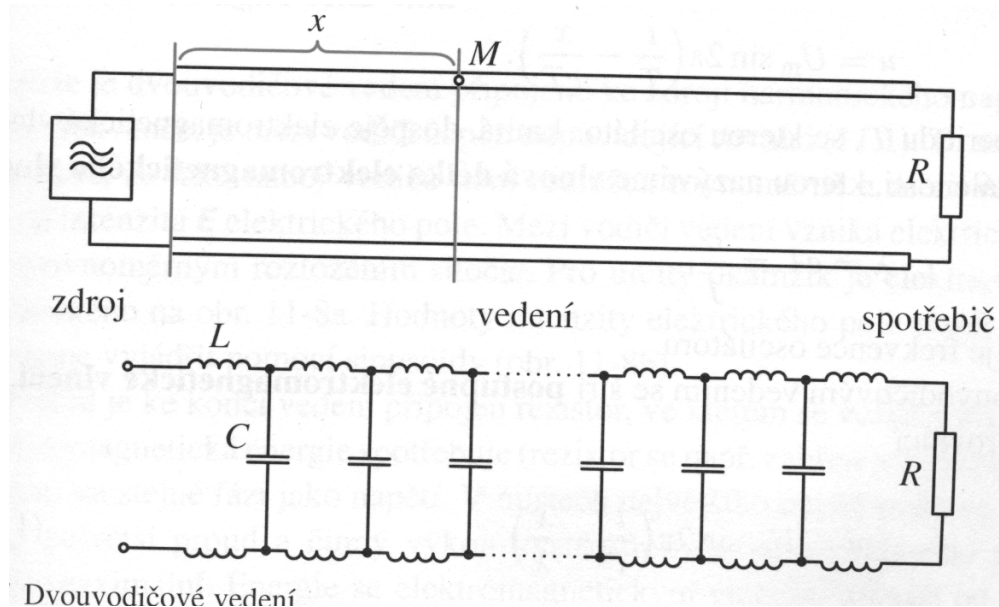
$$i = I_m * \cos\left(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Přeměna energie

Elektrická energie $E_e = \frac{1}{2}Cu^2 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ pozn. : $Q = CU$

Magnetická energie..... $E_m = \frac{1}{2}Li^2$

Vznik elektromagnetického vlnění

Dvou vodičové vedení s vysokou frekvencí

Změny napětí ve vedení se šíří rychlostí světla, tedy přibližně ve vakuu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$u = U_m * \sin(\omega t - \tau) \quad \tau = \frac{x}{c}$$

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

Postupné elektromagnetické vlnění je tak popsáno rovnicí :

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

Náhradní schéma vedení má rovnoměrně rozděleny cívky, které představují indukčnost částí vedení a kondenzátory, které představují kapacitní vazbu mezi vodiči. Jedná se o jednorozměrnou soustavu s rozestřenými parametry.

2/2

Pokud dosadíme do této rovnice frekvenci sítě (50Hz) , potom zřejmě platí :

$$\lambda = \frac{c}{f} = 6000 \text{ km}$$

$$T = \frac{1}{f} = 0.02 \text{ s}$$

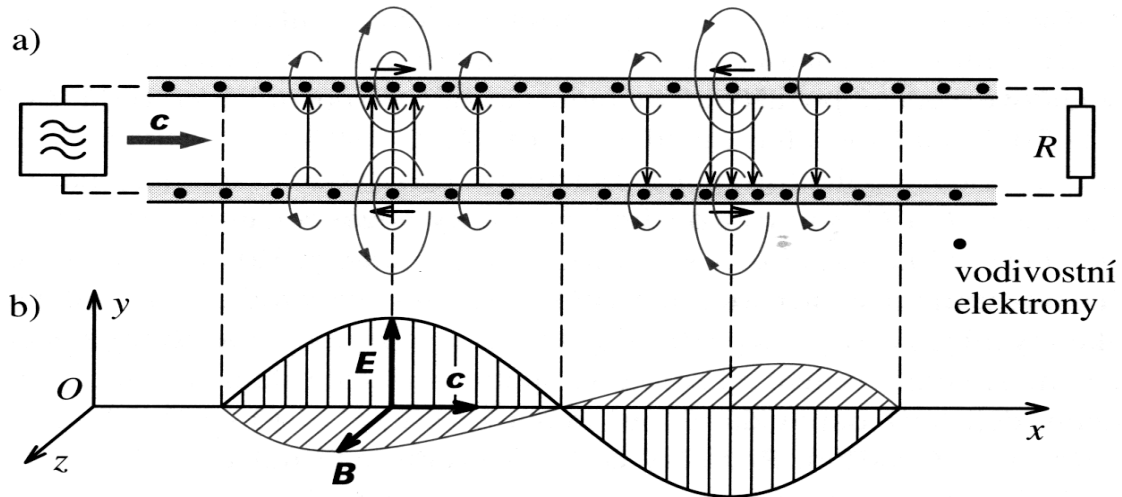
tedy platí $\frac{t}{T} \gg \frac{x}{\lambda}$

Rovnice pro postupnou vlnu pak za nízkých frekvencí přejde na rovnici kmitání, kdy

$$u = U_m * \sin \omega t$$

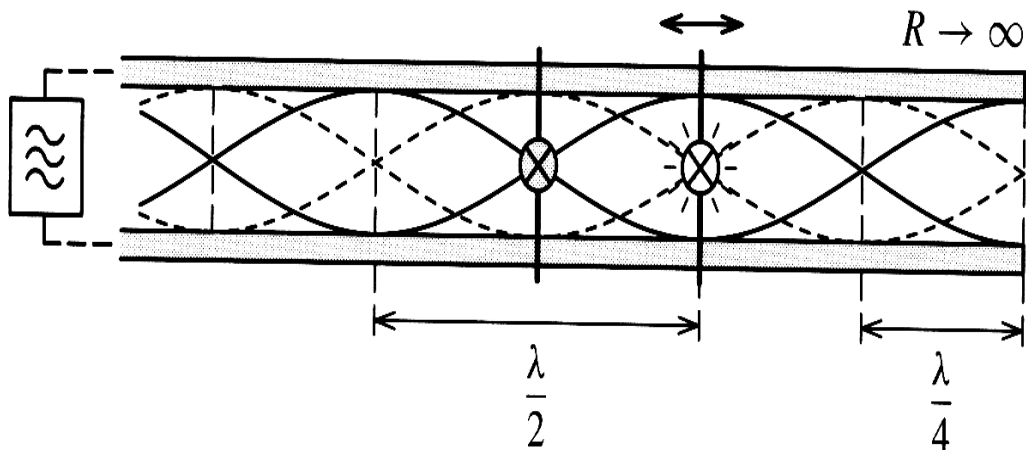
Elektromagnetická vlna

Při vysoké frekvenci prochází dvou vodičovým vedením elektromagnetické vlnění :

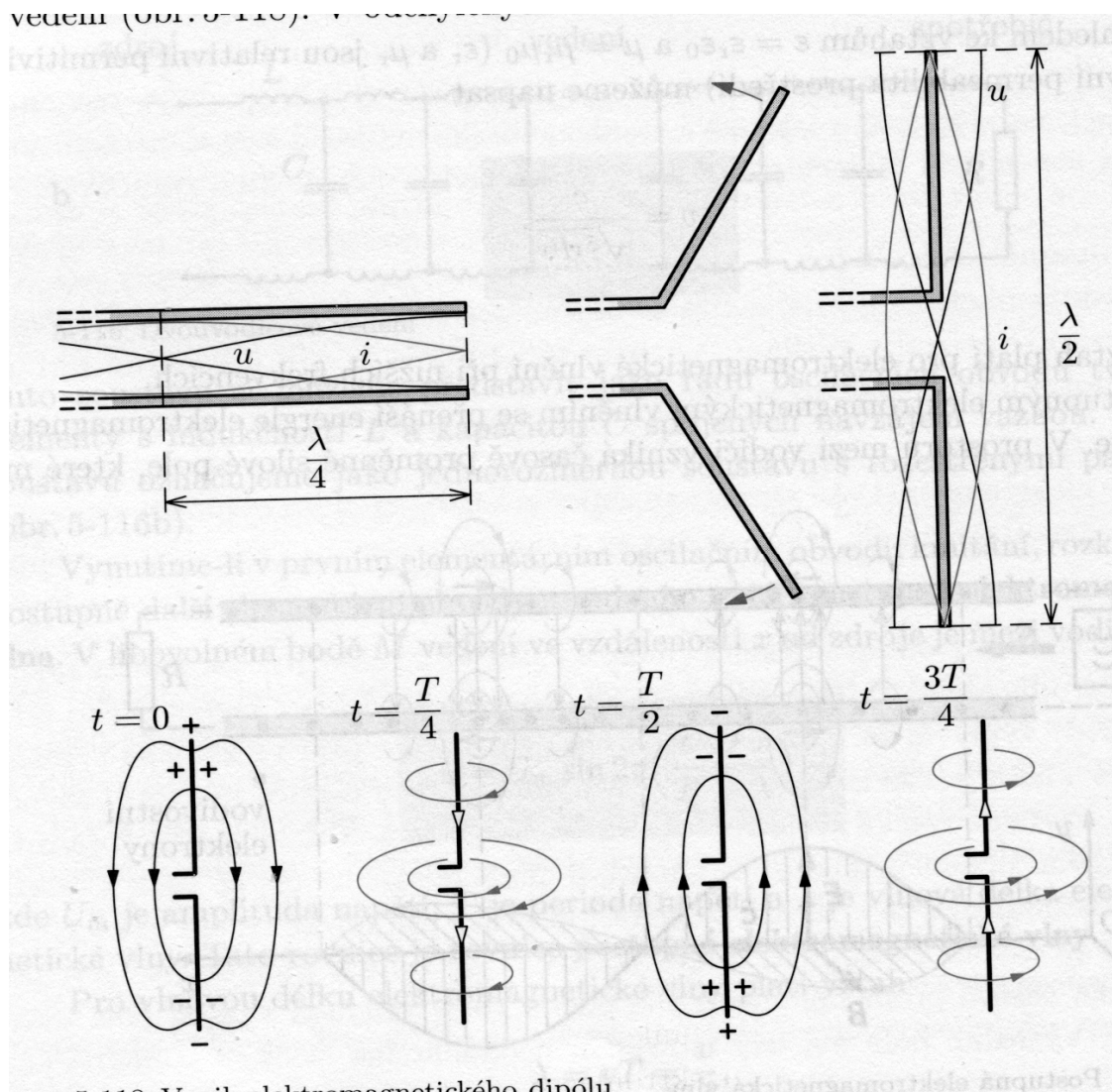


Silové pole má jak složku elektrickou, tak i magnetickou a energie je přenášena polem mezi vodiči.

