tón

fyz. veličiny subjektivní popis

$f_1 f_2 \dots y_{m1}, y_{m2} \dots$ výška, barva

výšku tónu vnímáme relativně

zavádíme intervaly : interval oktávy $\left(\frac{f_2}{f_1} = \frac{2}{1}\right)$

⋮

rozdělením oktávy na 12 intervalů vzniknou tony hudebních stupnic

12 půltónů tvořících geom. posloupnost vytváří temperované ladění Dú ↓ 11/10

⋮

pozn. Rychlost zvuku (ve vzduchu)

$v \doteq 340\ m/s$

$v = (331{,}82 + 0{,}61 \cdot t)\ m/s$

t ↑ °C

Infrazvuk ... $f < 16\ Hz$ $\quad \lambda_{16} = v \cdot \frac{1}{f} \doteq \frac{340}{16} \doteq 21\ m$

Ultrazvuk ... $f > 16\ kHz$ $\quad \lambda_{16k} = \frac{340}{16000} \doteq 21\ mm$

(při $\frac{\lambda}{4} = 3{,}3\ cm \Rightarrow \lambda = 13{,}2\ cm \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0{,}132} \doteq 2575\ Hz = \underline{\underline{\doteq 2{,}6\ kHz}}$)

DÚ ... dokonč. podle učebnice
+ Dopl. jev (+př.)

Př: Hladina akust. výk. 2 m od zdroje je 90 dB
Jaká je hladina ak. výk. 8 m od zdroje?

$B_2 = 90$ dB $\quad I_2$ [78 dB]

$B_8 = ?$ $\quad I_8$

$B = 10 \log \frac{I}{I_0}$

$B_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0}$

$I_2 = \frac{P}{S_2}$ — $4\pi r_2^2$

$I_8 = \frac{P}{S_8}$ — $4\pi (4 \cdot r_2)^2$

$I_8 = \frac{P}{16 \cdot S_2} = \frac{1}{16} I_2$

$B_8 = 10 \cdot \log \frac{I_8}{I_0} =$

$= 10 \cdot \log \frac{1}{16} \cdot \frac{I_2}{I_0} = 10 \cdot \log \frac{1}{16} + 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_0} =$

$= 10 \cdot \log \frac{1}{16} + B_2 = B_2 - 10 \cdot \log 16 \doteq 90 - 12 = \underline{78 \text{ dB}}$

(vzdálenost se sníží 4 krát, intenzita se sníží 16 krát a hladina intenzity se sníží o $10 \cdot \log 16$ dB)

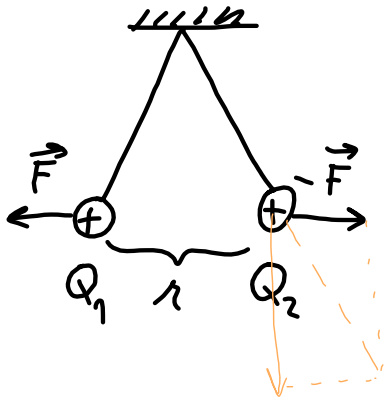
Hladina intenzity zvuku ve vzdálenosti 8 m bude asi 78 dB.

Vznik zvuku v hudebních nástrojích

dělení viz: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hudebn%C3%AD_n%C3%A1stroj

Electrostatics

Coulombův zákon – popis silového působení mezi náboji



$F \sim Q_1$
$F \sim Q_2$
$F \sim Q_1 \cdot Q_2$

$F \sim \frac{1}{r^2}$

$F \sim \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

pro vakuum $k = 9 \cdot 10^9 \, N m^2 C^{-2}$ $(8,9876)$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$

ε ... permitivita prostředí

ε_0 ... " vakua $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}$

ε_r ... relativní permitivita

$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2}$$

DÚ – úlohy

materiál	ε_r
vzduch	1,0006
pertinax	2,1
sklo	5 - 16
voda	81,6

mají. - zaplníme-li prostor mezi nábojí pertinelem, sníží se působící síla na polovinu ($\frac{1}{2,1}\times$)

PŘ: Jakou silou se odpuzují dvě malé* kuličky nabité náboji −10 nC rozdělené 10 cm? (ve vakuu)

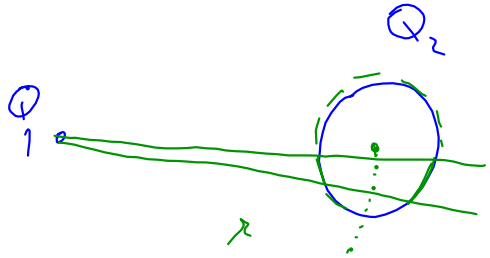
$Q_1 = Q_2 = 10\ nC = 10 \cdot 10^{-9}\ C = 10^{-8}\ C$

$r = 10\ cm = 10^{-1}\ m$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \doteq 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-8} \cdot 10^{-8}}{10^{-2}} = 9 \cdot 10^{9-16+2} = 9 \cdot 10^{-5}\ N = 0{,}09\ mN$$

* pozn. pro „malé" kuličky uvažujeme působení mezi bodovými náboji.

Coulombův zákon platí pro bodové náboje nebo náboje rovnoměrně rozložené na povrchu koulí.



r - vzdálenost středů koulí

ú 2/20

$Q_1 = 80\,nC$ ve vakuu

$Q = -20\,nC$

$r = 10\,cm$

a) $F = ?$

b) $F = ?$ ... po vyrovnání nábojů

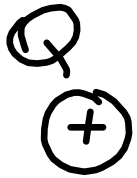
a) $F = \ldots$

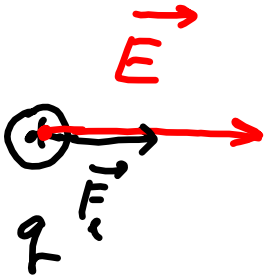
$$Q_1 = Q_2 = \frac{80-20}{2} = 30\,nC = 30\cdot 10^{-9}\,C = 3\cdot 10^{-8}$$

$$F = 9\cdot 10^{9}\cdot \frac{3\cdot 10^{-8}\cdot 3\cdot 10^{-8}}{10^{-2}} = 81\cdot 10^{9-8-8+2} = 81\cdot 10^{-5}\,N = \underline{\underline{8{,}1\cdot 10^{-4}\,N}}$$

Intenzita el. pole ozn. E

- síla, která by v daném místě působila na bodový náboj $+1\,C$





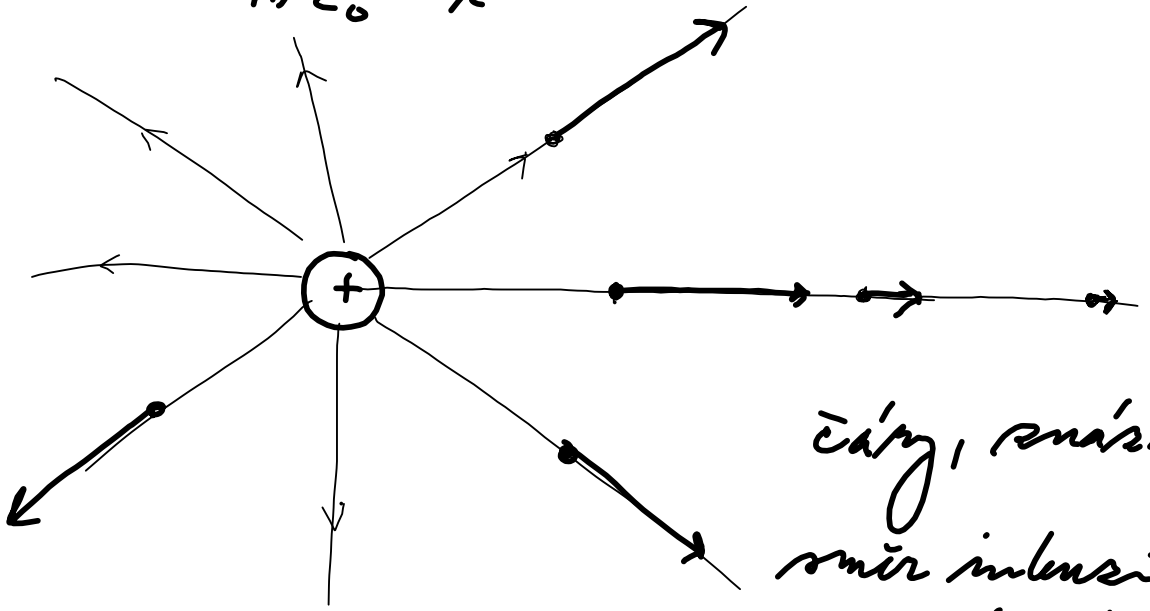
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q^*}$$

* mají q ... kladný jednotkový zkušební náboj

Intenzita ve vzdál. r od náboje Q

$$E = \frac{F}{q} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2 \cdot q} = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

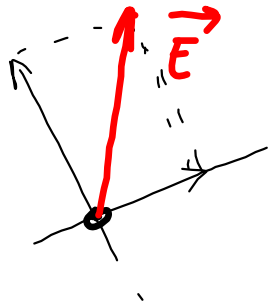
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \quad \dots \text{ve vakuu}$$

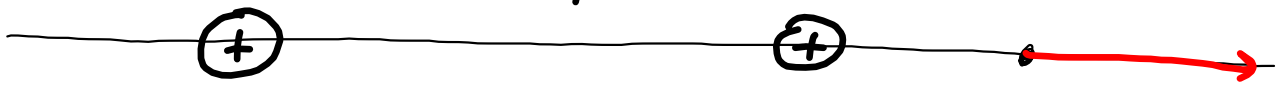


čáry, znázorňující směr intenzity el. pole se nazývají elektrické siločáry

DÚ pro 4 body *

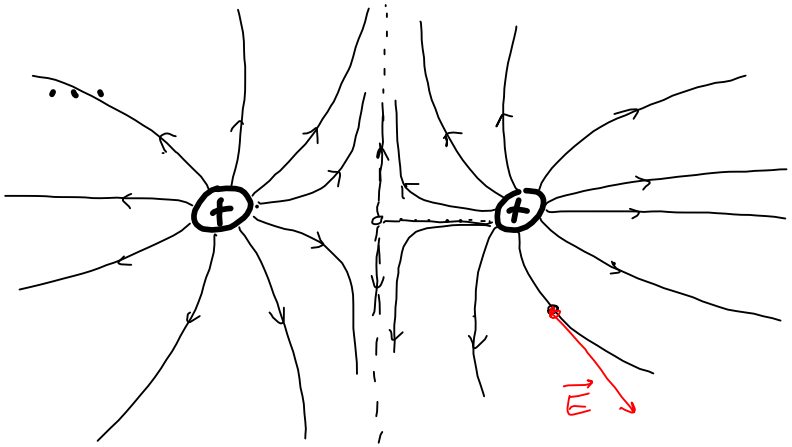
(velikosti a měřítko vhodně zvolte)

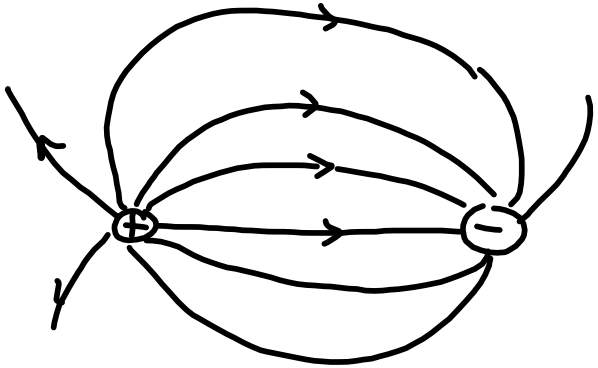


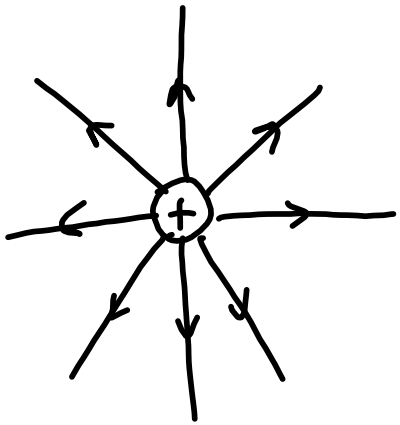


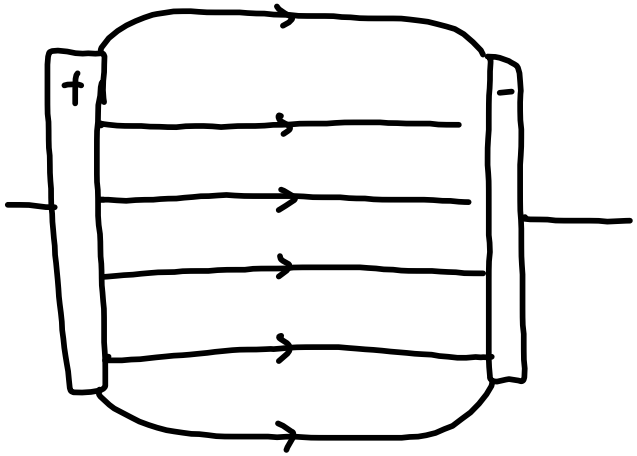
* určete graficky vektor intenzity el. pole

