



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

SBÍRKA ŘEŠENÝCH FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

MECHANIKA

MOLEKULOVÁ FYZIKA A TERMIKA

ELEKTŘINA A MAGNETISMUS

KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

OPTIKA

FYZIKA MIKROSVĚTA

ELEKTRICKÝ NÁBOJ A COULOMBŮV ZÁKON

- 1) Dvě malé kuličky, z nichž jedna má náboj 40 nC a druhá 80 nC, jsou umístěny ve vakuu ve vzdálenosti 1 cm od sebe. Jak velkými silami na sebe navzájem působí? Jak velkými silami by na sebe působily ve stejné vzájemné vzdálenosti, kdybychom je umístili v petroleji, jehož relativní permitivita je 2,1?

$$Q_1 = 40 \text{ nC} = 40 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$Q_2 = 80 \text{ nC} = 80 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$r = 1 \text{ cm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\epsilon_r = 2,1$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$F_1 = ? \text{ (N)}$$

$$F_2 = ? \text{ (N)}$$

Pro dvě kuličky ve vakuu platí Coulombův zákon ve tvaru:

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$F_1 = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{40 \cdot 10^{-9} \cdot 80 \cdot 10^{-9}}{(1 \cdot 10^{-2})^2} = 0,288$$

$$\underline{F_1 = 0,288 \text{ N} \approx 0,29 \text{ N}}$$

Kuličky umístěné ve vakuu na sebe působí odpudivými silami o velikosti 0,29 N.

Pro dvě kuličky v petroleji platí Coulombův zákon ve tvaru:

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,1} \cdot \frac{40 \cdot 10^{-9} \cdot 80 \cdot 10^{-9}}{(1 \cdot 10^{-2})^2} = 0,137$$

$$\underline{F_2 = 0,137 \text{ N} \approx 0,14 \text{ N}}$$

Kuličky umístěné v petroleji na sebe působí odpudivými silami o velikosti 0,14 N.

Pro výpočty se někdy využívá Coulombův zákon ve tvaru: $F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$;

kde $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$... pro vakuum



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 2) Dva bodové náboje ve vzájemné vzdálenosti 11 cm na sebe působí ve vakuu stejnou silou jako v petroleji ve vzdálenosti 7,4 cm. Určete relativní permitivitu petroleje.

$$r_1 = 11 \text{ cm} = 11 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$r_2 = 7,4 \text{ cm} = 7,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$F_1 = F_2$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\epsilon_r = ?$$

Podle zadání jsou působící síly stejné \Rightarrow

$$F_1 = F_2$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_1^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_2^2} / \frac{4\pi\epsilon_0}{Q_1 \cdot Q_2}$$

$$\frac{1}{r_1^2} = \frac{1}{\epsilon_r \cdot r_2^2}$$

$$\epsilon_r = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$\epsilon_r = \frac{(11 \cdot 10^{-2})^2}{(7,4 \cdot 10^{-2})^2} = 2,2$$

$$\epsilon_r = \underline{\underline{2,2}}$$

Relativní permitivita petroleje je 2,2.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 3) Na skleněné tyči třené kůží vznikl kladný náboj 80 nC. Kolik elektronů přešlo z tyče na kůži?

$$Q = 80 \text{ nC} = 80 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$n = ?$$

Pro hledaný počet elektronů platí:

$$n = \frac{Q}{e}$$

$$n = \frac{80 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{11}$$

$$\underline{\underline{n = 5 \cdot 10^{11}}}$$

Z tyče na kůži přešlo $5 \cdot 10^{11}$ elektronů.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 4) Vodičem protéká stálý proud 2 A. Jaký je celkový náboj částic, které projdou průřezem vodiče za 1 minutu?

$$I = 2 \text{ A}$$

$$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$Q = ? \text{ (C)}$$

Elektrický proud je definován jako podíl celkového náboje Q , který projde průřezem vodiče za čas $t \Rightarrow$

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

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 2 \cdot 60 = 120$$

$$\underline{Q = 120 \text{ C}}$$

Za 1 minutu projde vodičem náboj o velikosti 120 C.