Při rozpojených vodičích vzniká stojaté vlnění (odrazem) tak, že na konci vedení se pro napětí nachází kmitna a pro proud uzel.



Elektromagnetický dipól



Délka dipólu odpovídá polovině vlny - půlvlnný dipól.
Pole je tvořeno jak elektrickou, tak i magnetickou složkou.

Šíření elektromagnetického vlnění

- Odraz
- Lom

Při interferenci vlnění, které dospěje k přijímači odrazem a přímou cestou je důležitý rozdíl drah.

Jestliže $\Delta l = 2k\lambda/2$ vlnění se setkává se stejnou fází, amplituda se zvětší

Jestliže $\Delta l = (2k + 1)\lambda/2$ výsledné vlnění má menší amplitudu.

2/2

Pro lom je samozřejmě důležitá velikost překážky, z důvodu vzniku stínu za překážkou, ale také vlnová délka.

Pro rozhlasové vysílání ...dlouhé vlny (10^3 m) , střední (10^2 m) , krátké (10m), velmi krátké (1 až 0,1m)

Televizní vysílání se uskutečňuje na velmi krátkých vlnách (s frekvencí 10GHz).

U dlouhých a středních vln se uplatňuje ohyb vlnění podél zemského povrchu, příjem je tak možný i za rozměrnými překážkami. Pro příjem velmi krátkých vln je naopak nutná přímá cesta mezi přijímačem a vysílačem.

U krátkých vln je možné šíření odrazem o ionosféru (60 - 80 km nad povrchem) , kde se již nacházejí rozštěpené molekuly vzduchu a tedy volné náboje. Ionosféra se tak chová jako vodivá deska.

Radar - přímé šíření vln a odraz.

Vlastnosti elektromagnetického vlnění

- Elektromagnetická vlna má dvě navzájem neoddělitelné složky (E, B). Elektromagnetické vlnění je vlnění příčné.
- Elektromagnetické vlnění je lineárně polarizované, tedy směr vektorů E i B se nemění.
- Elektromagnetické vlnění se odráží a projevuje se jeho difrakce

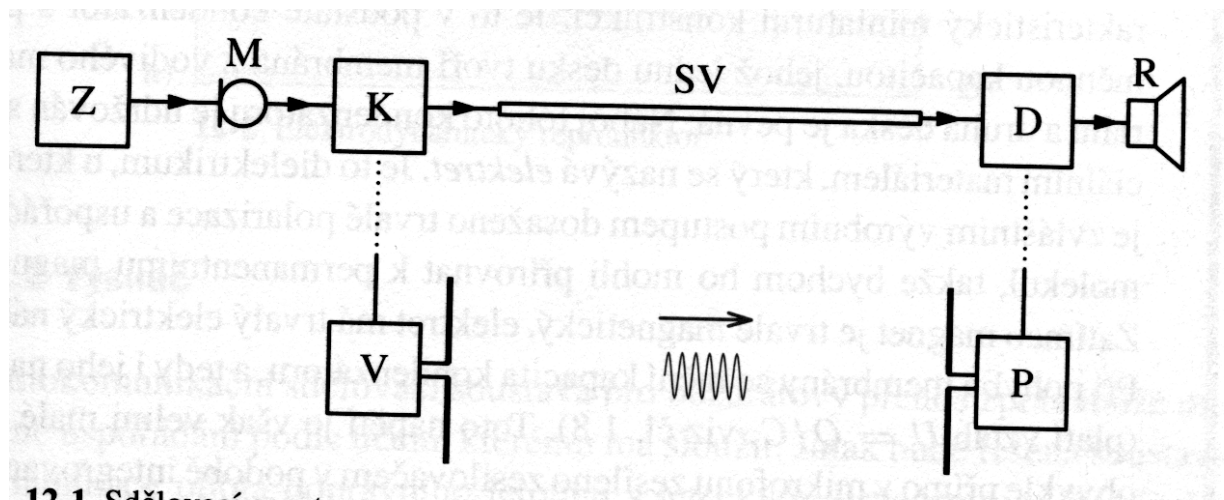
- Rychlost vlnění v daném prostředí je dána vztahem $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$

Tedy pro světlo platí $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = 2,997... * 10^8 m * s^{-1}$ (permitivita a permeabilita)

Platí tedy vztah $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$

- Elektromagnetická interakce, mění se elektrické pole vytváří pole magnetické, teorie elektromagnetického pole, elektrodynamika, Maxwell. elektromagnetická interakce.
- Gravitační interakce, slabá interakce a silná interakce.....

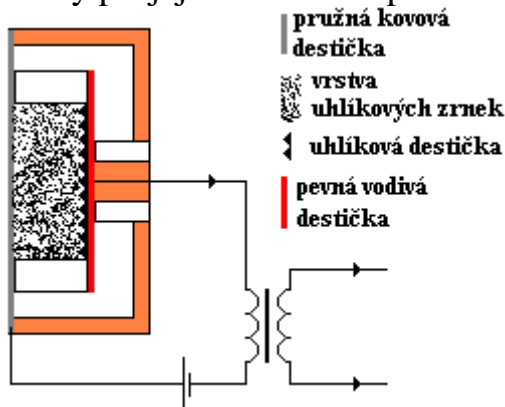
Sdělovací soustava



Zzdroj zprávy

Mmikrofon

Uhlíkový mikrofonprincipem je změna elektrického odporu mezi uhlíkovými zrnky při jejich stlačovní pružnou membránou.



Elektretový mikrofon..... Elektrostatický mikrofon je často nesprávně označován jako kondenzátorový.

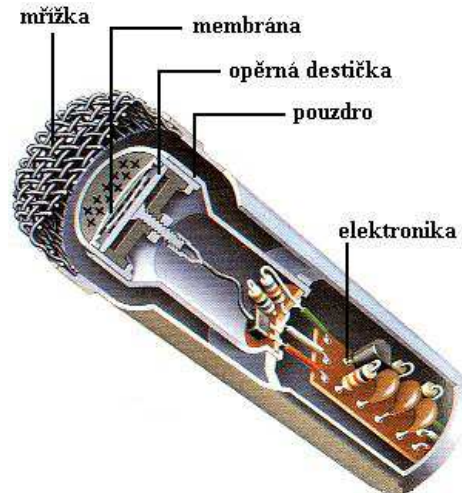
V elektrostatickém mikrofonu tvoří membrána, zachycující dopad zvukového vlnění, jednu desku deskového **kondenzátoru** (s kapacitou $30-100 \text{ pF}$), v němž se kumuluje **elektrický náboj**. Druhou část kondenzátoru, k němuž je připojeno stejnosměrné polarizované napětí $30-200 \text{ V}$, tvoří pevná elektroda. Změny akustického **tlaku** rozechvívají membránu, čímž se mění vzdálenost desek kondenzátoru a tedy i jeho kapacita. Zajistíme-li, aby se náboj při změně **kapacity kondenzátoru** nemohl rychle vyrovnávat, potom se při zmenšení kapacity kondenzátoru (zvětšení vzdálenosti membrány od pevné elektrody) zvětší napětí na kondenzátoru (považujeme-li náboj za konstantní). Požadavek pomalého vyrovnávání náboje při změně kapacity je zajištěn pomocí **rezistoru**, který zvýší **vnitřní odpor zdroje polarizačního napětí**.

Náboj na kondenzátoru je možné získat buď pomocí zdroje stejnosměrného polarizovaného napětí, nebo pomocí tzv. **elektretu** - dielektrický materiál nesoucí

permanentní elektrický náboj. Tento materiál je nanesen na jednu elektrodu a proto není zapotřebí zdroj polarizačního napětí.

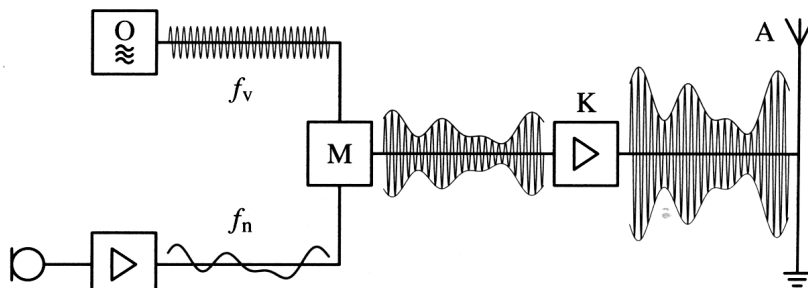
Na obr. 228 je zobrazen elektrostatický mikrofon, na jehož membráně je permanentní kladný náboj, který přitahuje k opěrné destičce záporné náboje. Zvukové vlny způsobují chvění membrány, což způsobuje změnu velikosti mezery mezi membránou a opěrnou destičkou. Proto se k destičce přitahuje proměnlivý počet záporných nábojů. Tímto pohybem náboje tak vzniká časově proměnný elektrický proud, jehož časový průběh odpovídá časovému průběhu zvuku dopadajícímu na membránu.

Elektrostatické mikrofony se vyznačují velkou výstupní impedancí, vyrovnanou frekvenční charakteristikou, vysokou citlivostí, malým zkreslením a vysokou stabilitou svých vlastností. Proto se používají ve studiové technice a pro měřicí účely.



K....kódování

amplitudová, frekvenční, impulzní modulace



12-3 Schéma vysílače

Přehled radiokomunikačních pásem

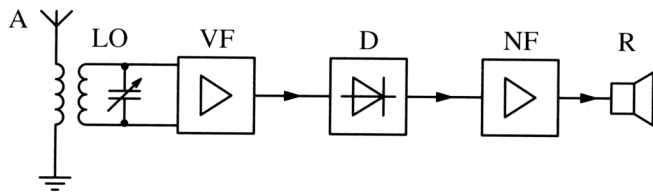
Tabulka 12-1

Radiokomunikační pásmo	Frekvenční rozsah MHz
dlouhé vlny	0,148 5 až 0,283 5
střední vlny	0,526 5 až 1,606 5
krátké vlny	3,950 až 26,1
I. televizní pásmo	41 až 68
VKV	86 až 108
III. televizní pásmo	174 až 230
IV. a V. televizní pásmo	470 až 790

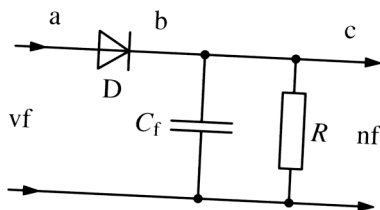
1/1

Fyzika 7-30

Přijímač



LO...laditelný oscilační obvod, naladíme příslušnou nosnou frekvenci
VF...vysokofrekvenční zesilovač
D...demodulátor.....oddělíme vysokofrekvenční složku , diodou usměrníme a filtračním kondenzátorem vyhladíme (vysokofrekvenční složka se zkratuje).