el. siločáry



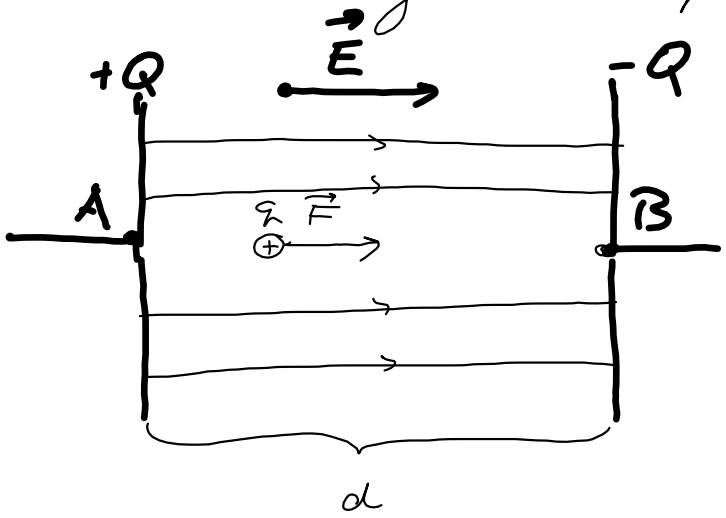






Práce v el. poli

v homogenním el. poli



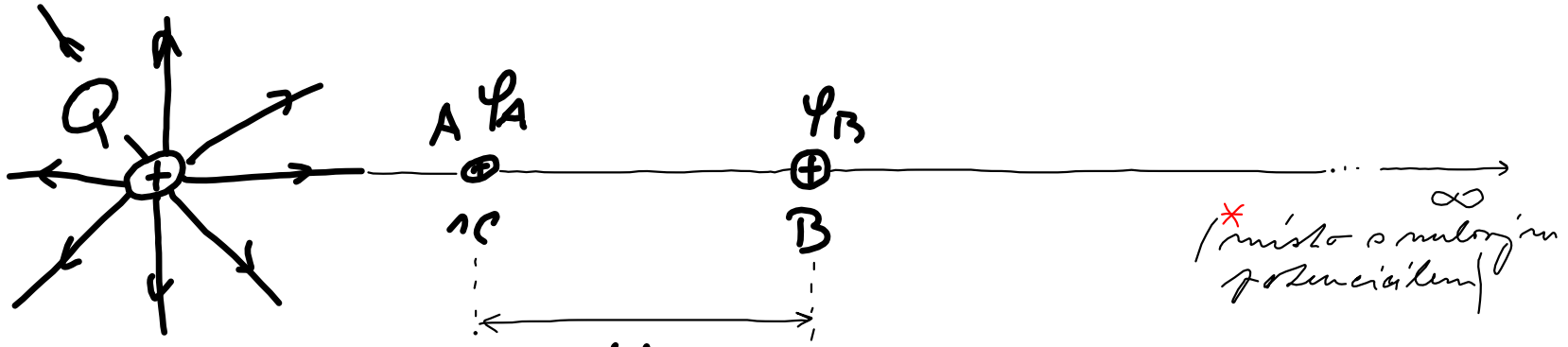
$\left(E = \frac{F}{Q} \; ; \; F = Q \cdot E \right)$

$$W_{AB} = F \cdot d = q \cdot \underbrace{E \cdot d}_{U_{AB}}$$

U_{AB} ... el. napětí mezi body A a B

$$U_{AB} = E \cdot d$$

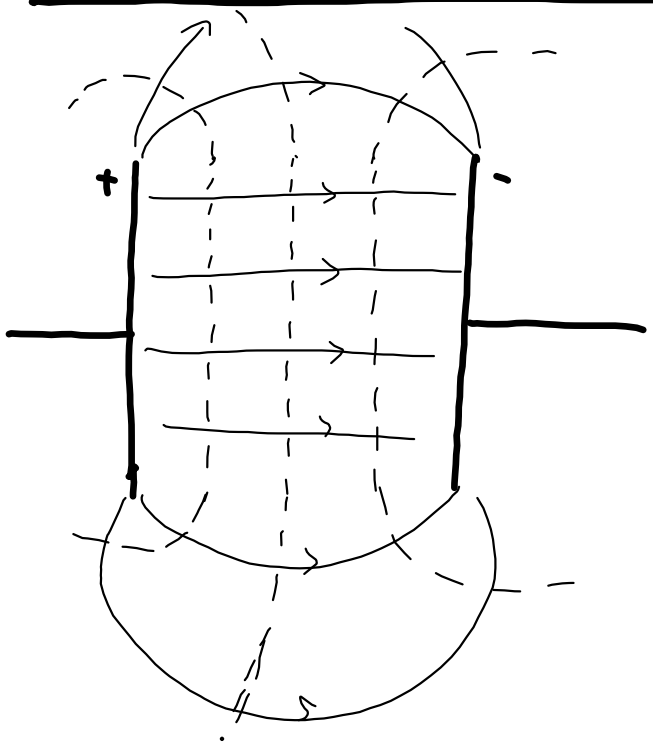
El. potencial

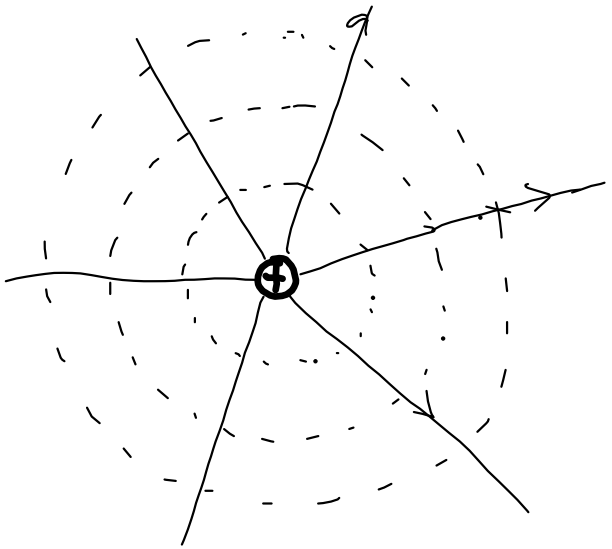


Elektrický potenciál v daném místě pole je roven práci, kterou je třeba vykonat, při přenosu jednotkového kladného náboje z místa s nulovým potenciálem do daného místa pole.

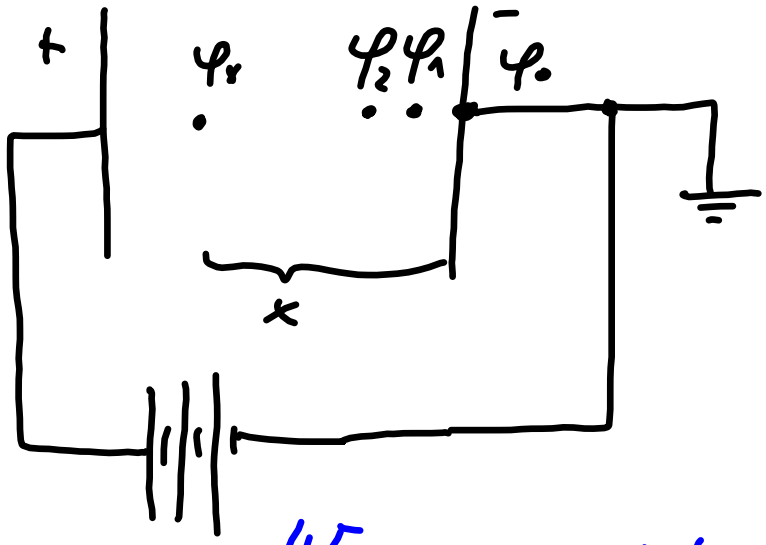
* někdy se pracuje s potenciálem na povrchu Země

Elektrostatické pole





Př.:Spočtěte potenciál ve vzdálenostech 0, 1 a 2 cm od uzemněné desky připojené na záporný pól baterie. Kladný pól 4,5 V baterie připojíme na druhou desku vzdálenou 9 cm.



$E = \frac{U}{d} = \frac{4,5}{0,09} = 50$ V/m

$\varphi_0 = 0$

$\varphi_x - \varphi_0 = U_x$

$\varphi_x - \varphi_0 = E \cdot x$

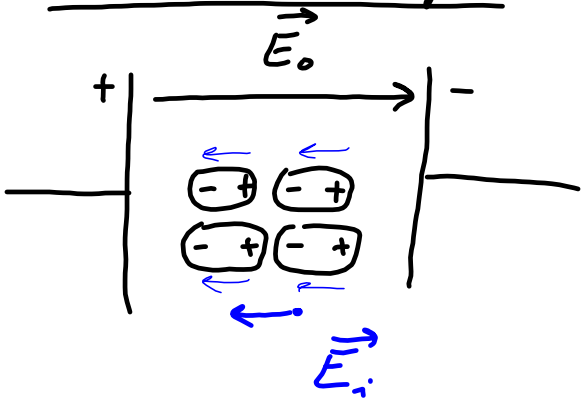
$\varphi_x = 50 \cdot x$

$\varphi_1 = 50 \cdot 0,01 = 0,5$ J/C

$\varphi_2 = 50 \cdot 0,02 = 1$ J/C

... rovnice n. el. pole

Izolant v el. poli – dochází k polarizaci dielektrika



E_0... bez izolantu

výsl. intenzita

$E = E_0 - E_1$

je nižší

$$\frac{E_0}{E} = \varepsilon_r$$

Intenzita el. pole na povrchu koule o polom. R

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q}{R^2} = \frac{Q}{S \cdot \varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

S

σ

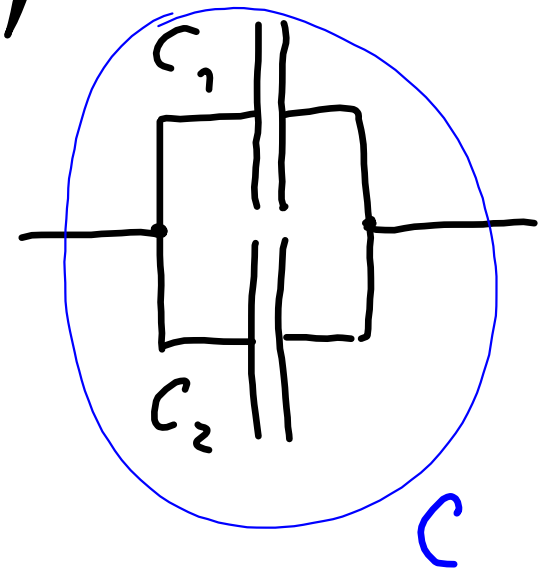
$\sigma = \frac{Q}{S}$ ... plošná hustota náboje

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

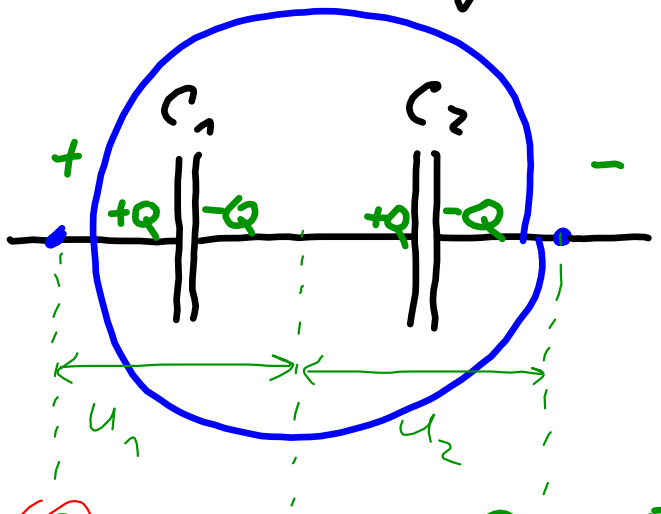
Řazení kondenzátorů (značka: ⊣⊢)

C_1, C_2 ... sériově a paralelně $\Rightarrow C$

paralelně ... $C = C_1 + C_2$



sériové zapojení



$$U = U_1 + U_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) \quad / : Q$$

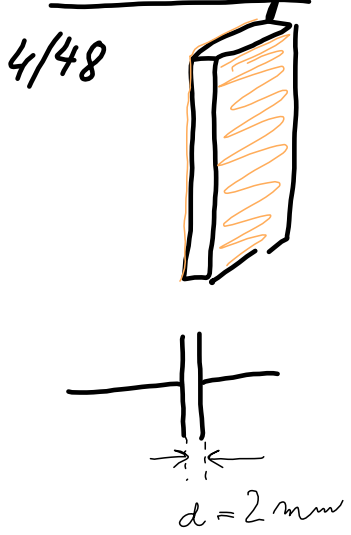
$$\frac{Q}{C}$$

$$\Downarrow$$

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

Příklady

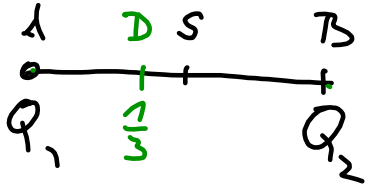
4/48



2/252 $Q_1 = Q_2 = 1\,\mu C = Q_3$

$|AB| = 20\,cm$

$W = ?$



$W = \varphi_S \cdot Q_3 = 0 \qquad \varphi_S = 0$

$W_D = (\varphi_D - \varphi_S) \cdot Q_3 = \varphi_D \cdot Q_3$

$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$

$W_D = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q_1}{|AD|} - \frac{Q_2}{|BD|}\right) =$

$= \frac{10^{-6}}{4\pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}}\left(\frac{1}{\frac{1}{15}} - \frac{1}{\frac{2}{15}}\right) =$

? $= \frac{10^{-6}}{4\pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{15}{2} \doteq 9 \cdot 10^5\,J$

67438 J

6/286

$C = 500\,\mu F$

$U = 100\,V$

$\varepsilon_r = 6$

$(E = ?)$ ploščni kondenzator

Př.: Při odběru proudu 0,5 A je svorkové napětí článku 1,5 V. Zvýšíme-li odběr na 0,6 A, klesne napětí na 1,45 V. Určete elektromotorické nampětí a zkratový proud.