- 5) Jak je třeba změnit vzdálenost dvou kladných bodových nábojů Q_1 a Q_2 , jestliže se náboj Q_1 zvětší čtyřikrát a síla, kterou na sebe oba náboje navzájem působí, se při tom nezmění? Oba náboje jsou ve vakuu.

$$F_1 = F_2$$

$$Q'_1 = 4Q_1$$

$$\frac{r_2}{r_1} = ?$$

$$\underline{\underline{r_1}}$$

Vyjádříme velikosti působících sil podle Coulombova zákona před změnou vzdáleností a po ní:

$$F_1 = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_1^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{Q'_1 \cdot Q_2}{r_2^2} = k \cdot \frac{4Q_1 \cdot Q_2}{r_2^2}$$

Síly jsou stejné, tzn.

$$k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_1^2} = k \cdot \frac{4Q_1 \cdot Q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{1}{r_1^2} = \frac{4}{r_2^2}$$

$$\frac{r_2^2}{r_1^2} = 4$$

$$\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 4$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 2$$

$$\underline{\underline{r_2 = 2r_1}}$$

Vzdálenost nábojů je musí zvětšit dvakrát, pokud má síla působící mezi náboji zůstat stejná.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ A POTENCIÁL, PRÁCE V ELEKTRICKÉM POLI

- 6) V homogenním elektrickém poli s intenzitou o velikosti $20 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ se působením elektrické síly přemístí částice s nábojem $100 \mu\text{C}$ po dráze 4 cm . Jakou práci síla vykoná, jestliže se částice přemísťuje po elektrické siločáře?

$$E = 20 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1} = 20 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Q = 100 \mu\text{C} = 100 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$d = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$W = ? \text{ (J)}$$

Hledanou práci vypočteme ze vztahu:

$$W = F_e \cdot d \Rightarrow$$

$$W = Q \cdot E \cdot d$$

$$W = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 0,08$$

$$\underline{W = 0,08 \text{ J} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ J}}$$

Síla vykoná práci $8 \cdot 10^{-2} \text{ J}$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 7) Jaká práce se vykoná při přemístění náboje $5 \mu\text{C}$ mezi dvěma body elektrického pole, mezi kterými je napětí $1,5 \text{ kV}$?

$$Q = 5 \mu\text{C} = 5 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

$$U = 1,5 \text{ kV} = 1,5 \cdot 10^3 \text{V}$$

$$W = ? \text{ (J)}$$

Pro hledanou práci platí:

$$W = Q \cdot U$$

$$W = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 0,075$$

$$\underline{W = 0,075 \text{ J} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ J}}$$

Při přemístění náboje je vykoná práce o velikosti $75 \cdot 10^{-3} \text{ J}$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 8) Jaké je napětí mezi dvěma body elektrického pole, jestliže při přemístění náboje $2 \mu\text{C}$ z jednoho bodu do druhého se vykoná práce $1,2 \text{ mJ}$?

$$Q = 2 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

$$W = 1,2 \text{ mJ} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{J}$$

$$U = ? \text{ (V)}$$

Napětí mezi dvěma body elektrického pole vypočteme ze vztahu:

$$U = \frac{W}{Q}$$

$$U = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} = 600$$

$$\underline{\underline{U = 600 \text{ V}}}$$

Mezi dvěma body elektrického pole je napětí 600 V.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

9) Vzdálenost daného bodu od kladného bodového náboje Q se zvětšila čtyřikrát. Kolikrát se při tom zmenšil elektrický potenciál?

$$r_2 = 4r_1$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = ?$$

Elektrický potenciál v původním bodě, který je ve vzdálenosti r_1 od kladného bodového náboje Q , vypočítáme podle vztahu:

$$\varphi_1 = k \frac{Q}{r_1}$$

Elektrický potenciál v bodě, který je ve vzdálenosti $4r_1$ od náboje Q ze vztahu:

$$\varphi_2 = k \frac{Q}{4r_1}$$

Porovnáním obou vztahů dostaneme výsledek:

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = 4 \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{\varphi_1 = 4\varphi_2}}$$

Elektrický potenciál se zmenší 4krát.

KAPACITA VODIČE, KONDENZÁTORY

10) Osamocený kulový vodič je nabit nábojem 60 nC na potenciál 18 kV. Určete jeho kapacitu a poloměr.

$$Q = 60 \text{ nC} = 60 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$\varphi = 18 \text{ kV} = 18 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

$$C = ? \text{ (F)}$$

$$r = ? \text{ (m)}$$

Kapacitu vodiče určíme ze vztahu:

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

$$C = \frac{60 \cdot 10^{-9}}{18 \cdot 10^3} = 3,33 \cdot 10^{-12}$$

$$\underline{\underline{C = 3,33 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 3,33 \text{ pF}}}$$

Kapacita vodiče je 3,33 pF.