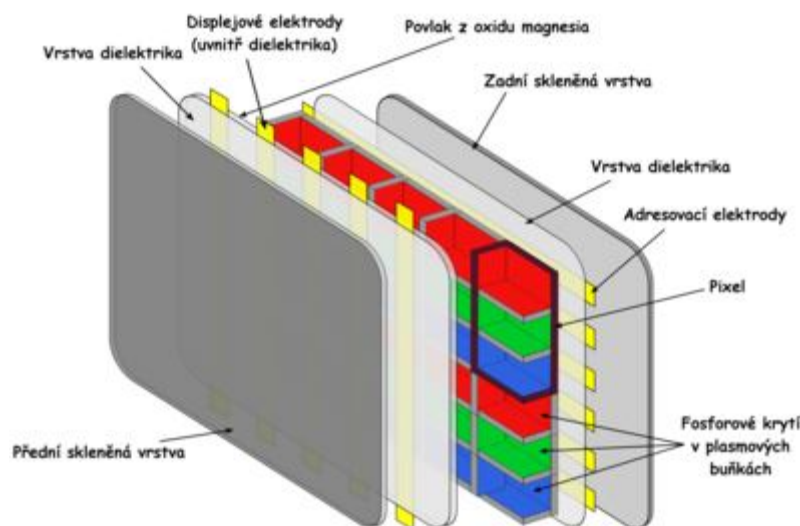
Televize

videosignál.....amplitudová modulace
audiosignál.....frekvenční modulace

RGB (red green blue)

obrazovka CRT (paprsek a katodová trubice) - barva vzniká až dopadem paprsku na luminofor.

Plazma



LCD - tekuté krystaly řízeny tenkostěnnými tranzistory

Úvod do optiky

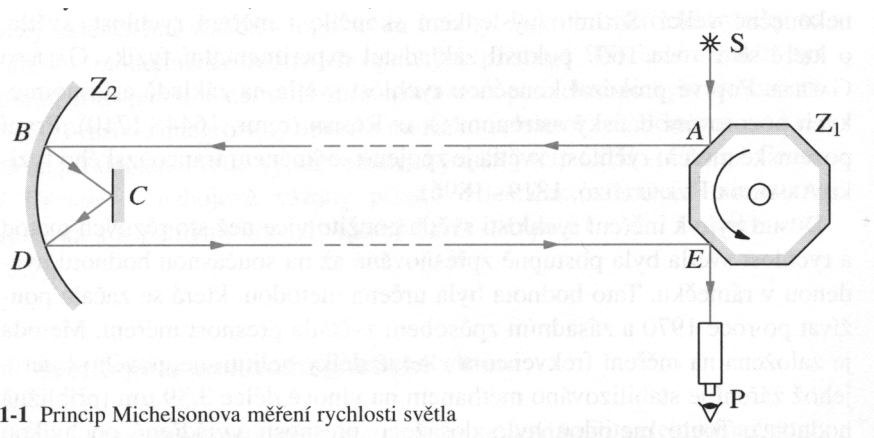
Světlo je elektromagnetické vlnění s rychlostí ve vakuu $c = 299\,792\,458$ m/s.

První snahy změřit rychlost světla končí neúspěchem s tím, že rychlost světla má nekonečně velkou hodnotu.

Později Römer (1675) na základě zkoumání dráhy Jupitera a jeho měsíce došel k rozdílu mezi předpokládanou drahou a skutečným pozorováním při oddalování od Země. Rozdíl byl při různé vzdálenosti od Země způsoben konečnou rychlostí světla.

Další pokusy pak na základě mechanických soustav (světlo prochází mezi mezerami otáčejících se ozubených kol, odrazem o otáčející se zecadlo...).

Michelsonův pokus (1924 - 1926)



1-1 Princip Michelsonova měření rychlosti světla

V současné době při měření rychlosti světla pomocí změřené frekvence a vlnové délky helium-neonového laseru získáváme velmi přesné hodnoty ($\pm 1,2$ m/s). To umožnilo nově definovat jednotku metr :

Metr je délka dráhy, kterou urazí světlo ve vakuu v časovém intervalu $1/299\,792\,458$ sekundy.

Pro rychlost světla, stejně jako pro ostatní vlnění platí :

$$\lambda = c * T \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

Některé frekvence a jim příslušné vlnové délky vyvolávají v oku vjem - vidění. Různé frekvence potom vnímáme jako různé barvy světla.

FREKVENCE (10^{14} Hz)	7,7 8 7 6 5 4 3,95
BARVA SVĚTLA	fialová modrá zelená žlutá červená
VLNOVÁ DÉLKA (nm)	400 500 600 700 800 390 760

Mimo toto viditelné spektrum leží elektromagnetické záření (infrarčervená, ultrafialová).

Některé světelné zdroje dodávají teoreticky světlo jedné frekvence - **monofrekvenční** (monochromatické) světlo.

V praxi se ovšem nejčastěji setkáváme se složením světla z různých frekvencí - **složené světlo**.

Při zastoupení všech složek z viditelného světla pozorujeme bílé světlo.

Šíření světla

Čiré světlo \Rightarrow bezbarevné

Barevné světlo \Rightarrow některé vlnové délky
pohlceny - absorbce

Meklé světlo \Rightarrow rozptyl světla, když se
nepravidelně změnil směr šíření

Optické prostředí

průhledné \Rightarrow nedochází k rozptylu

průsvitné \Rightarrow zčásti se rozptyluje

nepřůhledné \Rightarrow část se pohlcuje nebo
je odrazená.

Prostředí opticky homogenní - stejnorodé

Rydlouž světla stejná všemi směry - izotropní
jinak anizotropní.

Bodový světelný zdroj - kulové vlnoplochy
- rovinné vlnoplochy

Směr šíření světla \Rightarrow světelný paprvek
kolmý na vlnoplochu

Princip nezavislosti: ako da svetleži' se ponašaju^o \Rightarrow ponašaju se optički.

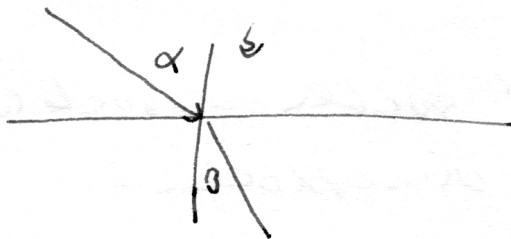
Odras svetla

Ukoliko odvođa se ravnice svetla dopada α . Odraženi napred leži u ravni dopada

Loam

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

$\frac{n_1}{n_2} = n$... index loam



Při porovnání s rychlostí ve

vákuu $n = \frac{c}{v}$... absolutní
index lom.

U všech optických prostředí
kromě vákuu $n > 1$

Index lom závisí na frekvenci
světla \Rightarrow disperze světla

Při šíření světla

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

zákon lomu světla - Snellovo

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

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

Prostrāci opt. rīdāi \Rightarrow mēsā
index 10 cm.

Prostr. opt. rīdāi \rightarrow kustāi \Rightarrow la solwā
B < d

Smeņ papraba se mesoni lūdi
sūtlo do pēdā la rothran
z opēcūē strag \Rightarrow zē me mēst
smēn sītēn sūtlen

Mezní úhel

Zvláštní případ lomu od kolmice $\beta = 90^\circ$. Úhel dopadu, který tomuto úhlu odpovídá se nazývá **mezní úhel** α_m .

V případě, že k lomu dochází na rozhraní s vakuem (vzduchem) $n_2 = 1$

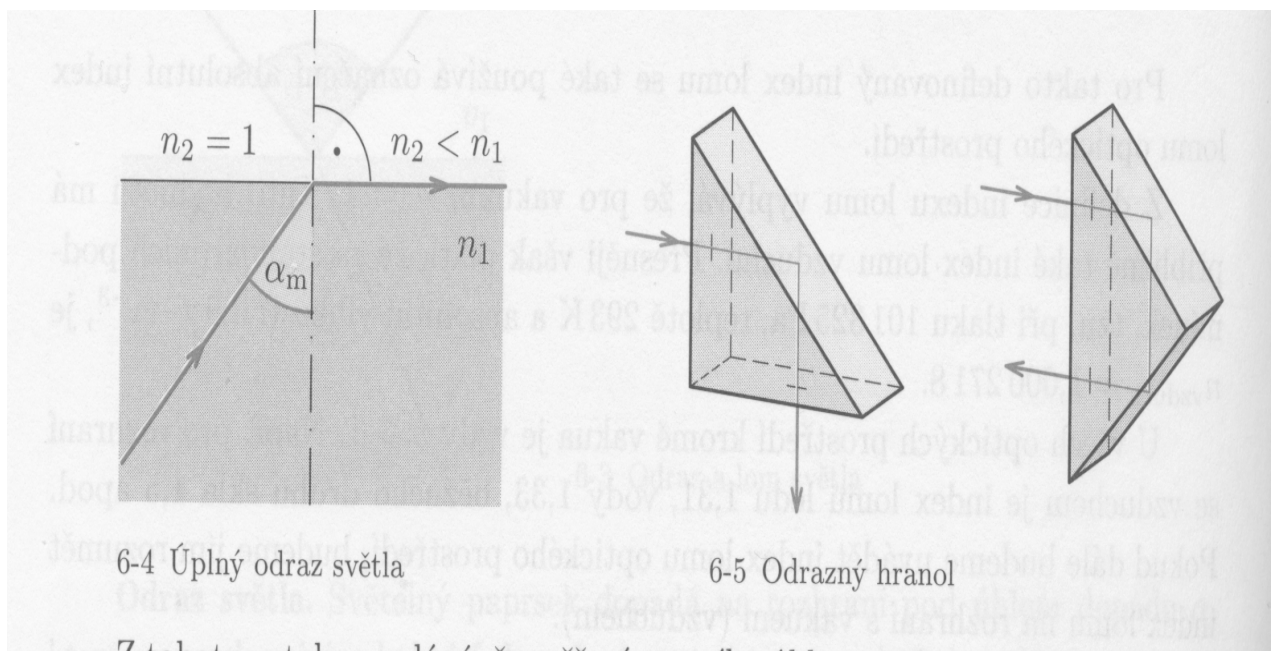
$$\frac{\sin(\alpha_m)}{\sin(90^\circ)} = \frac{1}{n_1}$$

$$\sin(\alpha_m) = \frac{1}{n_1}$$

Mezní úhel lze tedy využít pro měření indexu lomu - přístroje refraktory.

Pro rozhraní skla a vzduchu je mezní úhel 42° . **Pro úhel větší, než mezní, dochází k úplnému odrazu.** Tedy také pro skleněný hranol s úhlem 45° .

Využíváno také u optických kabelů.