$U_e = 1{,}75\ V$ ✓ | $U_e = 1{,}6\ V$
$I_k = 3{,}5\ A$ ✓ | $I_k = 8\ A$
$(R_i = 0{,}5)$ | $R_i = 0{,}2\ \Omega$

omyl; nychozí hodnoty

$I_1 = 0{,}5\ A \quad U_1 = 1{,}5\ V$
$I_2 = 0{,}6\ A \quad U_2 = 1{,}48\ V$

$I_1 = 0{,}5\ A \quad U_1 = 1{,}5\ V$
$I_2 = 0{,}6\ A \quad U_2 = 1{,}45\ V$

použijeme rovnici $U = U_e - R_i \cdot I$

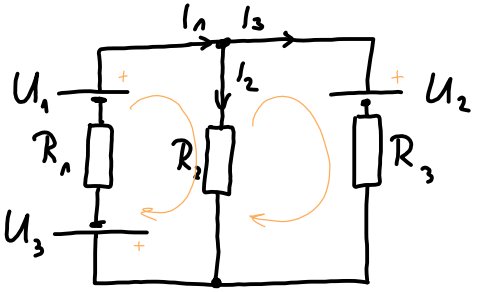
$$U_1 = U_e - R_i \cdot I_1$$
$$U_2 = U_e - R_i \cdot I_2$$

dvě rovnice o dvou neznámých (U_e a R_i)

① $1{,}5 = U_e - R_i \cdot 0{,}5 \Rightarrow U_e = 1{,}5 + 0{,}5 R_i =$
② $1{,}45 = U_e - R_i \cdot 0{,}6$ $= 1{,}5 + 0{,}5 \cdot 0{,}5 =$
① − ②: $0{,}05 = -0{,}5 R_i + 0{,}6 R_i$ $= 1{,}75\ V$
$0{,}05 = 0{,}1 R_i$
$R_i = 0{,}5\ \Omega \Rightarrow I_k = \frac{U_e}{R_i} = \frac{1{,}75}{0{,}5} = 3{,}5\ A$

$U_e = 1{,}75\ V$
$I_k = 3{,}5\ A$

Př: Určete proudy odpory R_1, R_2 a R_3 v zapojení podle obrázku.



$R_1 = 10\,\Omega$
$R_2 = 20\,\Omega$
$R_3 = 30\,\Omega$
$U_1 = 4\,V$
$U_2 = 5\,V$
$U_3 = 2\,V$

1. K. Z.: $I_1 = I_2 + I_3$
2. K. Z.: $U_1 - U_3 = R_1 I_1 + R_2 I_2$
$-U_2 = -R_2 I_2 + R_3 I_3$

} 3 rovnice o 3 neznámých

$2 = 10 I_1 + 20 I_2$ dosadíme $I_1 = I_2 + I_3$

$-5 = -20 I_2 + 30 I_3$

$2 = 10 I_2 + 10 I_3 + 20 I_2$

① $2 = 30 I_2 + 10 I_3$ $\Rightarrow I_3 = \frac{2 - 30 \cdot 0{,}1}{10} = -0{,}1\,A$

② $-5 = -20 I_2 + 30 I_3$

3·① − ② $6 + 5 = 90 I_2 + 30 I_3 + 20 I_2 - 30 I_3$

$11 = 110 I_2$

$I_2 = 0{,}1\,A$ $I_1 = I_2 + I_3 = 0{,}1 - 0{,}1 = 0\,A$

$I_3 = -0{,}1\,A$

$I_1 = 0\,A$

Odporem R_1 neteče žádný proud, odporem R_2 teče proud 0,1A a odporem R_3 teče proud 0,1A směrem opačným, než je znázorněn v obrázku.

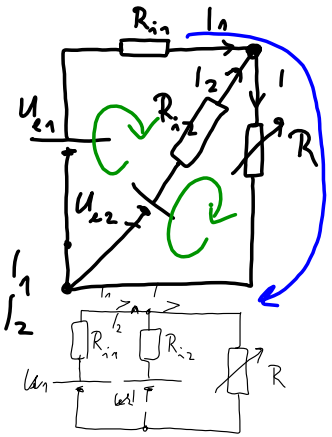
Ú 3/91 $U_{e1} = 4{,}5\,V$

$R_{i1} = 1{,}5\,\Omega$

$U_{e2} = 3\,V$

$R_{i2} = 0{,}3\,\Omega$

$R = ?$



$I = I_1 + I_2$ i $I_2 = I_1$, $I_1 = I_2$

$U_{e1} - U_{e2} = R_{i1} \cdot I_1 - R_{i2} \cdot I_2$

$U_{e2} = R_{i2} I_2 + RI$

$I = 2 \cdot I_1$

$U_{e1} - U_{e2} = R_{i1} I_1 - R_{i2} I_1$

$U_{e2} = R_{i2} \cdot I_1 + R \cdot I$

$I = 2 I_1$

$1{,}5 = 1{,}5 \cdot I_1 - 0{,}3 I_1$

$3 = 0{,}3 \cdot I_1 + R \cdot I$

$1{,}5 = 1{,}2 I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{1{,}5}{1{,}2} = 1{,}25\,A$

$3 = 0{,}3 I_1 + R \cdot 2 I_1$

$3 = 0{,}375 + 2{,}5 R$

$R = \frac{2{,}625}{2{,}5} = 1{,}05\,\Omega$

Aby oba zdroje dodávaly stejný proud, musíme hodnotu odporu nastavit na hodnotu $1{,}05\,\Omega$.

17.1.↓2019

ústní prověrka K.Z.

mříže - opakování
polovodiče IV
rozšíření (většinou modře)

Polovodiče – jsou látky, jejich vodivost a izolační vlastnosti záleží na okolnostech – teplota
– záření (světlo)
– el. pole
– el. napětí

polovodiče mají proměnný měrný el. odpor mezi hodnotami $10^{-2}\ \Omega m$ (horší vodiče) až $10^{9}\ \Omega m$ (izolanty)

ρ = (měr. el. odpor)
vodiče $10^{-6}\ \Omega m$ (Ag) ... ⊙ NaCl $10^{-2}\ \Omega m$
izolanty 10^{6} (.. 10^{12})

poznámka - funkce tranzistoru jako polovodičové součástky, která funguje jako regulovač el. proudu nebo jako elektronicky ovládaný vypínač.

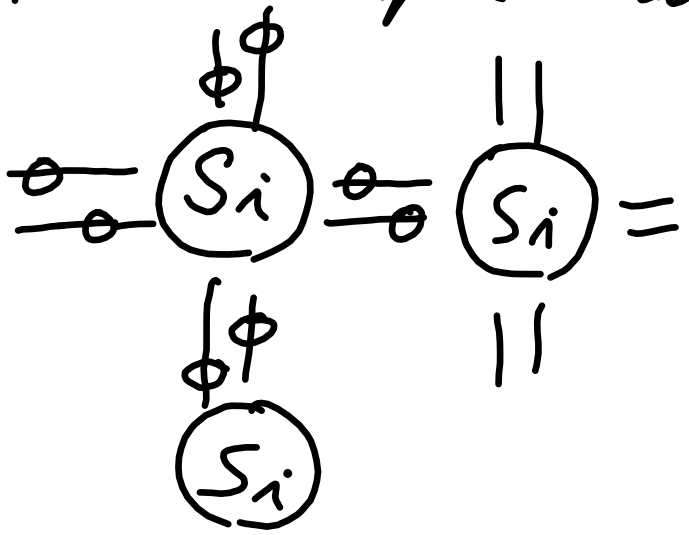
poznámka - rozvoj integrace tranzistorů umožnila vznik integrovaných obvodů; mikroprocesorů počítačů (obsahují stovky milionů tranzistorů, které se přepínají s frekvencí několika GHz (1 GHz - 1 000 000 000 přepnutí za sekundu). Tento výkon neustále roste...

Elektrický proud v polovodičích

je realizován pohybem elektronů a děr.

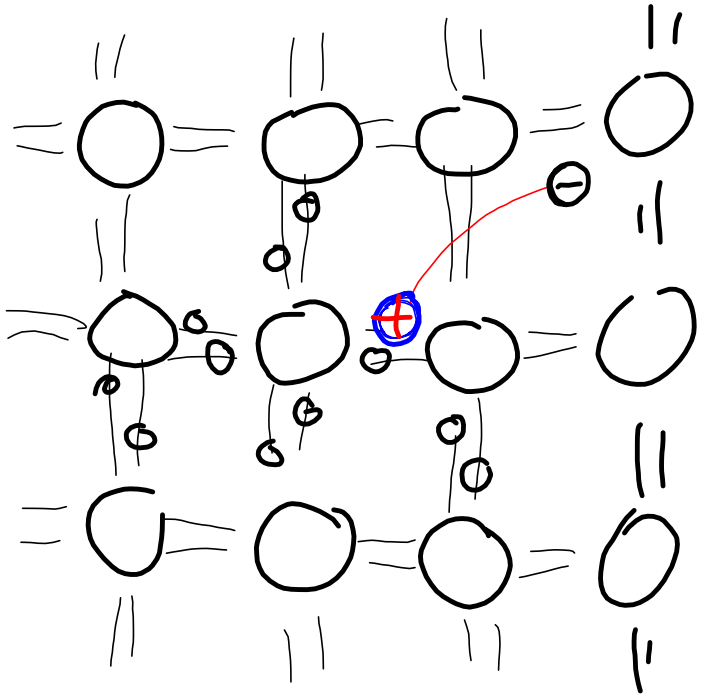
díra – prázdné místo po elektronu

Vlastní polovodič - např. křemíkový (čistý křemík)



Jakýkoli krystal křemíku nemá volné nosiče náboje (je nevodivý)

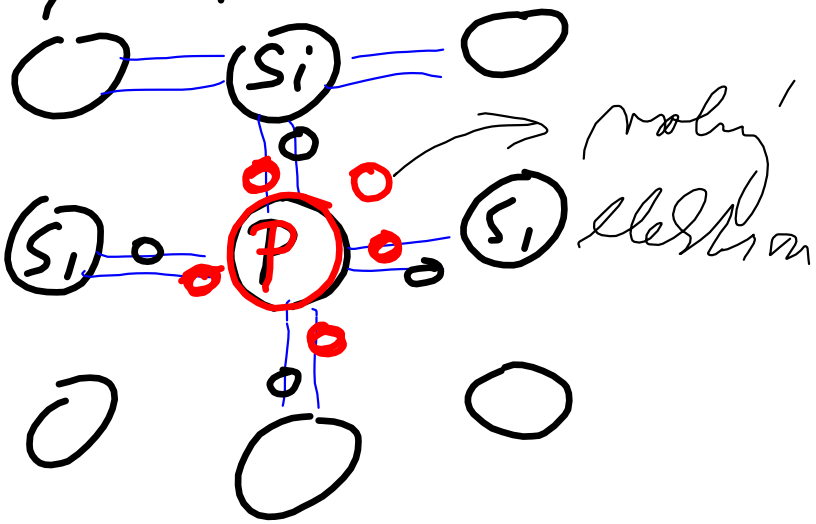
(např.) zvýšením teploty dojde k uvolnění elektronu z vazby (generace)
- vznikne pár elektron (-) díra (+)
rovnovážný pár elektron-díra,
se mohou v polovodiči volně pohybovat - polovodič se stává vodivým



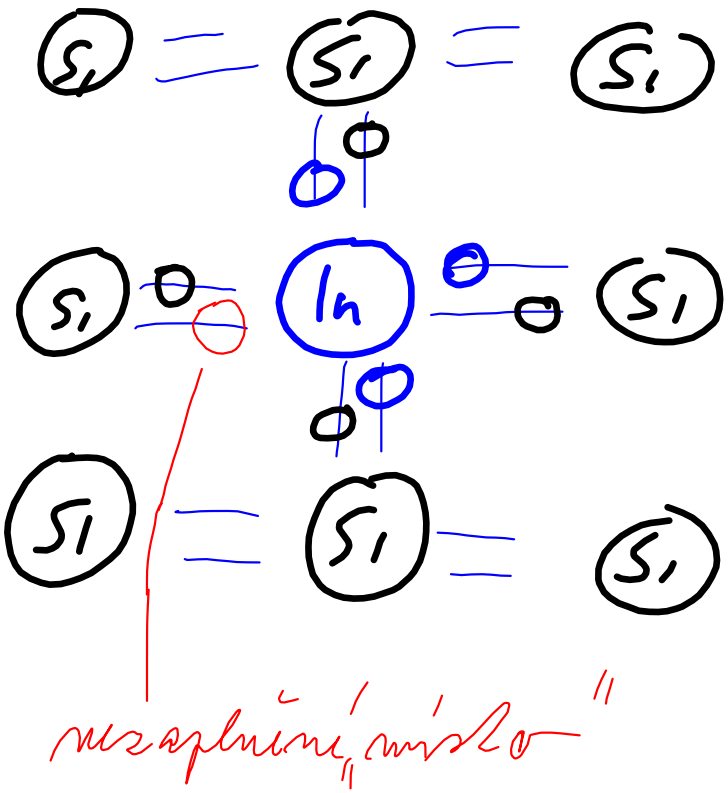
Takový polovodič by mohl fungovat jako odpor závislý na teplotě – termistor

Nerlastní polovodiče (příměsové)
- obsahují příměs, která umožní vytvoření nadbytku elektronů nebo vytvoření nadbytku děr.

polovodič typu N
(nadbytkový) elektronový
vodivost

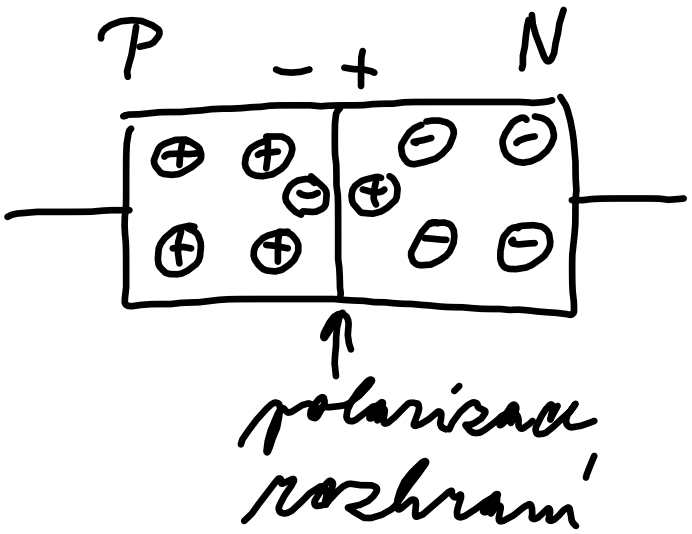


polovodič typu P
(přebytkový) děrový
vodivost



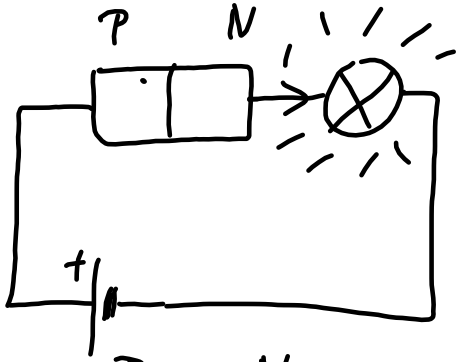
Polovodičové součástky

- tranzistor
- **Dioda** je tvořena P-N přechodem

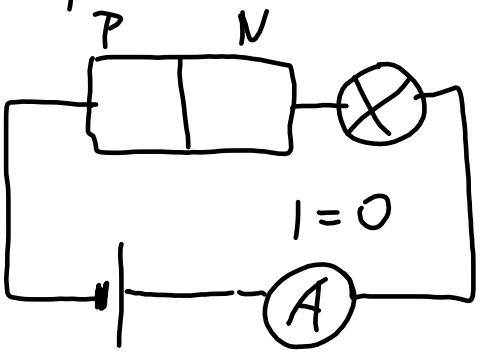


P-N přechod je nevodivý, ale jeho vodivost se dá ovládat vnějším napětím.