Pro potenciál kulového vodiče platí:

$$\varphi = k \frac{Q}{r} \Rightarrow$$

$$r = k \frac{Q}{\varphi}$$

$$r = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{60 \cdot 10^{-9}}{18 \cdot 10^3} = 0,03$$

$$\underline{\underline{r = 0,03 \text{ m} = 3 \text{ cm}}}$$

Osamocený kulový vodič má poloměr 3 cm.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

11) Deskový kondenzátor o kapacitě $1 \mu\text{F}$ je nabitý na napětí 100 V . Jaký je jeho náboj?

$$C = 1 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$U = 100 \text{ V}$$

$$Q = ? \text{ (C)}$$

Ze vztahu $C = \frac{Q}{U}$ vyplývá:

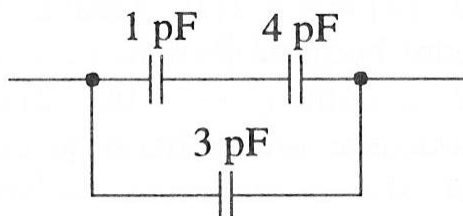
$$Q = C \cdot U$$

$$Q = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 0,000 4$$

$$\underline{Q = 0,000 4 \text{ C} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}}$$

Deskový kondenzátor má náboj $4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

12) Určete výslednou kapacitu tří kondenzátorů zapojených podle schématu:



$$C_1 = 1 \text{ pF} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C_2 = 4 \text{ pF} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C_3 = 3 \text{ pF} = 3 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C = ? \text{ (F)}$$

Při spojení kondenzátorů za sebou (**sériově**) se výsledná kapacita určí podle vztahu:

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

Při spojení kondenzátorů vedle sebe (**paralelně**) počítáme podle vzorce:

$$C = C_1 + C_2$$

Kondenzátory C_1 a C_2 jsou zapojeny za sebou (sériově), tzn.

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C'} = \frac{C_2 + C_1}{C_1 \cdot C_2} \Rightarrow C' = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Kondenzátor C_3 je vzhledem k C' zapojen paralelně, tzn.

$$C = C' + C_3 \Rightarrow$$

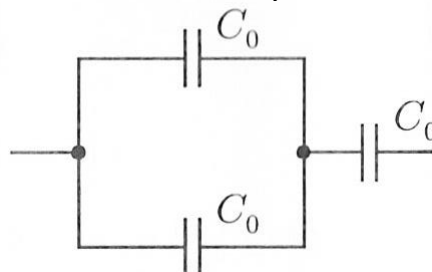
$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + C_3$$

$$C = \frac{1 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{-12} + 4 \cdot 10^{-12}} + 3 \cdot 10^{-12} = 3,8 \cdot 10^{-12}$$

$$\underline{\underline{C = 3,8 \cdot 10^{-12} \text{ F}}}$$

Výsledná kapacita kondenzátorů je $3,8 \cdot 10^{-12} \text{ F}$.

- 13) Určete výslednou kapacitu kondenzátorů zobrazených na obrázku. Každý kondenzátor má kapacitu $0,5 \mu\text{F}$.



$$C_0 = 0,5 \mu\text{F} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{F}$$

$$C = ? (\text{F})$$

První dva kondenzátory jsou zapojeny paralelně, tzn. že je možné je nahradit jediným, který bude mít dvojnásobnou kapacitu (při paralelním zapojení je výsledná kapacita rovna součtu dílčích kapacit) \Rightarrow

$$C' = C_0 + C_0 = 2C_0$$

Kondenzátor C' je vzhledem k třetímu kondenzátoru C_0 zapojen sériově \Rightarrow

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C_0} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{C} = \frac{C_0 + C'}{C' \cdot C_0} \quad \Rightarrow$$

$$C = \frac{C' \cdot C_0}{C_0 + C'} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{2C_0 \cdot C_0}{C_0 + 2C_0} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{2C_0^2}{3C_0}$$

$$C = \frac{2C_0}{3}$$

$$C = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{3} = 3,33 \cdot 10^{-7}$$

$$\underline{\underline{C = 3,33 \cdot 10^{-7} \text{ F}}}$$

Výsledná kapacita kondenzátorů je $3,33 \cdot 10^{-7} \text{ F}$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