Disperze světla

Rychlost světla v prostředí, kde $n > 1$, závisí na frekvenci světla. Mluvíme o **disperzi světla**. Na frekvenci světla tedy závisí také hodnota indexu lomu. Ve vakuu k disperzi nedochází.

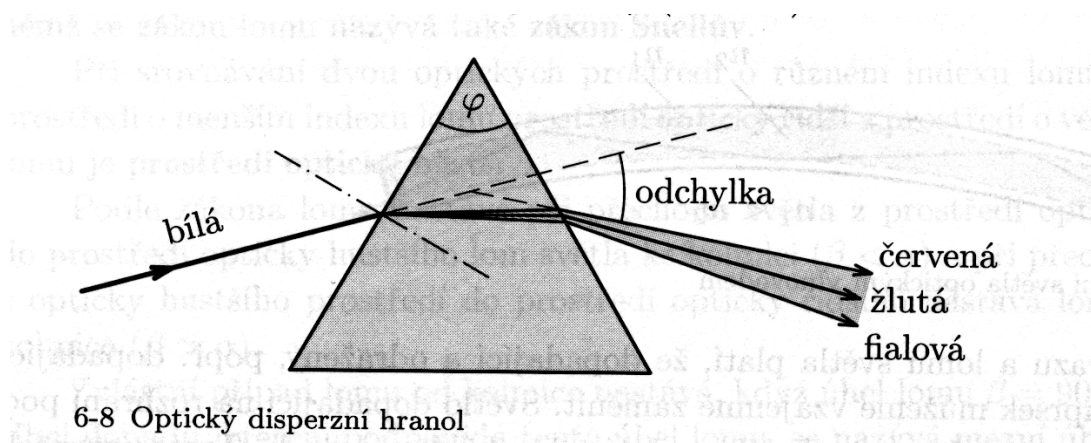
Při průchodu optickým rozhraním se frekvence světla nemění, mění se však rychlost světla.

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

Protože zároveň platí : $n = \frac{c}{v} \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

V optickém prostředí o indexu lomu n je vlnová délka světla n -krát menší než ve vakuu.

Optický disperzní hranol



φ lámavý úhel

..... hranolové spektrum (od nejmenší hodnoty indexu lomu)
(červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, fialová)

Rychlost světla se obvykle zmenšuje s rostoucí frekvencí - normální disperze.

- hranolový spektroskop
- spektrograf
- spektrální analýza

Barva světla

Barva světla je výsledkem souhrnného vnímání monofrekvenčních světél různých barev. (Newtonův kotouč)

Vnímáme odstín neboli tón barvy.

Při vnímání barvy tělesa závisí jak na povrchu tělesa, tak také na barvě světla, který těleso osvětluje (zelený papír + červené světlo = tmavý povrch)

Míšení barev

- pro barvu předmětu je důležité, v jakém poměru se světelná vlnění jednotlivých vlnových délek na povrchu odrážejí a pohlcují. (bílý papír osvětlený červeným a zeleným světlem bude žlutý). Mluvíme o aditivním (součtovém) míšení barev.

Bílou barvu tak získáváme míšením tří základních barev (červená, zelená, modrá)

Ke každé základní barvě lze najít doplňkovou barvu , která při aditivním míšením dává bílé světlo.

- pomocí filtrů lze provádět subtraktivní (odčítací) míšení barev.

Sytost barvy je určována podílem bílé složky ve světle dané barvy.

Lidské oko není schopno rozeznat zda zrakový vjem způsobilo monofrekvenční světlo a nebo světlo složené z více složek.

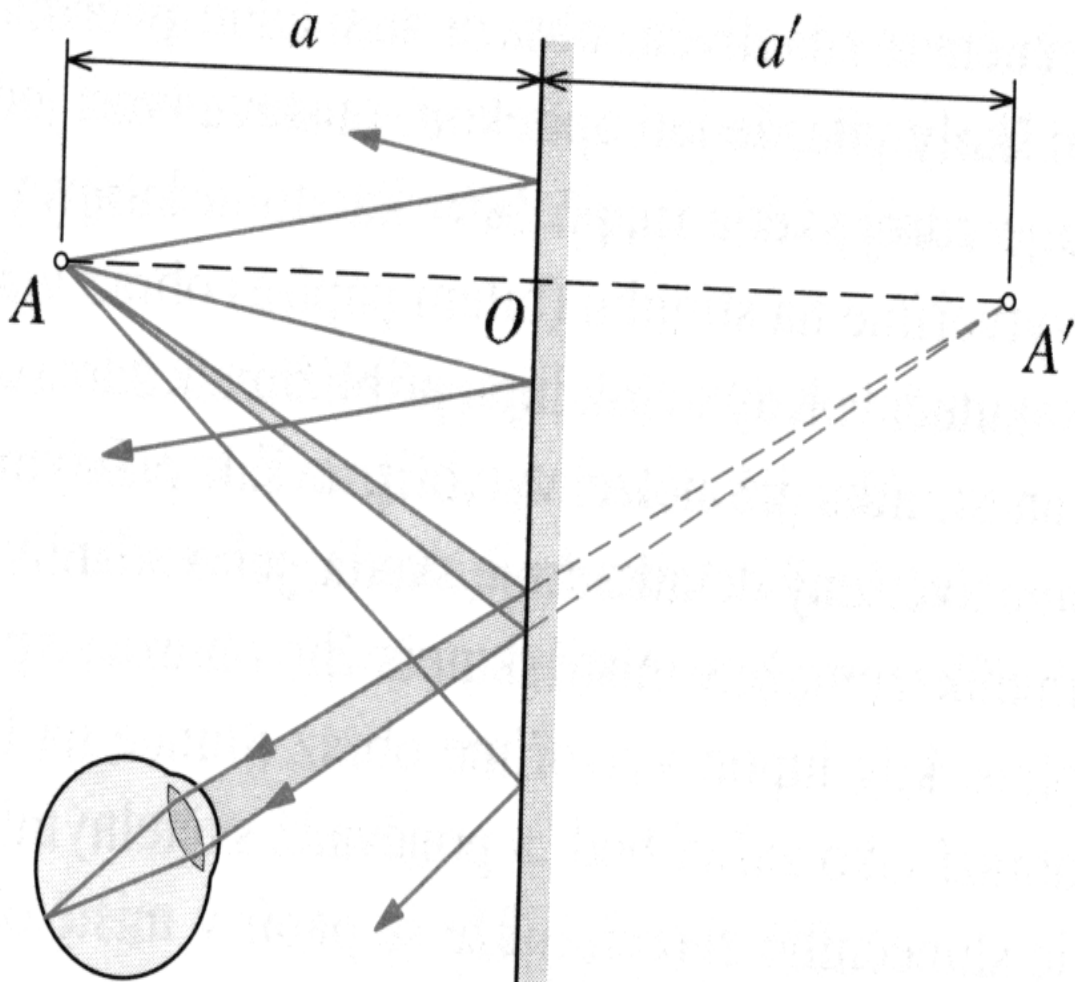
Optické zobrazování, zobrazování zrcadly

Základní pojmy :

- zobrazovací prvky
- zobrazovací soustava
- skutečný obraz
- zdánlivý obraz

Rovinné zrcadlo

Obraz je zdánlivý, vzpřímený, stejně veliký jako zobrazovaný předmět. Je souměrný podle roviny zrcadla.



Kulové (sférické) zrcadlo

Základní pojmy :

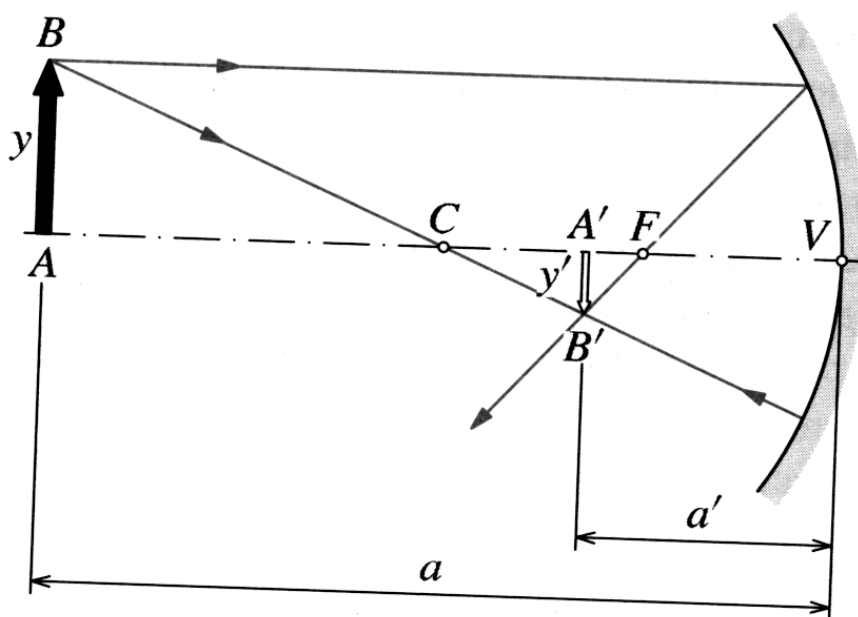
- duté zrcadlo
- vypuklé zrcadlo
- střed křivosti zrcadla C
- vrchol zrcadla V
- optická osa o
- poloměr křivosti zrcadla $r = |CV|$
- paraxiální prostor
- tři význačné paprsky (přes střed křivosti, rovnoběžný s optickou osou, procházející ohniskem)
- ohnisková rovina

Vztah mezi ohniskovou vzdáleností a poloměrem křivosti :

$$f = \frac{r}{2}$$

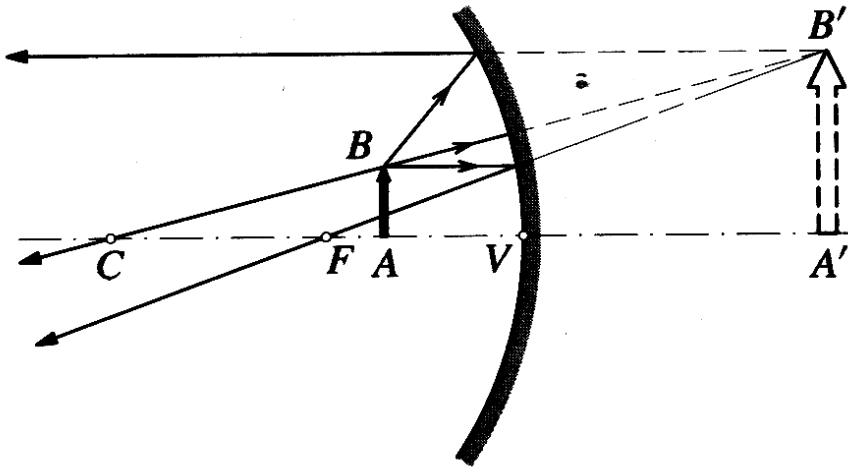
Znaménková konvence :

Vzdálenosti r a f mají před zrcadlem kladnou hodnotu a za zrcadlem hodnotu zápornou.