- diodový jev

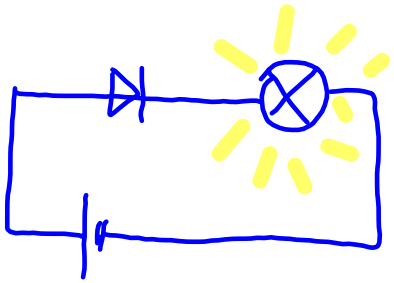


- PPP přípojení Plus zdroje na polovodič P proud Prochází

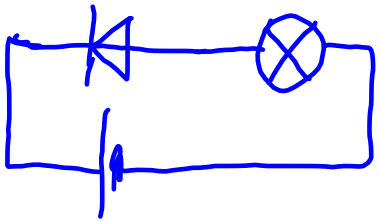


při opačné polaritě zdroje proud neprochází

- dioda propouští proud jen jedním směrem
- fungují jako usměrňovač (střídavého proudu)

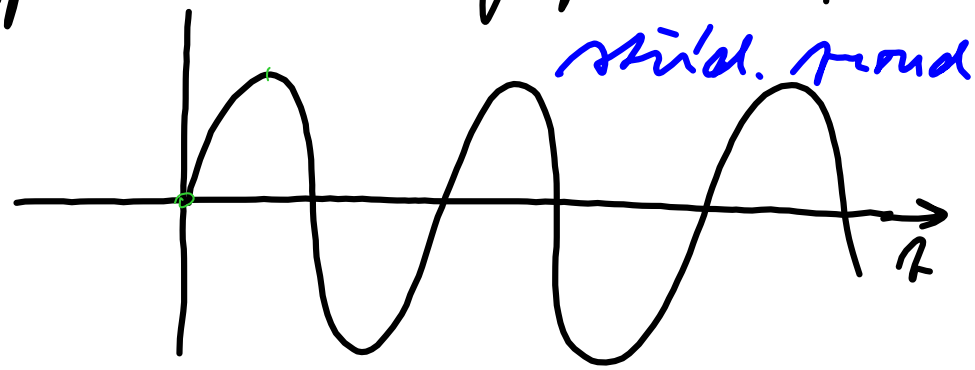


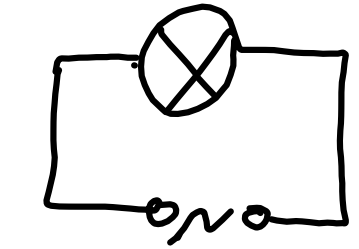
... dioda v propustném směru

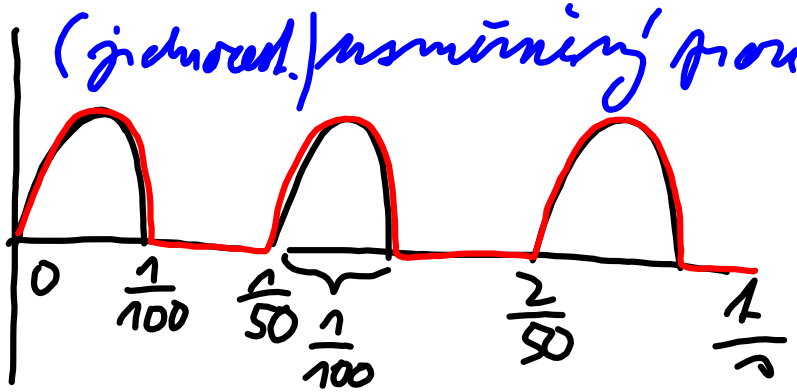


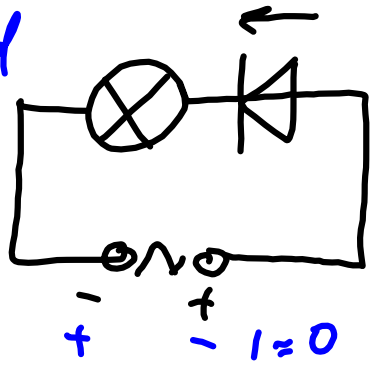
... dioda v závěrném směru

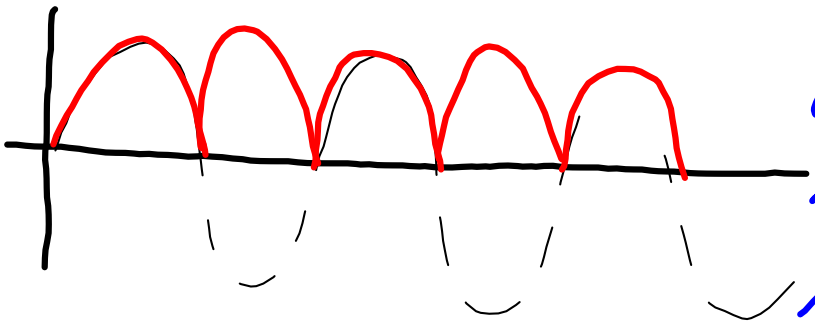
pozn. časový průběh střídavého proudu





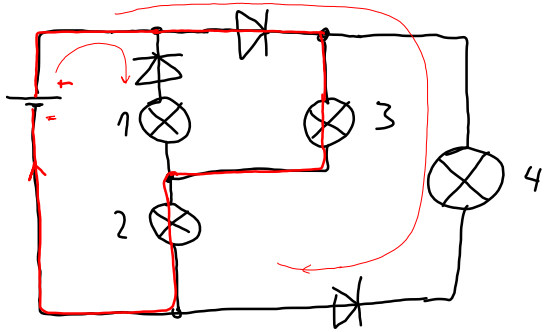




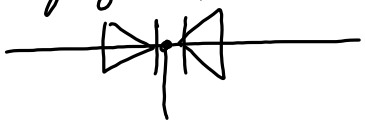


dvoucestně usměrněný střídavý proud

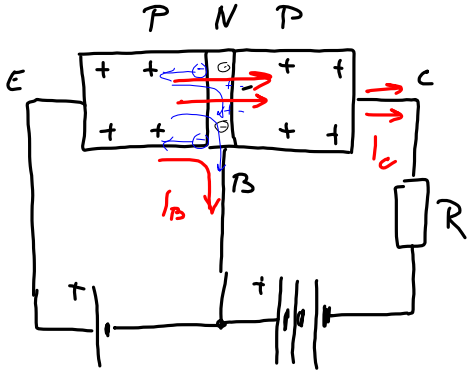
Která žárovka bude svítit ?



Tranzistor – je tvořen dvěma P-N přechody zapojenými „proti sobě"



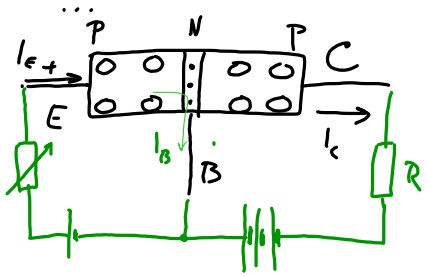
... proud nemůže protéka ALE:



malým napětím mezi B-E (0,6-0,7V) lze ovládat velký emitorový proud

C ... kolektor
B ... báze
E ... emitor

Tranzistorový jev

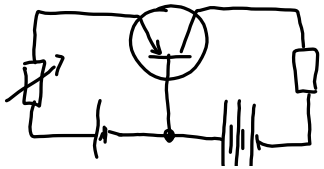


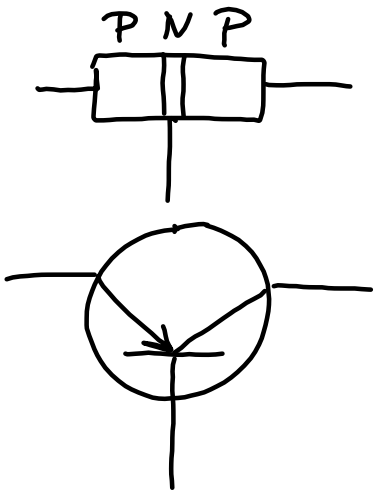
E-B ... propustný směr

díry jsou strháváme přechodem B-C

vzniká emitorový proud

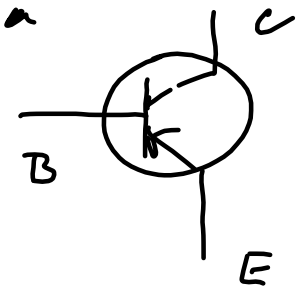
– dává podnět ke kolektorového proudu



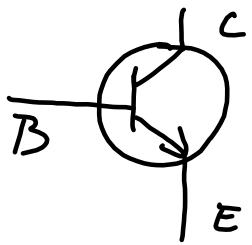


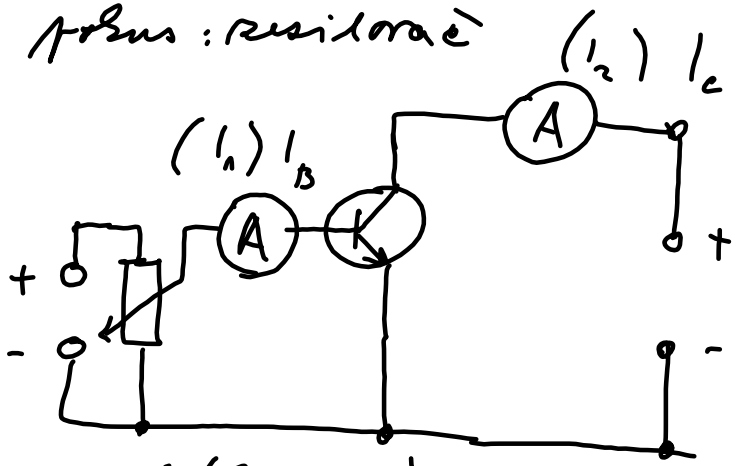
značka

PNP



NPN





$I_B \in (0; 1\,mA)$
$I_C \in (0; 20\,mA)$ $\Rightarrow$ 20x zesílení

$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \left(= \frac{20}{1} = 20 \right)$ Zesilovač může být různý za sebou - vícestupňový zesil.

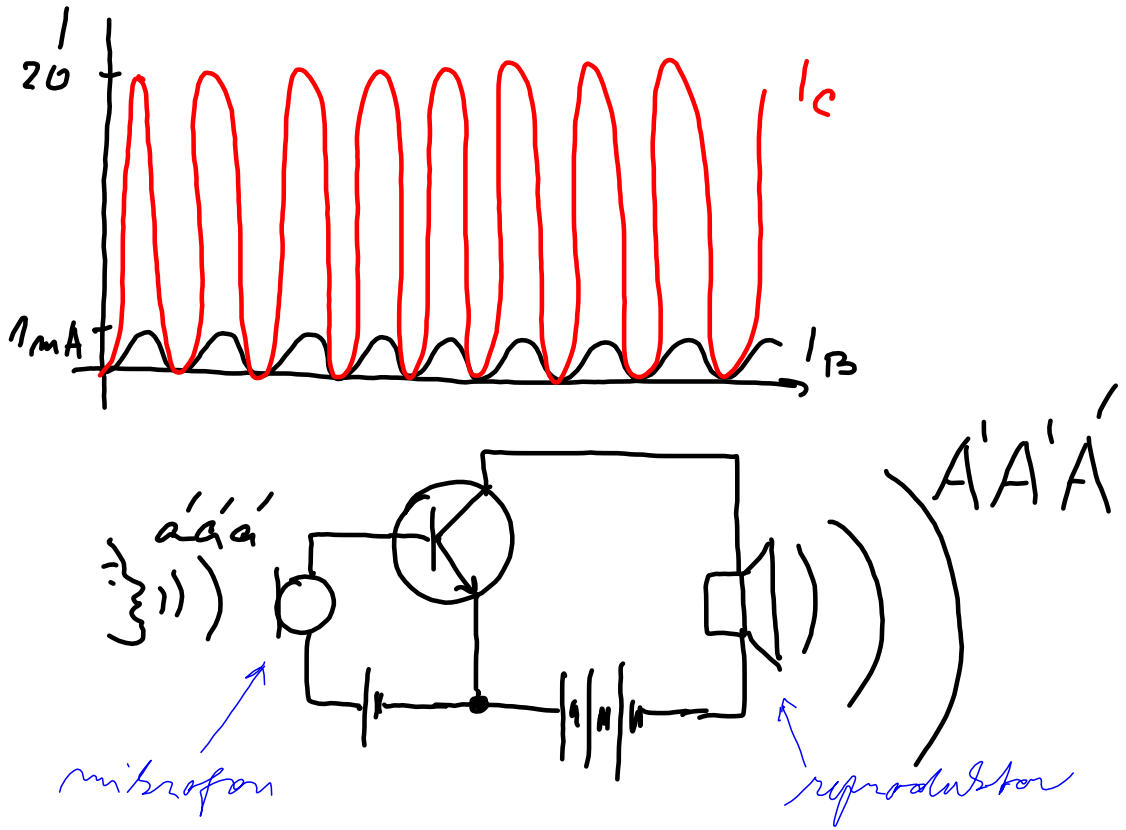
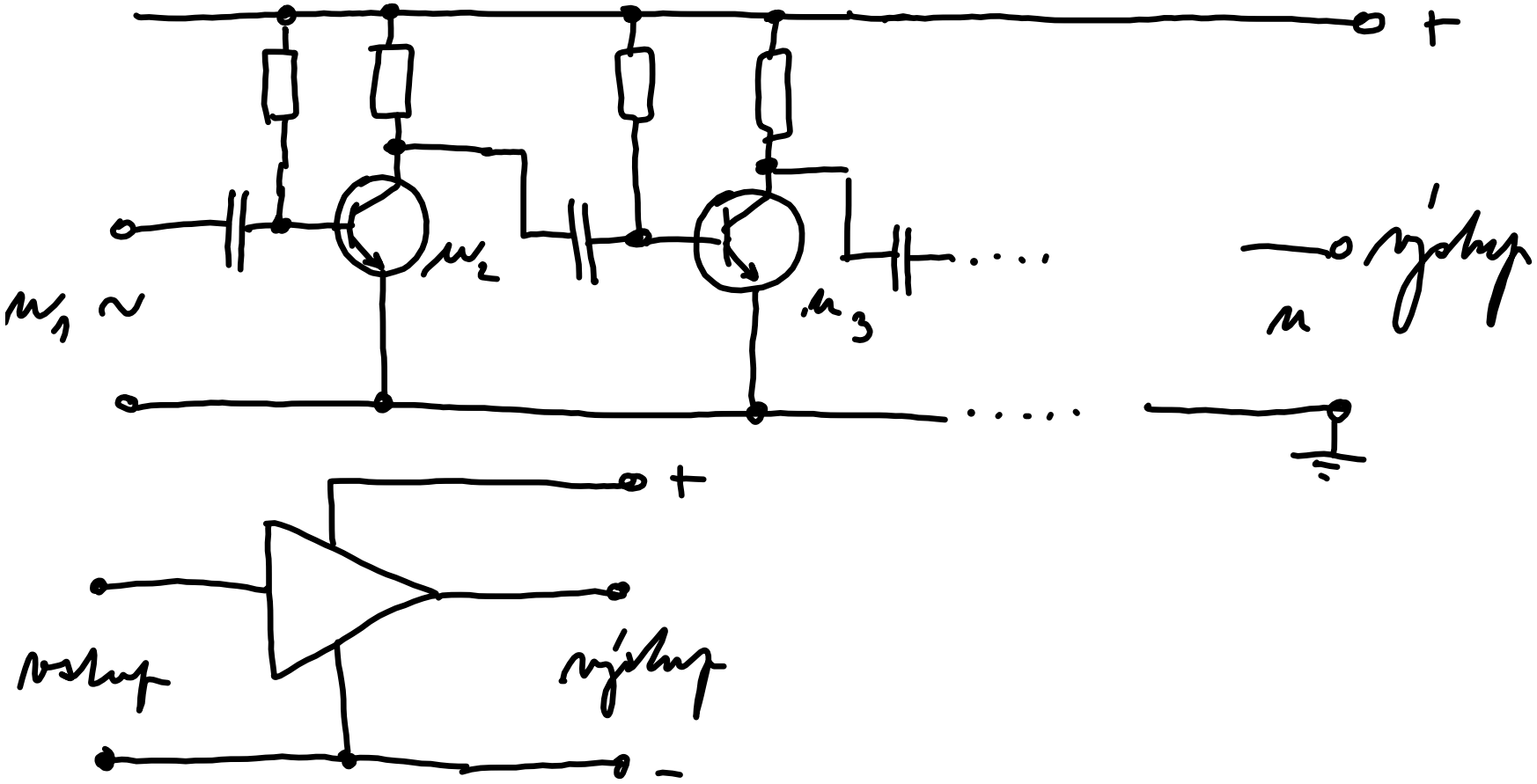


Schéma je zjednodušeno, v praxi by obsahovalo prvky pro správné nastavení pracovních napětí.

24.1.19 Konec opakování z IV

(zapojení se společ. emitorem)

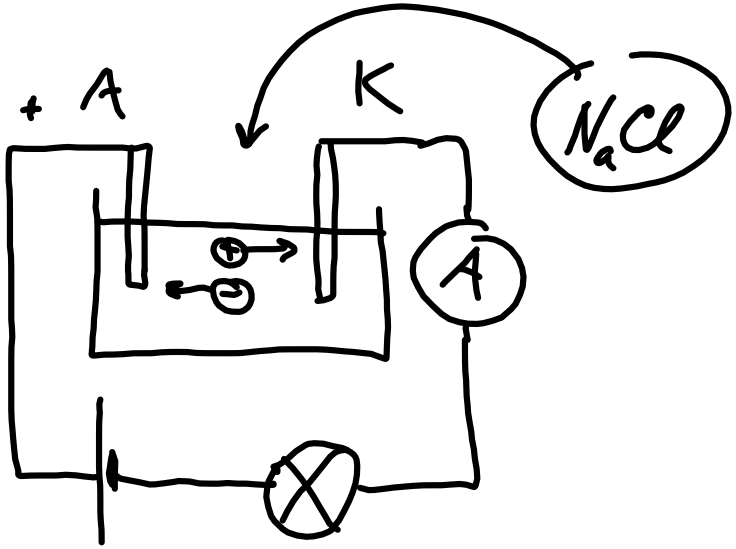
Tranzistorový zesilovač (vícestupňový)



Elektrický proud v kapalinách - elektrolyty

elektrolyt – vodivý roztok (obvykle solí v rozp. nebo kyseliny, zásady; taveniny solí)

el. ... kladné a záp. ionty

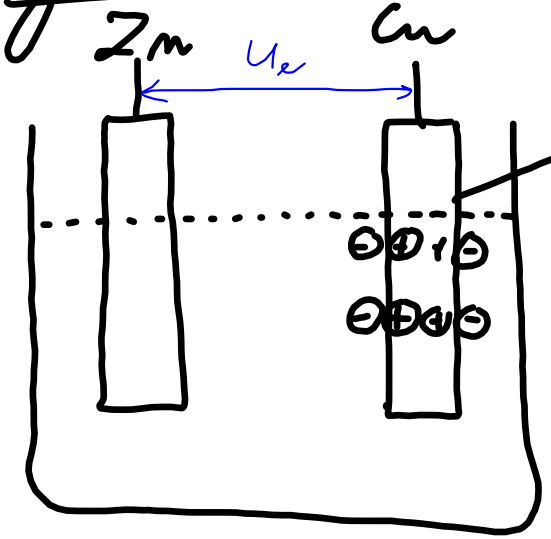


... látka se rozloží

($I \doteq 0{,}1$ A)

FZE

Galvanické články



na povrchu vzniká elektrická dvojvrstva (polarizace rozhraní elektroda - elektrolyt)

mezi elektrodami z různých materiálů vzniká rozdíl potenciálů ... U_e

vzniká galvanický článek - zdroj stejnosm. nap.

21.2. ↓ 19

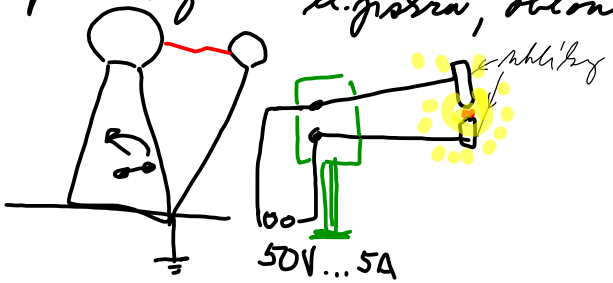
akumulátory

Elektrický proud v plynech (opak. kvarta)

- náboj je přenášen ionty

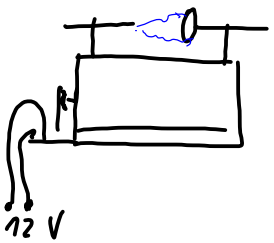
K tomu, abychom vytvořili v plynu ionty potřebujeme dodat ionizační energii (musíme plyn ionizovat)

pokusy: el. jiskra, oblouk (6000 °C); výboj za sníženého tlaku, doutnavka



opak ↓

Van de Graafův generátor



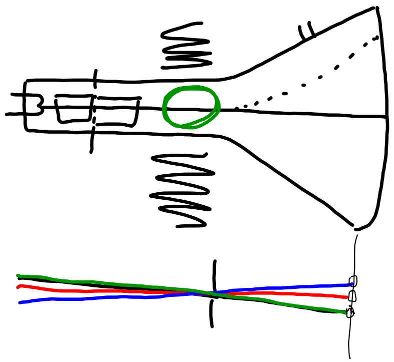
délka jiskry 52 mm (v suchém vzduchu) odpovídá napětí

156 kV

Dú - pozn. k provedeným pokusům - výboj ve zředěném vzduchu, ve vakuu ve zředěných plynech (N_2 CO_2 He H_2)

(dioda, trioda...)

Televizní obrazovka osciloskop

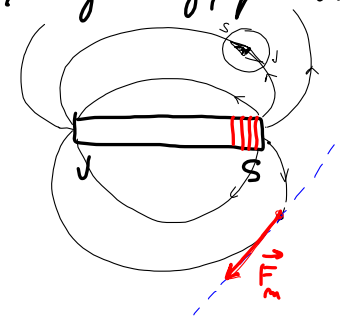


7/3↓19

Stacionární magn. pole

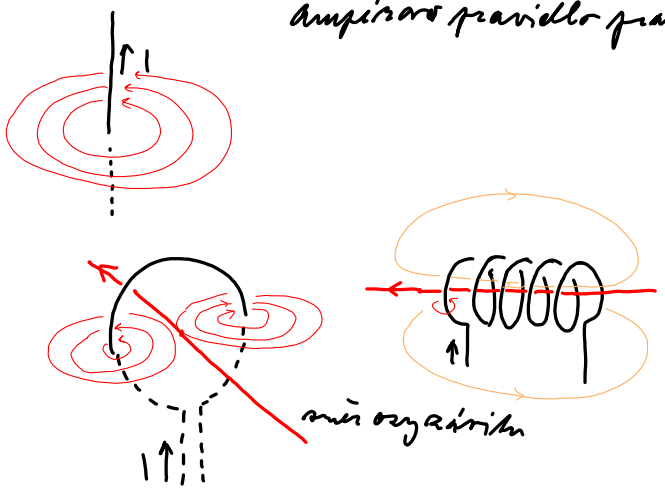
⋮

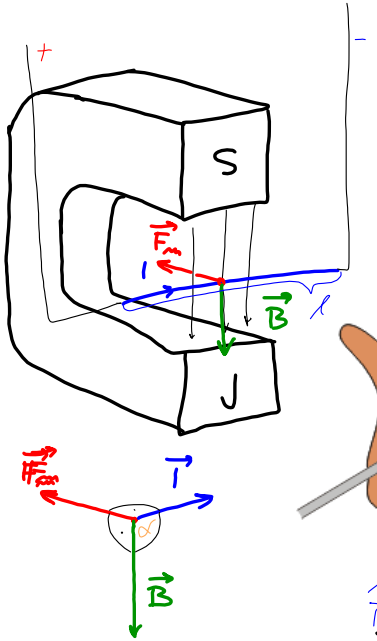
Magn. indukční čáry - orientované křivky, pro než tečna v daném bodě určuje směr magn. síly, působící na severní pól magnetu



magn. pole v okolí vodiče s proudem

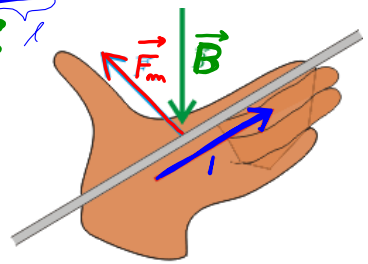
ampérovo pravidlo pravé ruky





Flemingovo pravidlo levé ruky

$\vec{B}$ vektor magnetické indukce



http://reseneulohy.cz/

l ... účinná délka vodiče

$\vec{I}$ ... má velikost a směr proudu

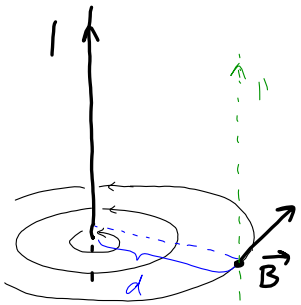
$\vec{F}_m \perp \vec{I}$

$\vec{F}_m \perp \vec{B}$

$F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$ (prav. vektorově: $\vec{F} = l \cdot \vec{I} \times \vec{B}$ resp. $\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$)

$B = \frac{F_m}{I l \sin\alpha}$ jednotka T (tesla)

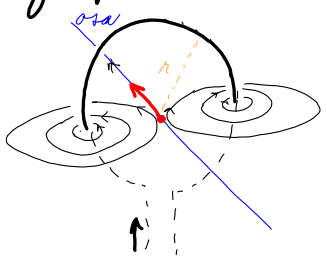
$[B] = NA^{-1}m^{-1} = T$



$B = \frac{F_m}{I \cdot l} = \ldots = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{d}$