Zobrazení dutým zrcadlem

a.....předmětová vzdálenost
 a'.....obrazová vzdálenost
 y.....velikost předmětu
 y'.....velikost obrazu

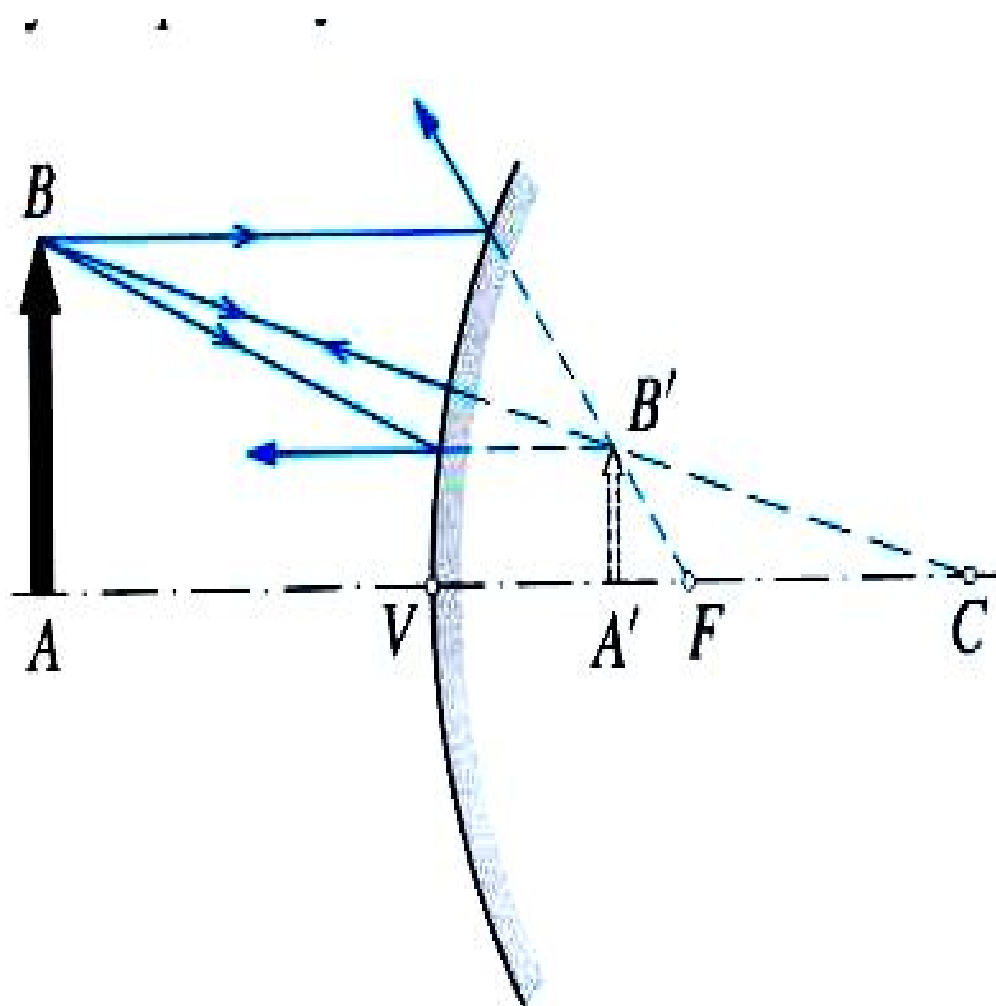
Názvosloví - obraz : zmenšený x zvětšený , skutečný x zdánlivý ,
 vzpřímený x převrácený



$\text{Nekonečno} > a > r$	$f < a' < r$	zmenšený
$a = r$	$a' = r$	stejně veliký
$r > a > f$	$r < a' < \text{nekonečno}$	zvětšený

Zobrazení vypuklým zrcadlem

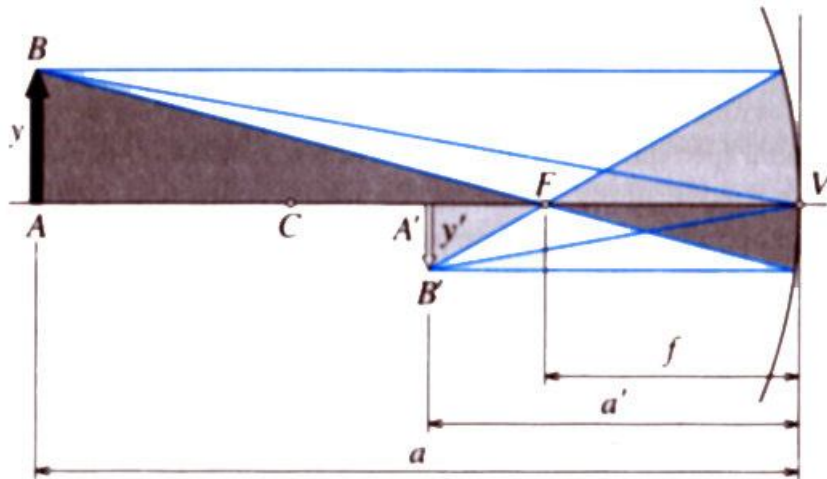
Obraz vždy zdánlivý, vzpřímený, zmenšený



Zobrazovací rovnice

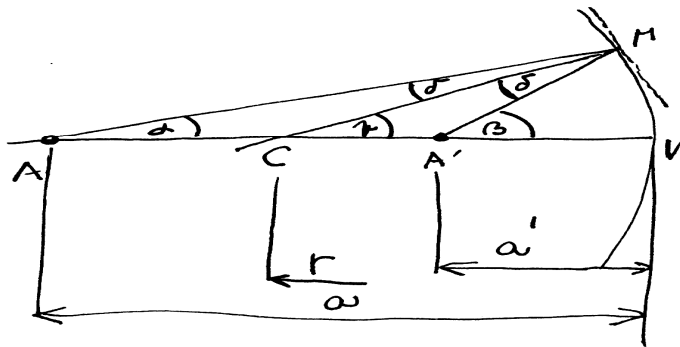
$$Z = \frac{y'}{y}$$

Zvětšení(příčné)



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

Odvození zobrazovací rovnice : (Gaussův vztah - vrcholová rovnice)



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{HV}{a} = \alpha$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{HV}{a'} = \beta$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{HV}{f} = \gamma$$

$$\alpha + \delta = \gamma$$

$$\beta + \delta = \gamma$$

$$\alpha - \gamma = \gamma - \beta$$

$$\alpha + \beta = 2\gamma$$

$$\frac{HV}{a} + \frac{HV}{a'} = \frac{2HV}{f}$$

$$\boxed{\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}}$$

Zobrazovací rovnice Newtonův vztah - ohnisková rovnice

$$a = f + q$$

$$a' = f + q'$$

$$\frac{1}{f+q} + \frac{1}{f+q'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{(f+q') + (f+q)}{(f+q)(f+q')} = \frac{1}{f}$$

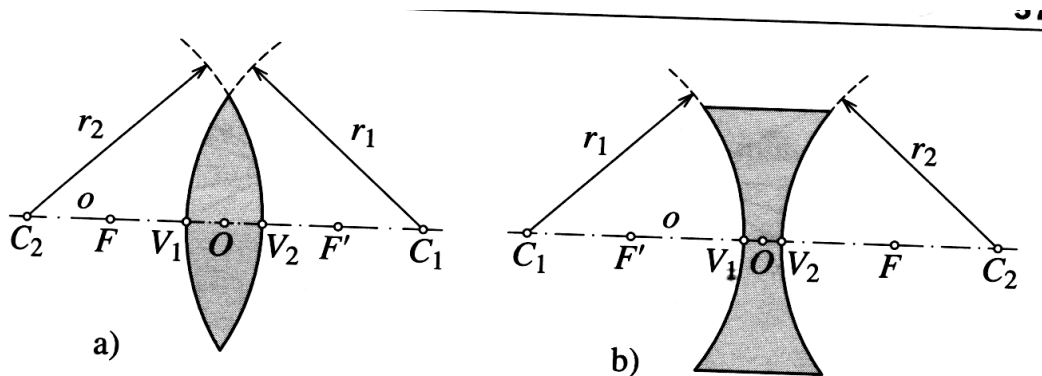
$$(2f + q' + q) \cdot f = f^2 + q'f + qf + qq'$$

$$2f^2 + q'f + qf = f^2 + q'f + qf + qq'$$

$$\boxed{qq' = f^2}$$

Zobrazení lomem (čočky)

- předpoklad že čočka je skleněná n_2 znamená pro indexy lomu $n_2 > n_1$
- spojky , rozptylky (dvojvypuklé, ploskoduté, dutovypuklé, ploskodutá.....)

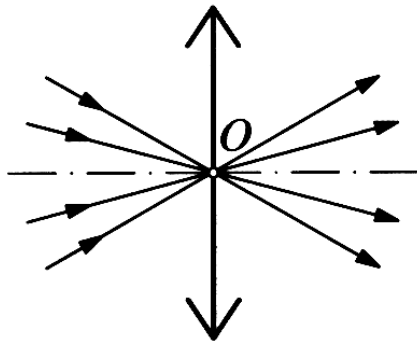


2-22 Poloměry křivosti optických ploch spojitých čoček

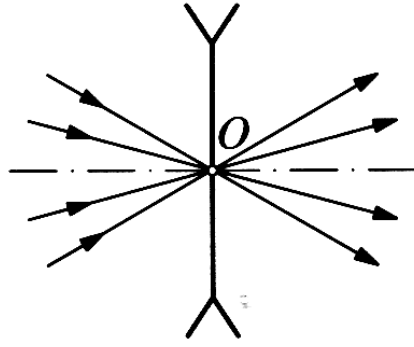
- tenká čočka - vrcholy V1 a V2 splývají a tvoří optický střed O na optické ose
- Předmětový prostor - prostor, ze kterého vstupuje světlo
- Obrazový prostor - prostor, do kterého světlo po průchodu čočkou proniká
- Paprsky, které procházejí optickým středem nemění směr
- Paprsky, které jsou v předmětovém prostoru rovnoběžné s optickou osou směřují do obrazového ohniska F'.
- U spojky obrazové ohnisko skutečné, u rozptylky zdánlivé.
- Paprsky procházející předmětovým ohniskem F se lámou rovnoběžně s optickou osou. U spojky v předmětovém prostoru, u rozptylky v obrazovém prostoru.
- /FO/ , /OF'/ ...předmětová ohnisková vzdálenost, obrazová ohnisková vzdálenost, obvykle shodné, tedy ohnisková vzdálenost.
- Znaménková konvence : vypuklé plochy kladné - obraz skutečný.