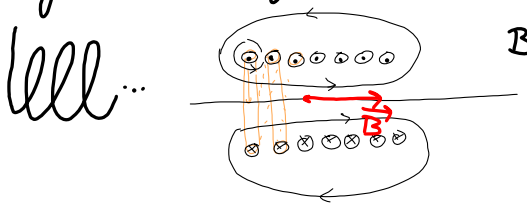
Definice jednotky 1 A: Ampér je proud, který při stálém průtoku dvěma rovnoběžnými přímkovými velmi dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu, umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 m od sebe, vyvolá sílu 2.10^{-7} newtonů na 1 m délky.

magn. pole zavitu (proték. proudem)



$$B = \frac{\mu \cdot I}{2r}$$

magn. pole cívky (série zavitů)

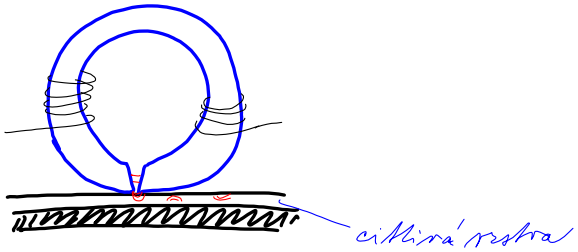


$$B = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

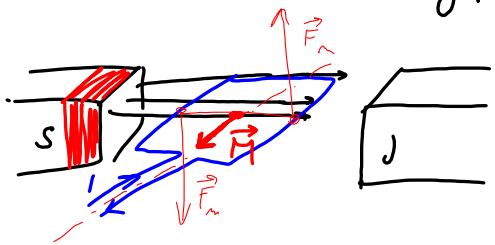
(pro dlouhou cívku)

21/3 19

magn. záznam informací

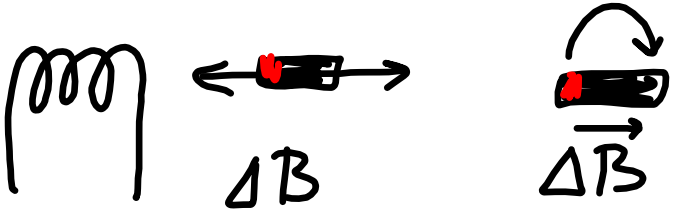


Závit s proudem v mg. poli



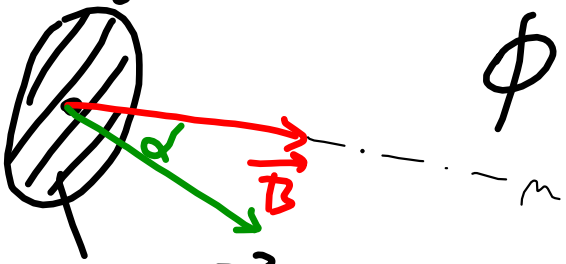
$M = B \cdot I \cdot S$ ... pro rovinu závitu $\parallel \vec{B}$

Změna magn. pole (opak.)



změna účinné plochy (zářivka)

Magnetický indukční tok Φ (jedn. weber)

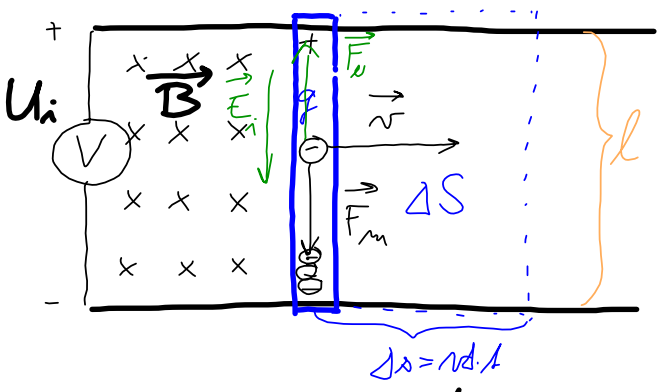


$\Phi = B \cdot S$ Wb

S $\vec{B} \perp S$ $\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$

Změna magn. ind. toku

Faradayův zákon elektromagnetické indukce



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

$$F_m = B \cdot q \cdot v$$

$$E_i = \frac{F_m}{q}$$

$$U_i = E_i \cdot l =$$

$$= \frac{F_m \cdot l}{q} = \frac{B q \cdot v \cdot l}{q} =$$

$$= B \cdot v \cdot l = \frac{B \cdot \Delta s \cdot l}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t}$$

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

$$U_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$ ... platí pro velikosti

(velikost indukovaného napětí je rovna velikosti úbytku změny magn. ind. toku)

(prom.: $\vec{u} = \vec{E}_i \cdot l \Rightarrow U_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$)

Př.: Jaké max. napětí se indukuje na hliníkové tyči dlouhé 40 cm, která spadne volným pádem z výšky 1,5 m? (Je orientována ve vodorovném směru od východu na západ.)

$B_2 \doteq 20\,\mu T = 20 \cdot 10^{-6}\,T$ ... horizontální složka magn. ind. zemského magnetismu

$l = 40\,cm = 0{,}4\,m$

$g = 10\,m/s^2$

$h = 1{,}5\,m$

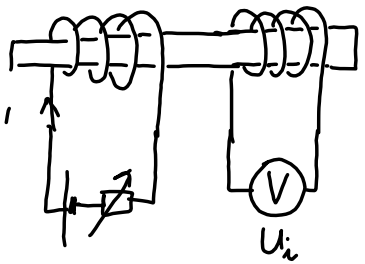
rychlost rot. tyče na konci: $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, $2gh = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$

$$U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = B_2 \cdot v \cdot l$$

$$U_i = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{30} \cdot 0{,}4 = \underline{\underline{4{,}38 \cdot 10^{-5}\,V}}$$

Indukované npětí dosáhne maximum těsně před dopadem a bude mít hodnotu přibližně 4,38 .10^{-5} V.

Vzájemná indukce – cívek na spol. jádře



napětí na 2. cívce se bude indukovat při zapínání nebo vypínání el. proudu 1. cívkou

Vlastní indukce – jev při kterém se indukuje el. napětí na cívce v důsledku proudových změn v cívce (samotné)

– zjevně při zapnutí a vypnutí

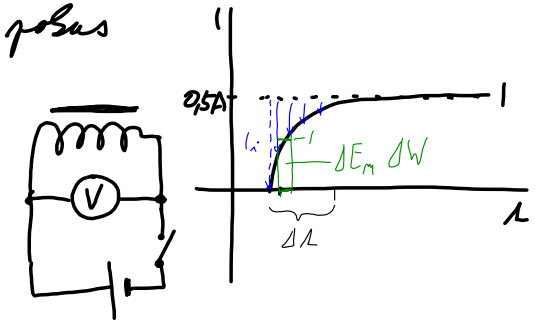
L … indukčnost cívky

$\Phi \sim I$

$\Phi = L \cdot I$

$\Delta\Phi = L \cdot \Delta I$

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



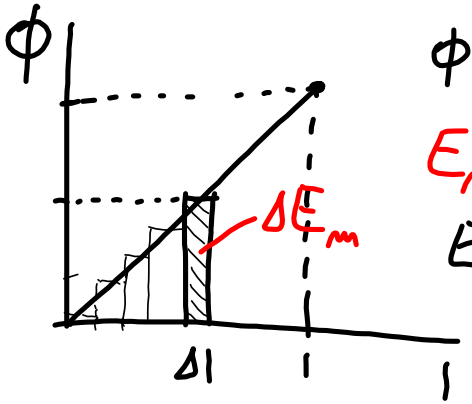
Energie magn. pole cívky

$$E_m = W = U \cdot I \cdot \Delta t$$

E_m … energie magn. pole cívky

W … práce indukč. el. proudu při odpojení od zdroje

$$\Delta E_m = |U_i| \cdot I \cdot \Delta t = \left|\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right| \cdot I \cdot \Delta t = \Delta(\Phi \cdot I) = \Phi \cdot \Delta I$$



$$\Phi = L \cdot I$$

$$E_m = \Delta E_{m1} + \Delta E_{m2} + \dots$$

$$E_m = \left(\frac{2 \cdot m}{2}\right) = \frac{1}{2} I \cdot \underbrace{L \cdot I}_{\Phi} = \frac{1}{2} L I^2$$

pozn. $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

$E_p = \frac{1}{2} k y^2$

$E_c = \frac{1}{2} C U^2$

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

PŘ: Spočítěte energii magn. pole cívky o indukčnosti 0,005 T, kterou prochází proud 0,5A.

$E_m = \frac{1}{2} L I^2$ $I = 0,5A$ $L = 0,005T$

$E_m = \frac{1}{2} \cdot 0,005 \cdot 0,5^2 =$

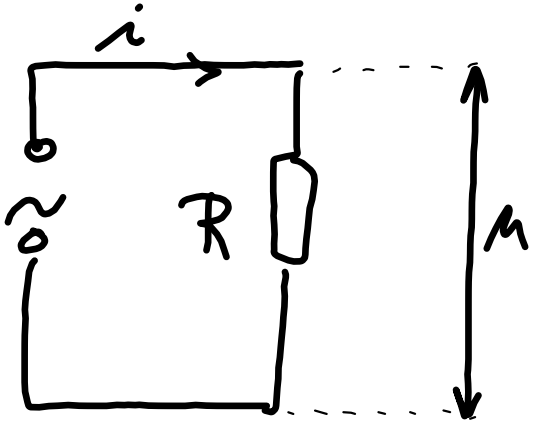
$= 0,0025 \cdot 0,25 =$ $0,000625 = 6,25 \cdot 10^{-4} J$

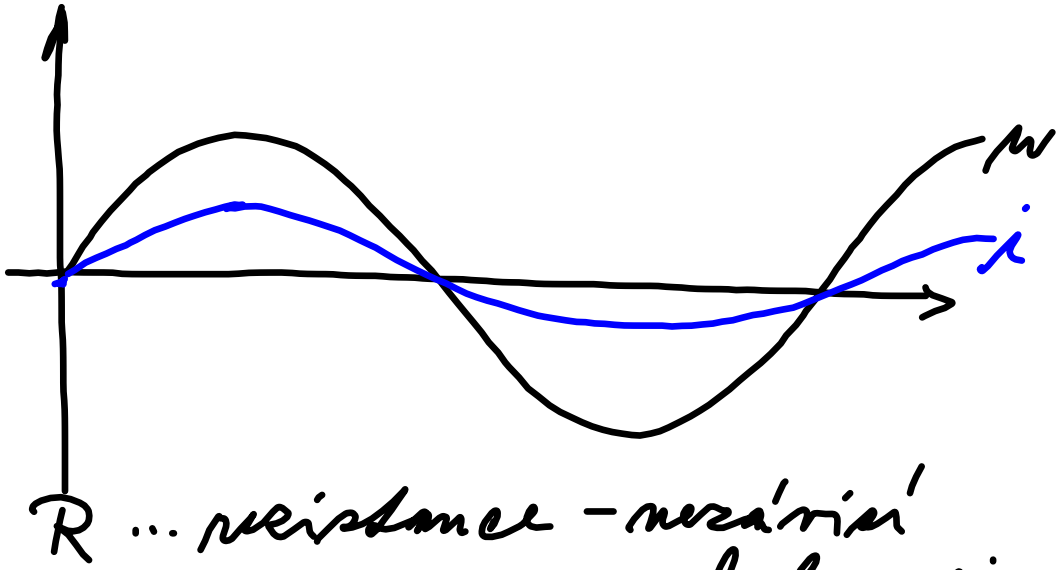
$625 \mu J$

$0,625 mJ$

Obvody střídavého proudu (RLC obvody)

- s rezistorem





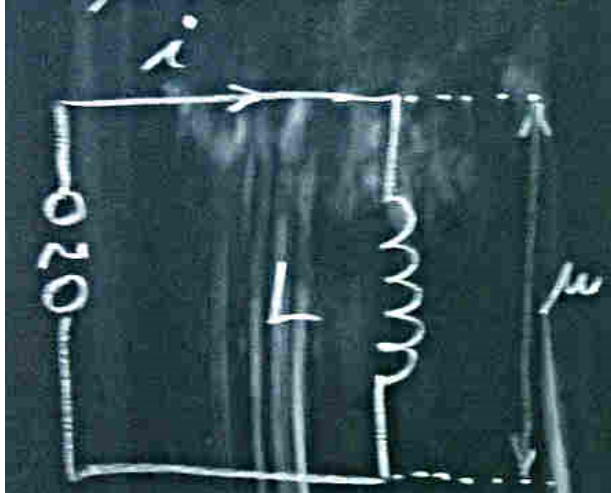
$i = I_m \cdot \sin \omega t$

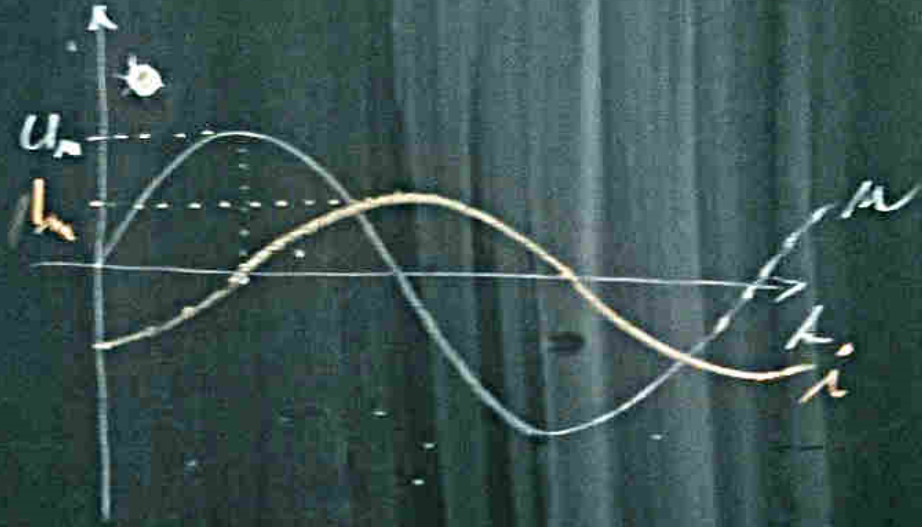
$u = U_m \cdot \sin \omega t$

R ... rezistance – nezávisí na frekvenci

Obvody střídavého proudu

- cívkou





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

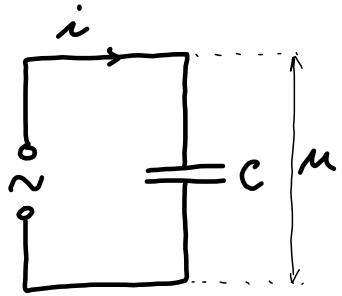
$i = I_m \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$

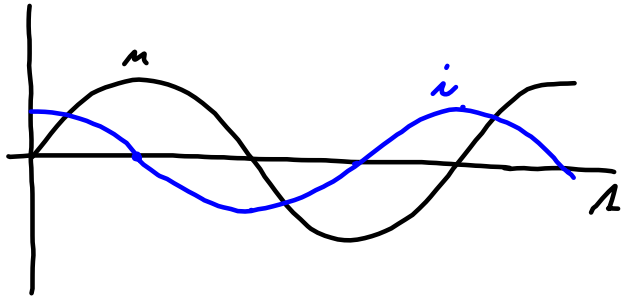
proud v cívce se za napětím opožďuje o $\frac{\pi}{2}$

$X_L = \frac{U_m}{I_m}$ ... induktance (závisí na frekvenci)

$X_L = L \cdot \omega$

Kondenzátor (kapacita) v obvodu se střídavým proudem





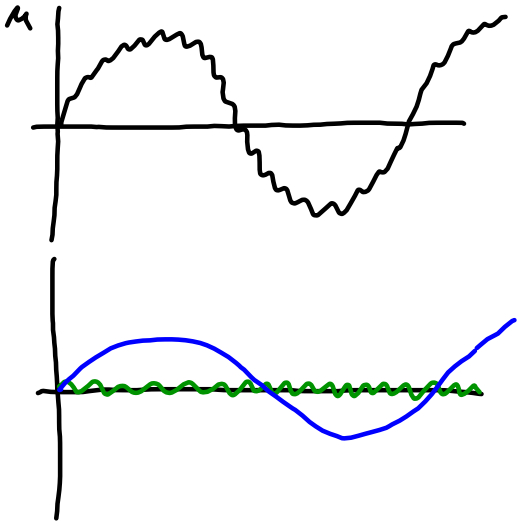
$u = U_m \cdot \sin \omega t$

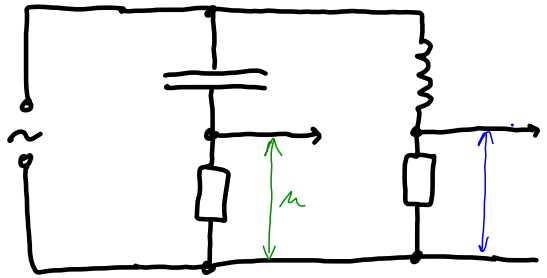
$i = I_m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

$X_C = \frac{U_m}{I_m}$ ... kapacitance

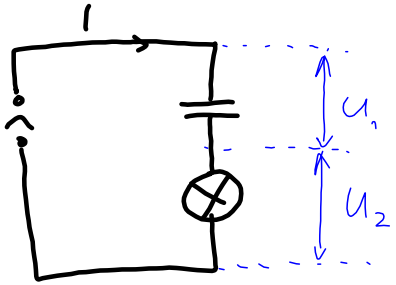
$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

Př: Oddělení vysokofrekvenčních a nízkofrekvenčních složek střídavého napětí.





PŘ: Spočítejte kapacitu kondenzátoru, který při napětí 230V 50Hz způsobí v sériovém zapojení žárovka 3V 0,2A



$U = 230\,V$

$U_2 = 3\,V$

$f = 50\,Hz$

$I = 0{,}2\,A$

$C = ?$

$U_1 = 227\,V$

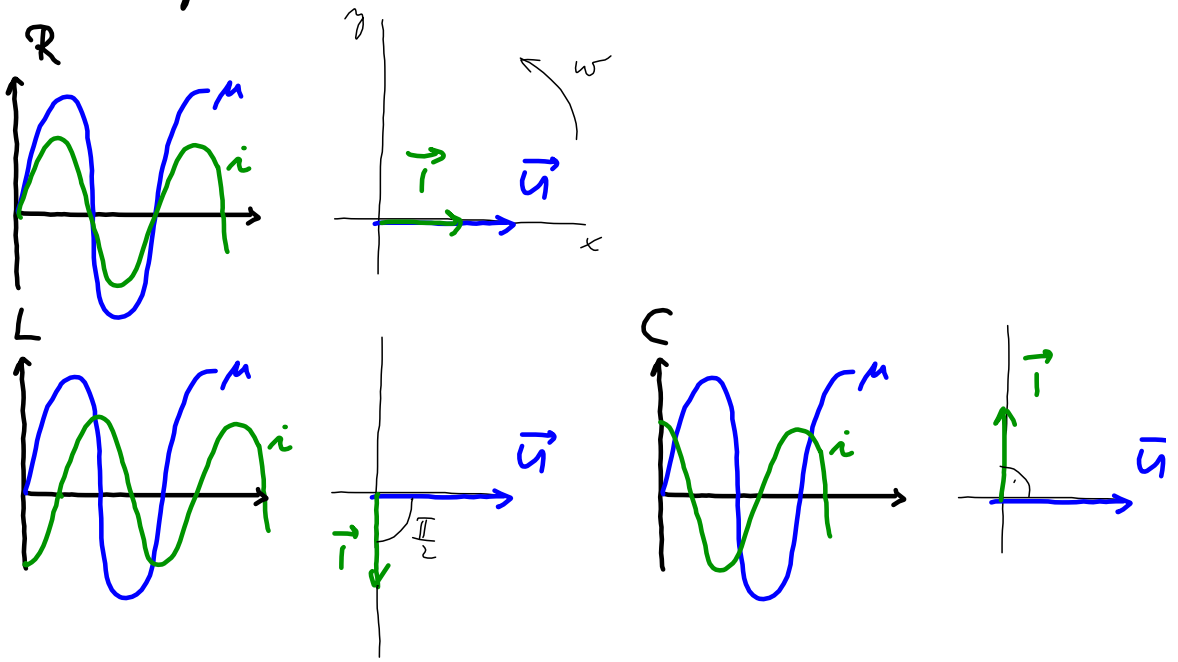
$U_1 = X_c \cdot I \qquad X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$

$U_1 = \frac{I}{2\pi f C}$

$C = \frac{I}{U_1 \cdot 2\pi f} = \frac{0{,}2}{227 \cdot 2\pi \cdot 50} \doteq \frac{0{,}2}{314 \cdot 227} = 2{,}8 \cdot 10^{-6}\,F$

$C \doteq 2{,}8\,\mu F$

Ozn. fázorový diagram ...
fázor ...



Blood impedance

Výkon střídavého proudu

$P = U \cdot I$ (pro okamžitou hodnotu)

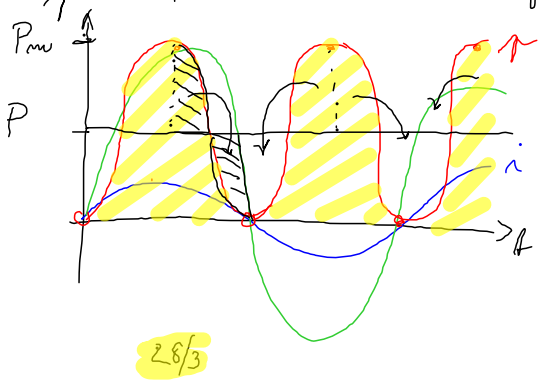
okamžitý výkon p

$p = u \cdot i = (U_m \cdot \sin \omega t) \cdot I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$

φ_0 ... fázový rozdíl mezi proudem a napětím

výkon na rezistoru ... $\varphi_0 = 0$

$p = U_m \cdot I_m \cdot \sin^2 \omega t$ $\quad U_{ef}, I_{ef}$ ... efektivní hodnoty (U, I)



28/3

$P = \frac{1}{2} P_m$ $\quad P = R I^2$

$P = \frac{1}{2} I_m \cdot U_m$

$U \cdot I = \frac{1}{2} I_m \cdot U_m$

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

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$; $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

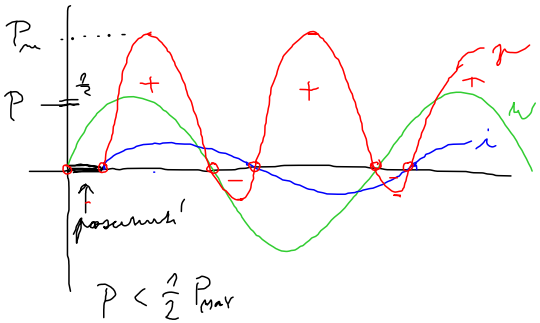
Výkon střídavého proudu v obvodu s impedancí

- napětí a proud nemusí být ve fázi

$u = U_m \cdot \sin \omega t$, $i = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$

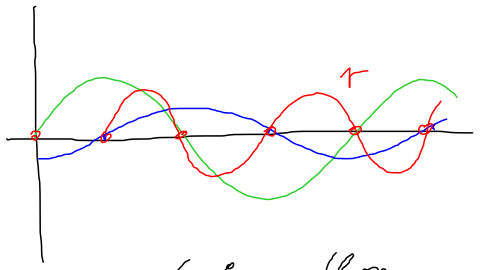
$\varphi_0 = 0$ $P = U \cdot I = \frac{1}{2} P_m = \frac{1}{2} U_m \cdot I_m$ (výkon na rezistoru)

$\varphi_0 \neq 0$



$P < \frac{1}{2} P_{max}$

pro $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$



$P = 0$ (jalový výkon)

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

φ... posun mezi proudem a napětím (velikost posunutí $0 - \frac{\pi}{2}$)

$\cos\varphi$... účiník

Př.: n'4. $U = 230\,V$

$I = 5\,A$

$\cos\varphi = 0{,}8$

$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 230 \cdot 5 \cdot 0{,}8 = 920\,W$

Př.: $P = ?$

$R = 10\,\Omega$

$L = 0{,}05\,H$

$C = 10\,\mu F$

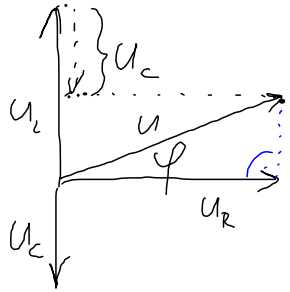
$U = 10\,V$

$f = 50\,Hz$

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

$I = ?$ $Z = \sqrt{\ldots}$ $\Rightarrow I = \frac{U}{Z}$

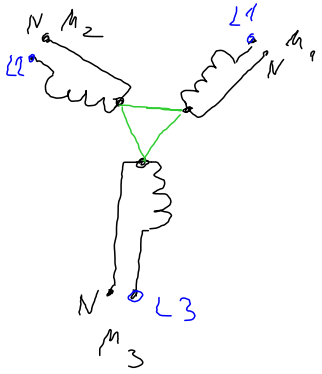
$\varphi = ?$



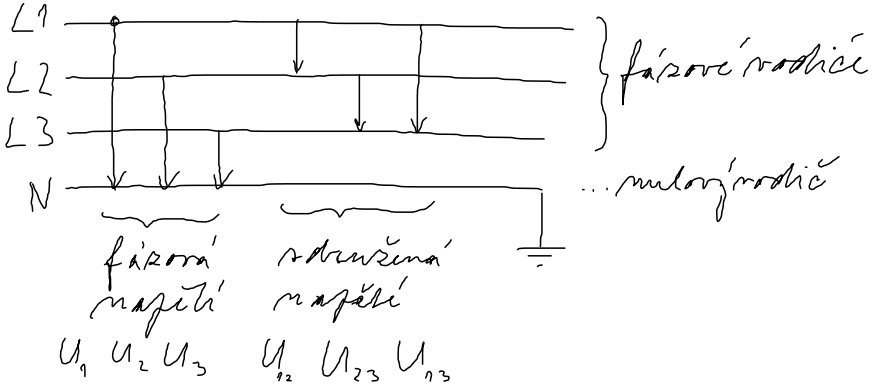
$\Rightarrow \varphi$

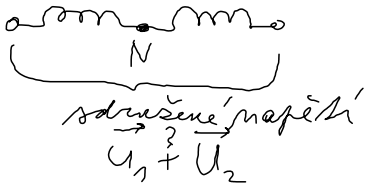
$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

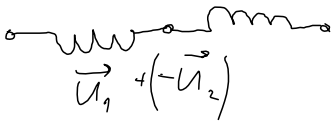
Dú 30/5 19

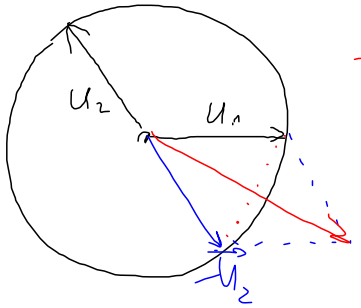


Třífázová soust. stříd. napětí









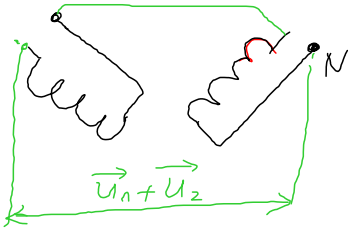
$U_{12} = \sqrt{3} \cdot U_1$

např. $U_1 = 230\,V$

$U_{12} = \sqrt{3} \cdot 230 \doteq 398\,V$

(400 V)