- Optická mohutnost $\varphi = \frac{1}{f}$
- Jednotka optické mohutnosti je D.. dioptrie , m^{-1} .
- Optická mohutnost spojek je kladná, rozptylek záporná.

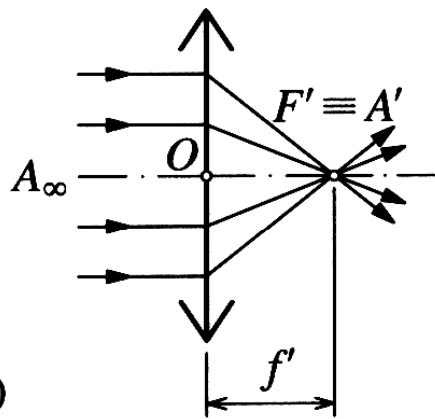
$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$



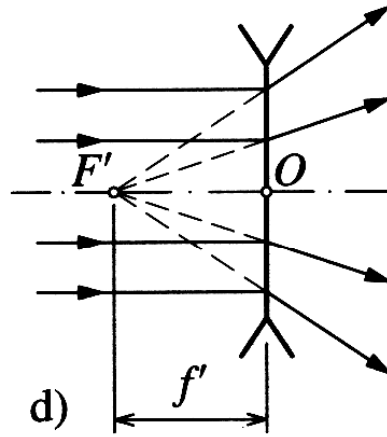
a)



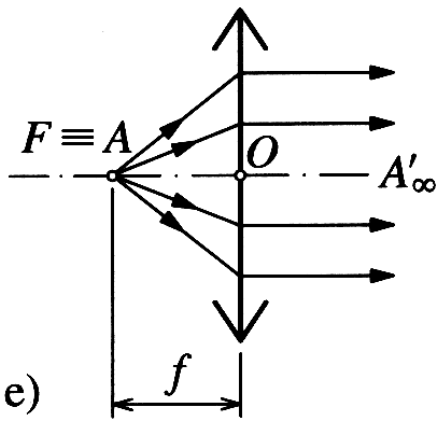
b)



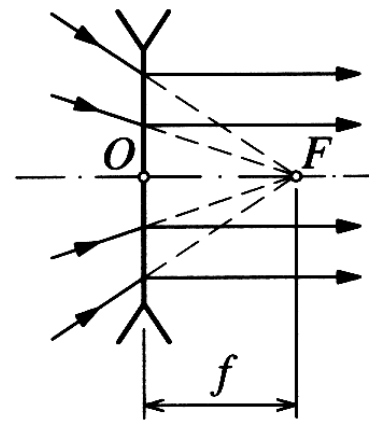
c)



d)



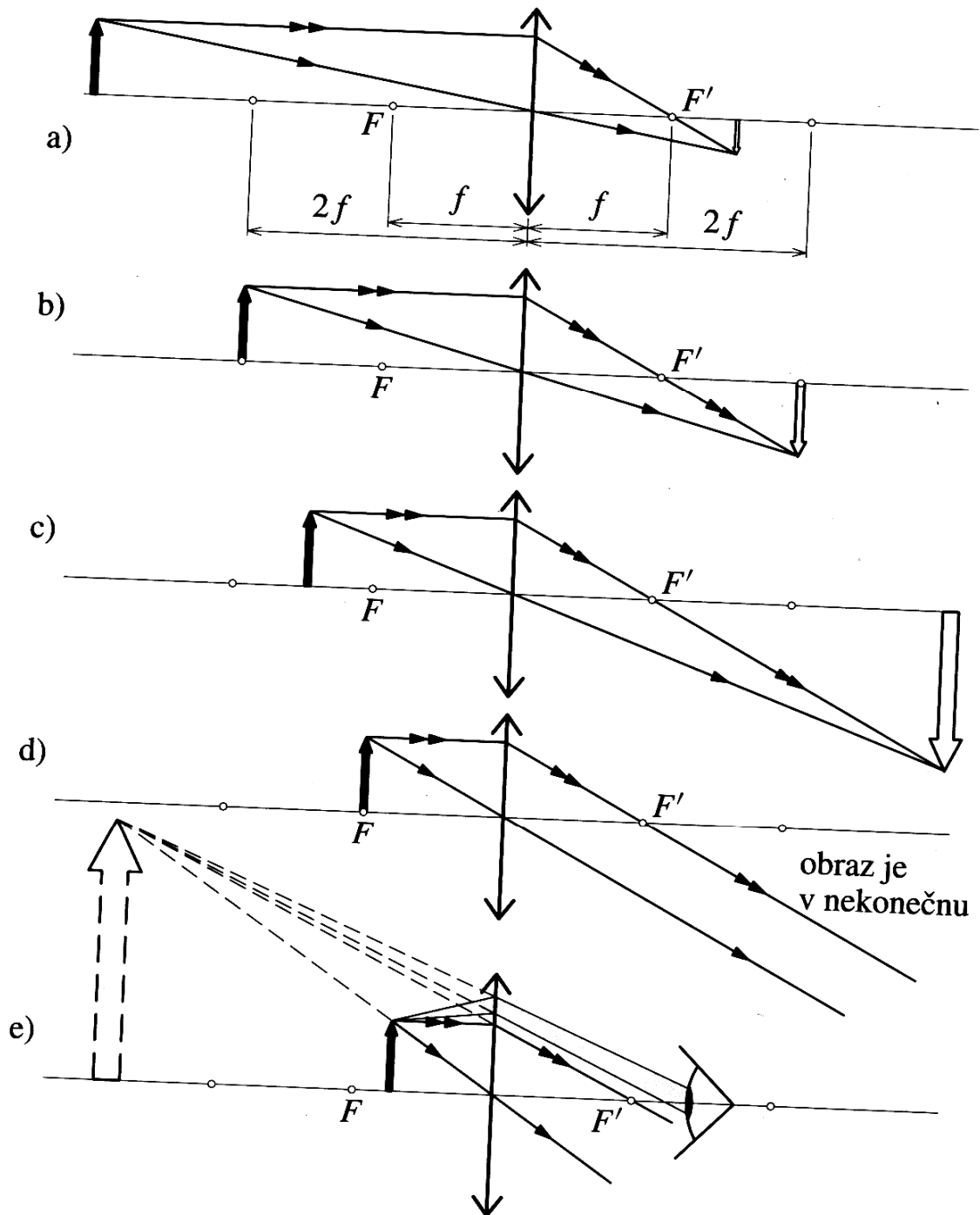
e)



f)

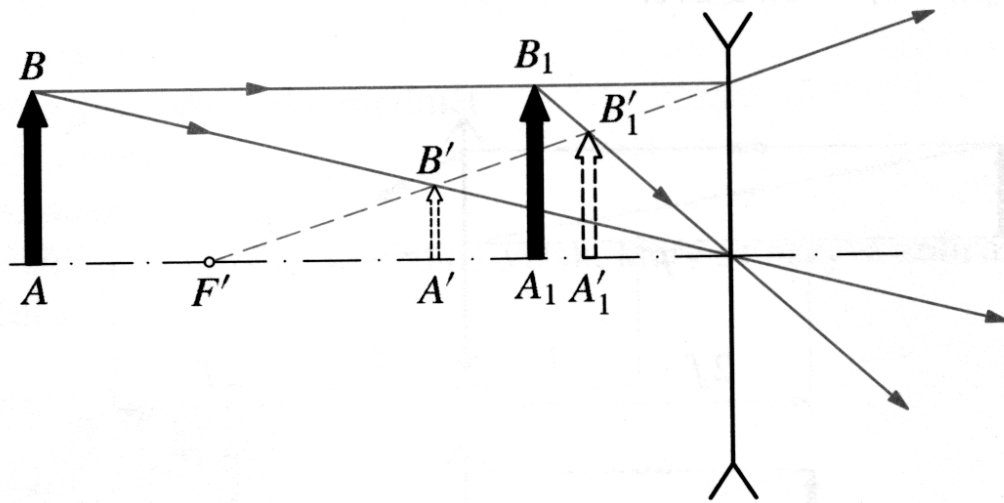
Zobrazení tenkou čočkou

Zobrazení spojkou - paprsky se sbíhají - obraz je skutečný , mimo jeden zvláštní případ

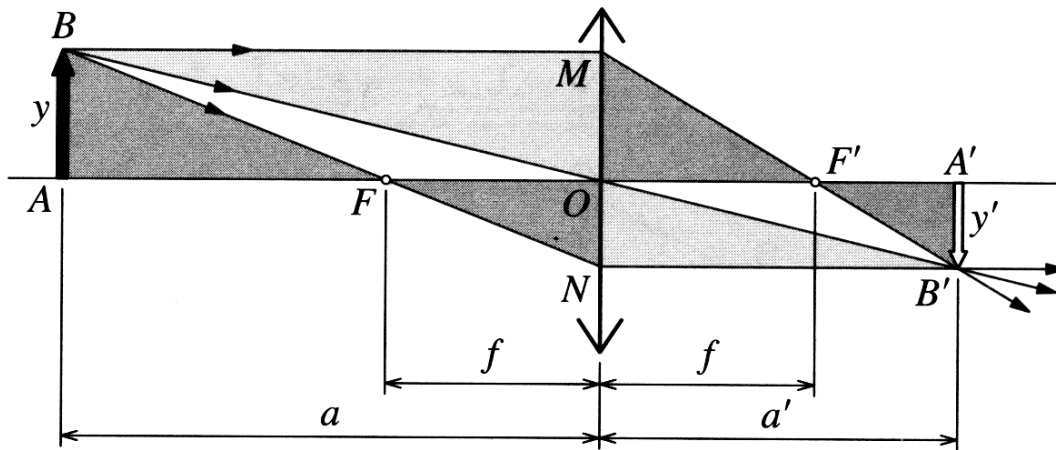


Zobrazení tenkou rozptylkou

Paprsky jsou rozbíhavé, obraz bude vždy zdánlivý, vzpřímený a zmenšený.



Zobrazovací rovnice



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

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

$$a'f = aa' - af$$

$$a'f + af = aa'$$

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

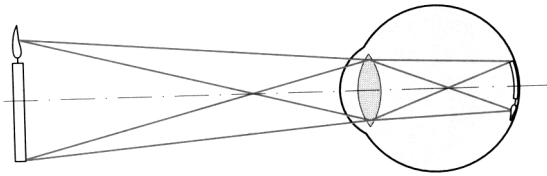
Optické vady

Kulová (otvorová vada) svazek paprsků je příliš silný a tedy vzdálen z paraxiálního prostoru. Nedochází k lomu (odrazu) přesně do ohniska a vzniká neostrý obraz. Vadu omezujeme zúžením paprsku (clona) , tvarem čočky (nemusí být kulový) a kombinací spojek a rozptylek s různými indexy lomu.