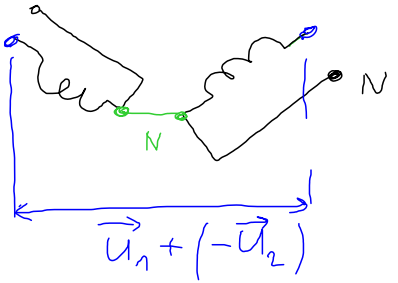
30 | 5 | 19

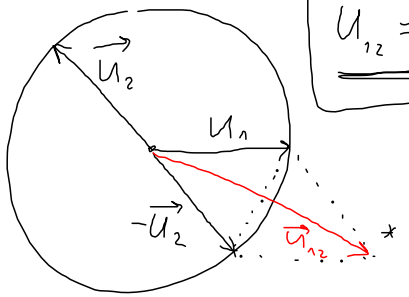


$\vec{U}_{12} = \vec{U}_1 + (-\vec{U}_2)$

$U_{12} = 2 \cdot U_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$U_{12} = U_1 \cdot \sqrt{3}$





např. pro $U_1 = 230\,V$

$U_{12} = 230 \cdot \sqrt{3} \doteq 398\,V$

$U_m = \sqrt{2} \cdot U$

* výška rovnostr. Δ strany a

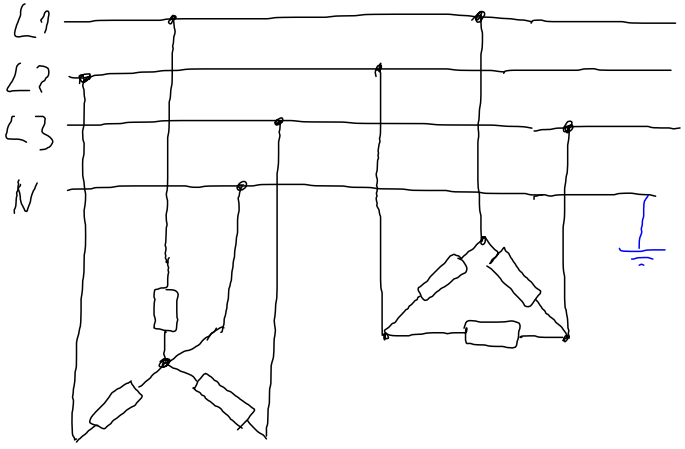
$r = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$r = \sqrt{a^2 - \left(\frac{1}{2}a\right)^2} =$

$= \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{4}} = \sqrt{\frac{4a^2 - a^2}{4}} =$

$= \sqrt{\frac{3}{4}a} = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

střídavý proud ↓ 14.11.2014

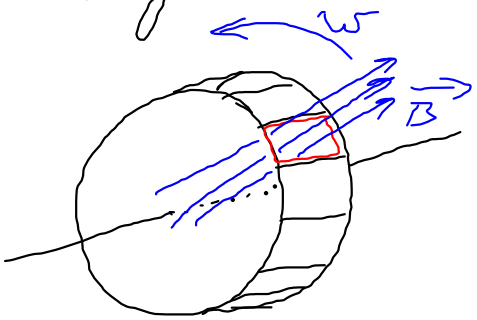


zapojení do hvězdy

zap. do trojúhelníku

Elektromotor na trojfázový proud

– asynchronní



rotor - kotva

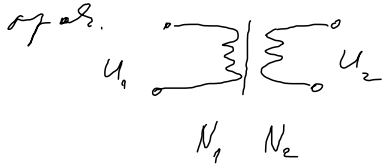
nakrátko

- je roztáčen točivým mg. polem

$s = \frac{f_p - f_r}{f_p}$ ... skluz f_p ... frekvence mg. pole

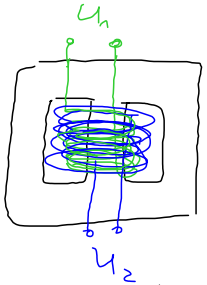
(obvykle 2-5%) f_r ... " rotoru

Transformátor

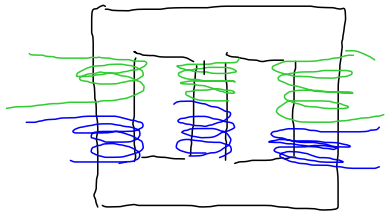


$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = k$$



- jednofázový



19/11 ↓ 2014

Proč se el. energie na velké vzdálenosti přenáší při vysokém napětí?

Nyní: – transformace napětí a proudu (na vyšší nebo nižší hodnoty)
– oddělovací transformátor

---

přímo energie se provádí pomocí vys. napětí (nízký proud → malé ztráty, $P_z = R \cdot I^2$)

Př.: $P_z = ?$
$R = 2\,\Omega$
$P = 1000\,W$

a) $U = 10\,V$
b) $100\,V$
c) $1000\,V$

a) $U = 10\,V$
$P = U \cdot I = 1000\,W \Rightarrow I = \frac{1000}{10} = 100\,A$
$P_z = R I^2 = 2 \cdot 100^2 = 20\,000\,W = 20\,kW$

b) $U = 100\,V \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{100} = 10\,A$
$P_z = R I^2 = 2 \cdot 10^2 = 200\,W$

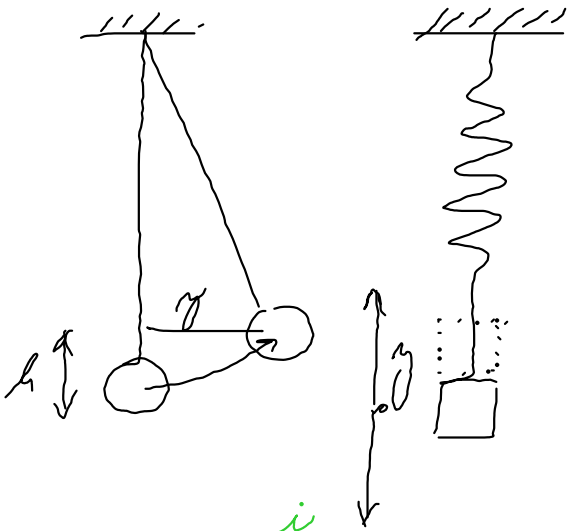
c) $U = 1000\,V \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1000}{1000} = 1\,A$
$P_z = R I^2 = 2 \cdot 1^2 = 2\,W$

Při stejném odporu vodičů se při zvýšení napětí a snížení proudu ztrátový výkon dramaticky sníží.

6.6.19

Elektromagnetický oscilátor

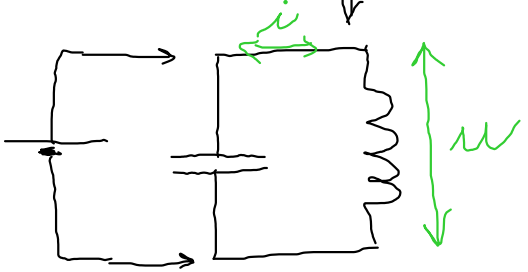
pozn. mech. oscilátor



$$E_K = \frac{1}{2} m v^2 \quad \dots \quad E_m = \frac{1}{2} L I^2$$

$$(E_p = mgh)$$

$$E_p = \frac{1}{2} k y^2 \quad \dots \quad E_E = \frac{1}{2} C U^2$$

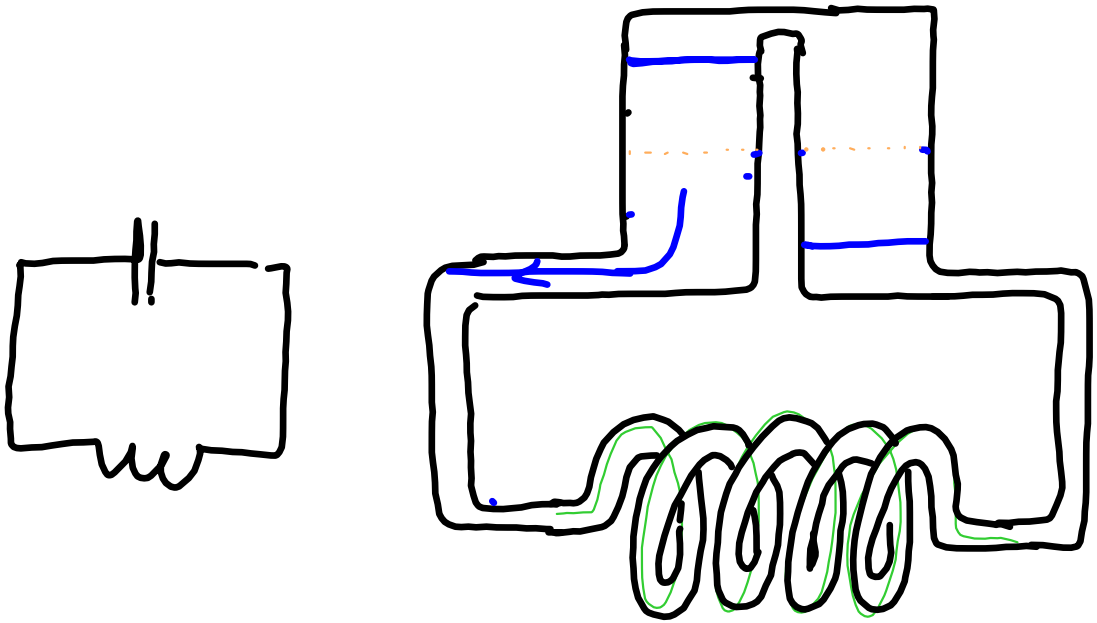


$$E_E \rightleftarrows E_M$$

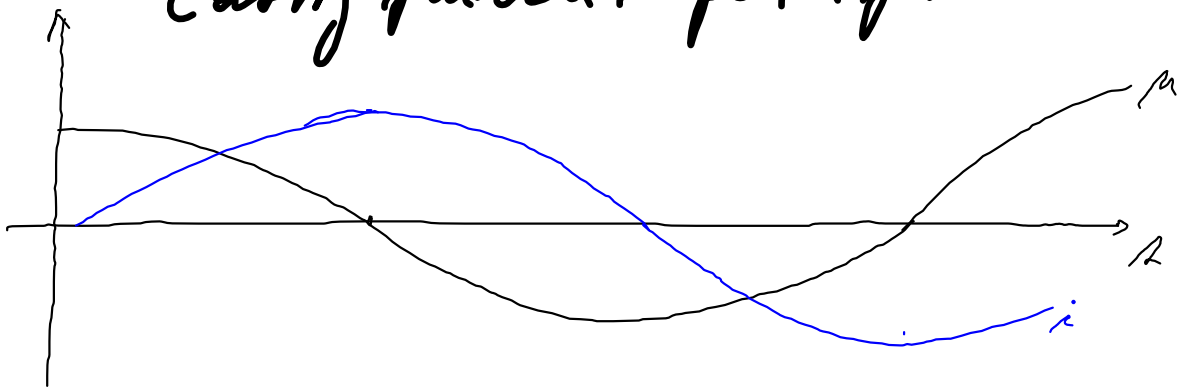
při přelévání energie vzniknou „elektromagnetické oscilace"

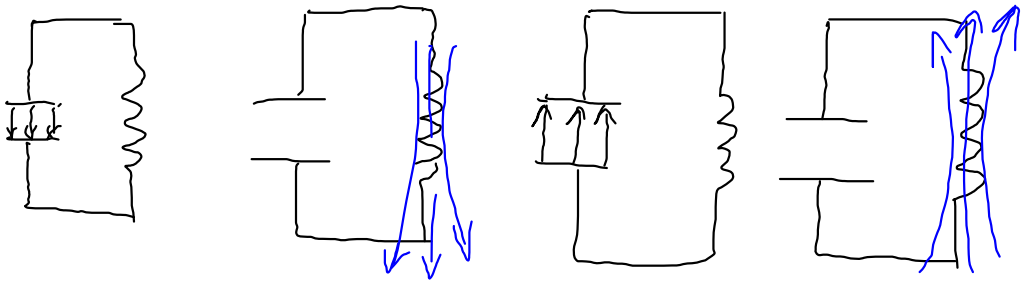
střídavé napětí u a střid. proud i budou kmitat harmonicky

Obr. Model oscilátoru (vodní)



Časový průběh napětí a proudu rovn. obvodu



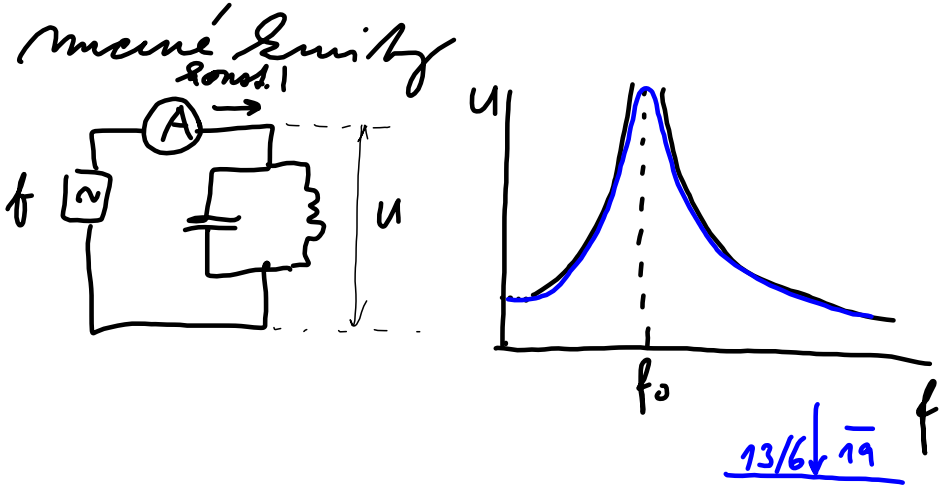


$X = 0 \qquad X_C = X_L$

$\vdots$

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

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$



13/6 ↓ 19