Barevná vada Při průchodu světla čočkou dochází k jeho rozkladu a ohnisko pro každou vlnovou délku je v jiném místě. Obraz má potom barevné okraje. Lze odstraňovat kombinací spojek a rozptylek s různými indexy lomu.

Oko

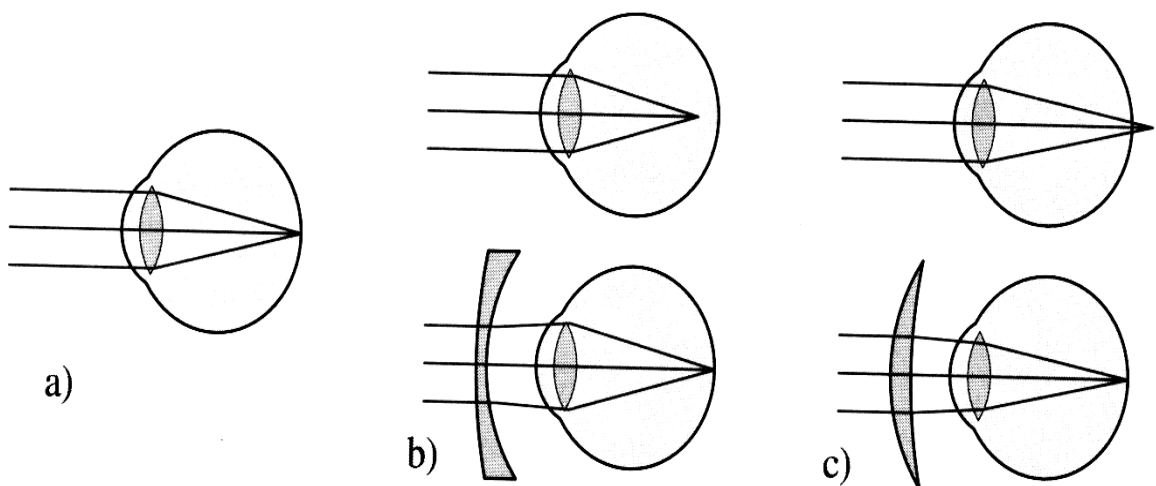
Zobrazení okem jako spojkou.



2.29 Zobrazovací soustava oka

Základní pojmy

- rohovka a oční mok
- duhovka (zornice)
- oční čočka
- sklivec
- sítnice - tyčinky (intenzita světla) , čípky (barvy)
- průsečík s opt. osou - žlutá skvrna
- vstup očního nervu - slepá skvrna
- akomodace oka pomocí ciliárního svalu - přizpůsobení zakřivení čočky
- rozsah akomodace - daleký bod (nekonečno) , blízký bod (cca 15 cm)
- konvenční zraková vzdálenost 25 cm
- krátkozraké oko - daleký bod v konečné vzdálenosti, blízký bod posunut blíže k oku (rozptylka)
- dalekozraké oko - blízký bod posunut dál od oka (spojka)

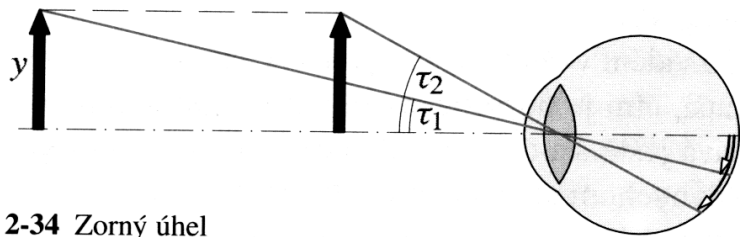


2-33 Oko: a) normální, b) krátkozraké, c) dalekozraké

Podmínky kvalitního vidění :

- osvětlení předmětu - regulace zornice duhovkou
- doba - zrakový vjem se uchová ještě 0,1s (televize 25 snímků za sekundu), setrvačnost zrakového vjemu.

Zorný úhel



2-34 Zorný úhel

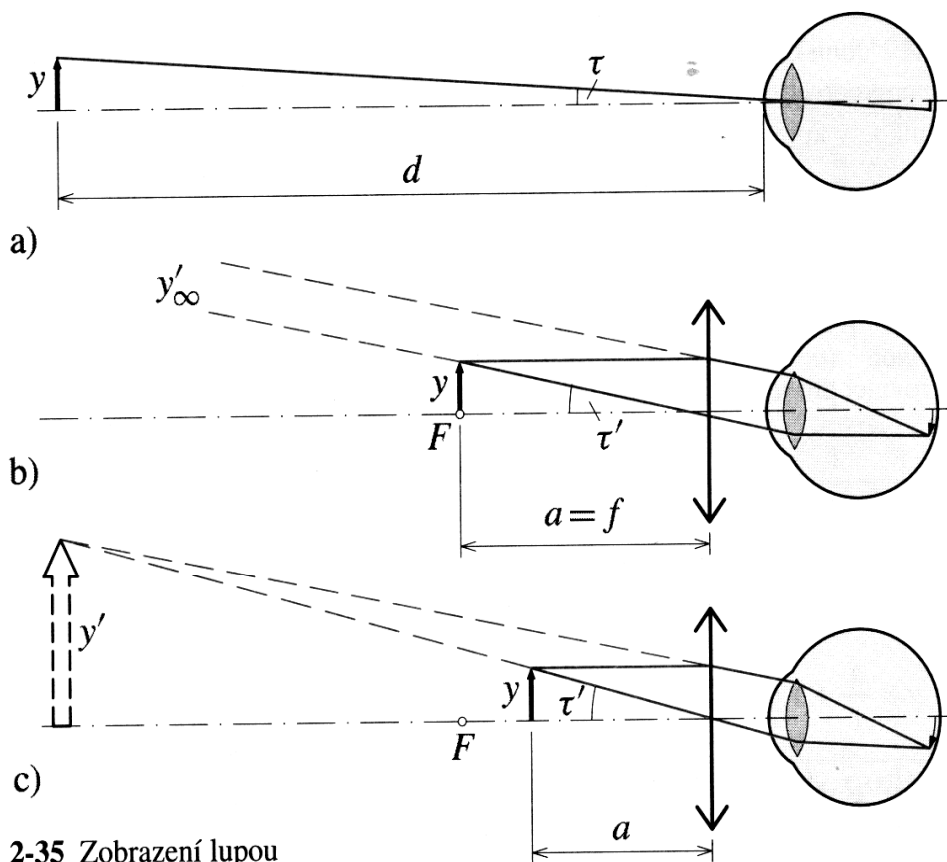
Zorný úhel svírají okrajové paprsky předmětu, které procházejí středem oční čočky.

Zorný úhel
$$\operatorname{tg} \tau = \frac{y}{d}$$

Pro malé úhly platí :

$$\tau = \frac{y}{d}$$

Lupa



2-35 Zobrazení lupou

Zobrazení předmětu lupou charakterizuje **úhlové zvětšení** γ , které je definováno vztahem:

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau},$$

Jestliže do tohoto vztahu dosadíme vztahy, které platí pro malé zorné úhly, dostaneme pro úhlové zvětšení lupou vztah

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau} \approx \frac{y}{f} : \frac{y}{d} = \frac{d}{f},$$

čili

$$\gamma \approx 0,25\varphi,$$

kde φ je optická mohutnost lupy.

Jednoduchou spojkou můžeme dosáhnout jen poměrně malého zvětšení (přibližně 6krát). Při větším zvětšení se nepříznivě projevují vady čočky a je nutné použít soustavu čoček.

V praxi obvykle pozorujeme předmět lupou tak, že ho umístíme do vzdálenosti a , která je poněkud menší než ohnisková vzdálenost lupy ($a < f$). V tomto případě pozorujeme okem zdánlivý, vzpřímený a zvětšený obraz (obr. 2-35c). Jestliže zvolíme vzdálenost a předmětu tak, že obraz vznikne v konvenční zrakové vzdálenosti d , uvidíme ho pod zorným úhlem τ' , pro který platí $\text{tg } \tau' = \frac{y'}{d} = \frac{y}{a}$, a při malých zorných úhlech pro úhlové zvětšení lupy v tomto případě platí

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau} \approx \frac{y}{a} : \frac{y}{d} = \frac{d}{a}.$$

Zobrazovací rovnici pro uvedený případ ($a' = -d$) napíšeme ve tvaru

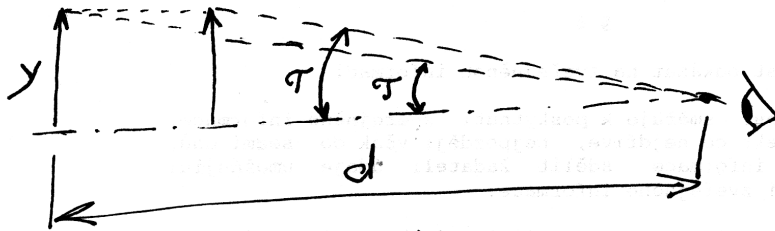
$$\frac{1}{a} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f}.$$

Z rovnice najdeme $a = fd/(f + d)$, dosadíme do vztahu pro úhlové zvětšení γ a po úpravě dostaneme pro úhlové zvětšení lupy vztah

$$\gamma = \frac{d}{f} + 1.$$

Zobrazení lupou a mikroskopem

A) Zorazí úhel

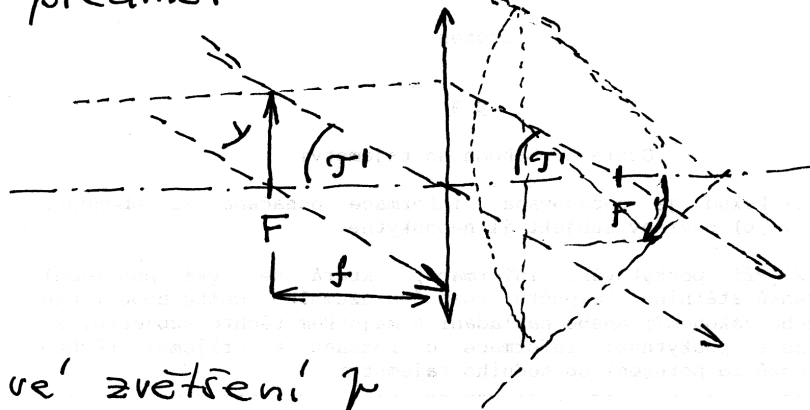


$$\operatorname{tg} \tau = \frac{y}{d}$$

Pro malý úhel $\tau \approx \frac{y}{d}$

B) Zobrazení lupou

I) předmět v ohnisku



Pro úhlové zvětšení μ

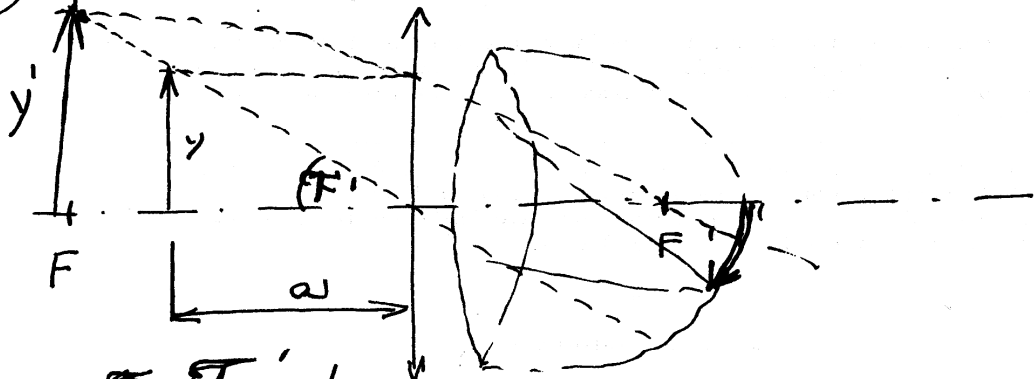
platí:

$$\mu = \frac{\tau'}{\tau} = \frac{\frac{y}{f}}{\frac{y}{d}} = \frac{d}{f}$$

Jestliže bereme, že $d = 25 \text{ cm}$
 platí pro lupu: $\mu \approx 0,25 \cdot \varphi$

φ ... optická vlnokvota.

II) předmět před ohniskem



$$k = \frac{y'}{y} = \frac{1}{\tan \gamma} / \tan \gamma' = \frac{y'}{d} = \frac{y}{a}$$

$$k = \frac{y}{a} : \frac{y}{d} = \frac{d}{a} \quad \text{zob. rovnice } a' = -d$$

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$$

$$d - a = \frac{ad}{f}$$

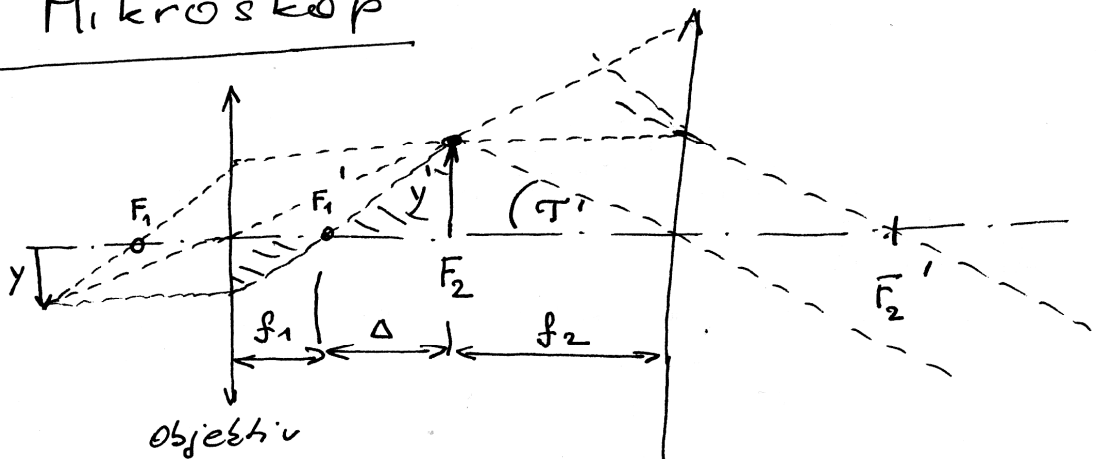
$$fd - fa = ad$$

$$a = \frac{fd}{d+f}$$

$$k = \frac{d}{\frac{fd}{d+f}} = \frac{d(d+f)}{f \cdot d}$$

$$k = 1 + \frac{d}{f}$$

c) Mikroskop



Objektiv \Rightarrow malá f_1

Okulař

Okulař \Rightarrow větší f_2 .. zobrazí předmět v ohnisku

$\Delta \Rightarrow$ optický interval

$$\tau' \approx \frac{y'}{f_2} \quad \tau = \frac{y}{d}$$

$$\nu = \frac{\tau'}{\tau} = \frac{y'}{f_2} : \frac{y}{d} = \frac{y'}{y} \cdot \frac{d}{f_2}$$

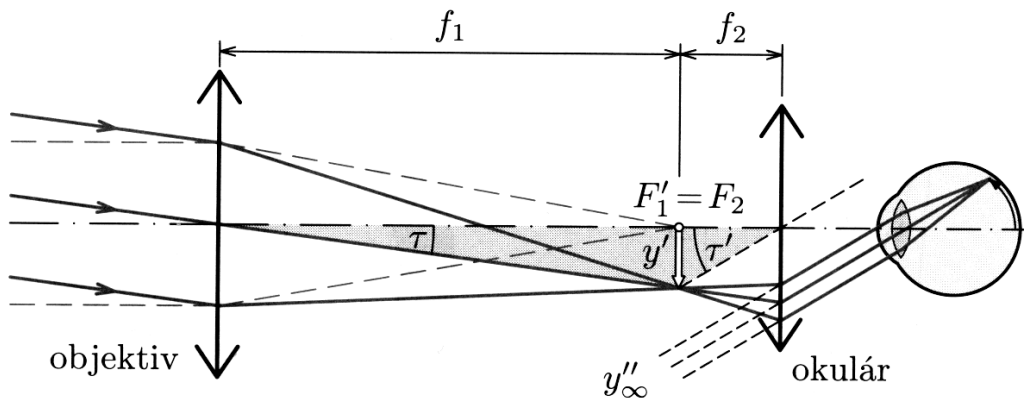
$$|z_1| = \frac{y'}{y} = \frac{\Delta}{f_1}$$

$$\nu = \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{d}{f_2}$$

Dalekohledy

Dalekohled se skládá z objektivu a okuláru.

Keplerův (hvězdářský) dalekohled

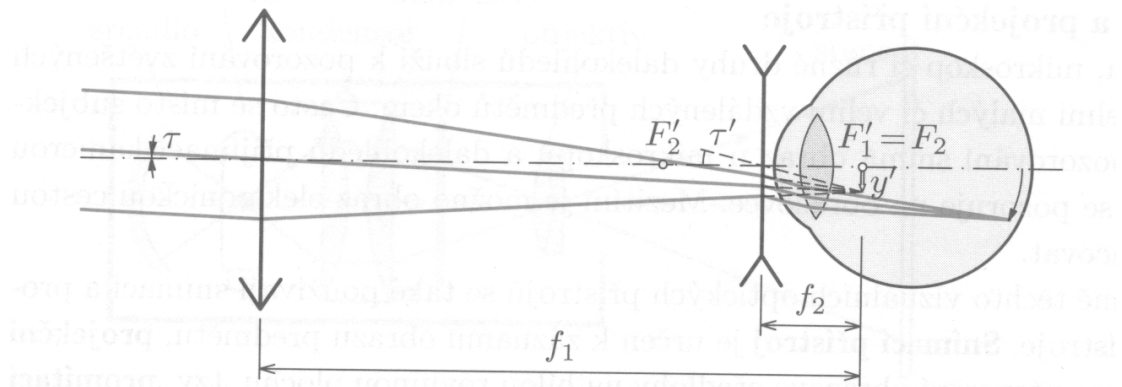


Pro úhlové zvětšení platí $\gamma = \frac{f_1}{f_2}$

Při pozorování vzniká obraz výškově i stranově převrácený. Pro pozemské pozorování je tedy nutné převrátit použitím buď spojné čočky a nebo soustavou hranolů - **hranolový dalekohled - triedr**.

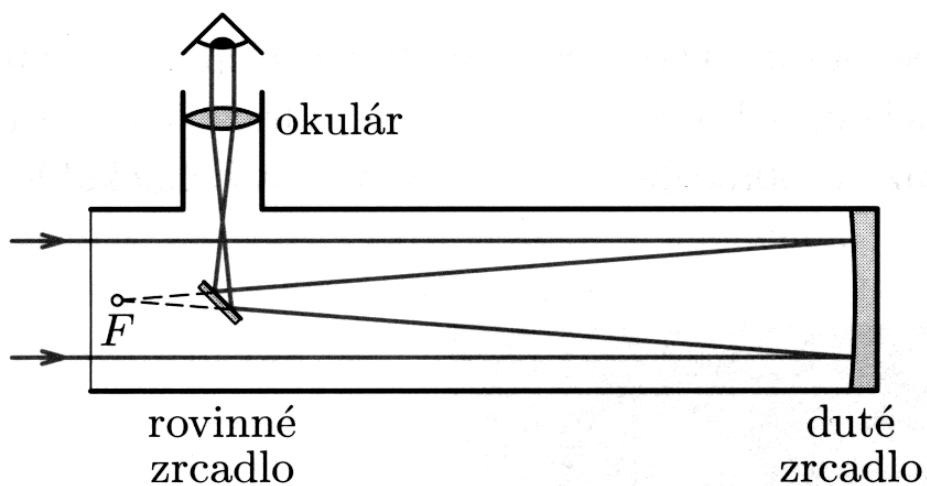
Galileiho (pozemský) dalekohled

jako u Keplerova dalekohledu, $\gamma_d = f_1/|f_2|$.



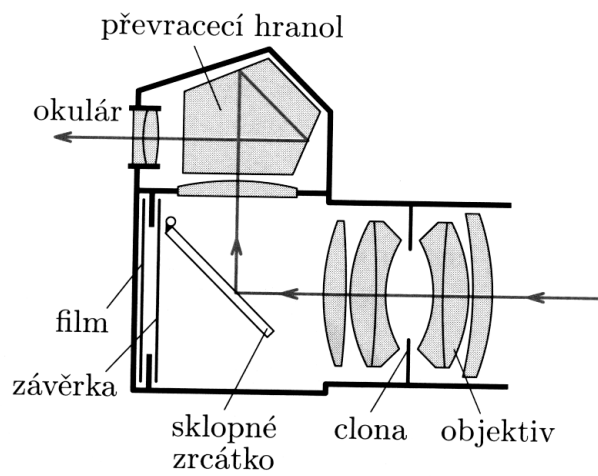
6-54 Schéma Galileiho dalekohledu

Na základě tohoto principu jsou zhotovena divadelní kukátka.

Zrcadlový (Newtonův) dalekohled

Tento dalekohled vykazuje menší zobrazovací chyby a také menší absorpci světla.

Další přístroje



6-56 Schéma fotografického přístroje