14) Určete kapacitu kondenzátoru, který je třeba sériově připojit ke kondenzátoru o kapacitě 800 nF, aby výsledná kapacita obou sériově zapojených kondenzátorů byla 160 nF.

$$C_1 = 800 \text{ nF} = 800 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$C = 160 \text{ nF} = 160 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$C_2 = ? \text{ (F)}$$

Při spojení kondenzátorů za sebou (sériově) se výsledná kapacita určí podle vztahu:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C} - \frac{1}{C_1} \Rightarrow \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 - C}{C \cdot C_1} \Rightarrow$$

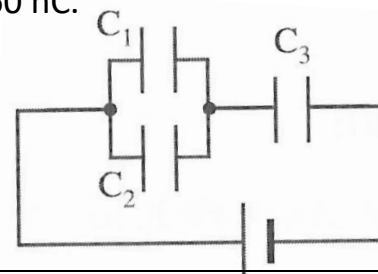
$$C_2 = \frac{C \cdot C_1}{C_1 - C}$$

$$C_2 = \frac{160 \cdot 10^{-9} \cdot 800 \cdot 10^{-9}}{800 \cdot 10^{-9} - 160 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^{-7}$$

$$\underline{\underline{C_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ F}}}$$

Je třeba zapojit kondenzátor o kapacitě $2 \cdot 10^{-7} \text{ F}$.

- 15) Kondenzátory o kapacitách 10 nF, 20 nF a 30 nF jsou připojeny k napětí U .
Určete toto napětí, je-li náboj na kondenzátoru C_1 60 nC.



$$C_1 = 10 \text{ nF} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$C_2 = 20 \text{ nF} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$C_3 = 30 \text{ nF} = 30 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$Q_1 = 60 \text{ nC} = 60 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$U = ? \text{ (V)}$$

Pro zapojení dvou kondenzátorů platí:

paralelní zapojení

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

$$C = C_1 + C_2$$

sériové zapojení

$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

Pro kondenzátor C_1 platí:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1}$$

$$U_1 = \frac{60 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-9}} = 6$$

$$U_1 = 6 \text{ V}$$

Napětí na kondenzátoru C_2 je stejné jako na $C_1 \Rightarrow$

$$U_2 = 6 \text{ V}$$

$$Q_2 = U_2 \cdot C_2$$

$$Q_2 = 6 \cdot 20 \cdot 10^{-9} = 120 \cdot 10^{-9}$$

$$Q_2 = 120 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

Pro výslednou kapacitu C_1 a C_2 platí:

$$C' = C_1 + C_2$$

$$C' = 10 \cdot 10^{-9} + 20 \cdot 10^{-9} = 30 \cdot 10^{-9}$$

$$C' = 30 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

Pro výsledné napětí U' na C_1 a C_2 platí:

$$U' = U_1 = U_2$$

$$U' = 6 \text{ V}$$

Kondenzátory C' a C_3 jsou zapojeny sériově, tzn.

$$Q_3 = Q' = Q_1 + Q_2$$

$$Q_3 = 60 \cdot 10^{-9} + 120 \cdot 10^{-9} = 180 \cdot 10^{-9}$$

$$Q_3 = 180 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

Pro napětí kondenzátoru C_3 platí:

$$U_3 = \frac{Q_3}{C_3}$$

$$U_3 = \frac{180 \cdot 10^{-9}}{30 \cdot 10^{-9}} = 6$$

$$U_3 = 6 \text{ V}$$

Pro výsledné napětí platí:

$$U = U' + U_3$$

$$U = 6 + 6 = 12$$

$$\underline{U = 12 \text{ V}}$$

Kondenzátory jsou připojeny k napětí 12 V.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

16) Dva kondenzátory s kapacitami $7 \mu\text{F}$ a $3 \mu\text{F}$ nabijeme na napětí 100 V a 200 V a pak je souhlasnými póly zapojíme paralelně. Jaké je výsledné napětí na kondenzátorech?

$$C_1 = 7 \mu\text{F} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_2 = 3 \mu\text{F} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$U_1 = 100 \text{ V}$$

$$U_2 = 200 \text{ V}$$

$$U = ? \text{ (V)}$$

Paralelně zapojené kondenzátory mají celkovou kapacitu $C = C_1 + C_2$ a celkový náboj $Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow$

$$Q = C_1 U_1 + C_2 U_2$$

Pro výsledné napětí U paralelně zapojených kondenzátorů pak platí:

$$U = \frac{Q}{C} \Rightarrow$$

$$U = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{C_1 + C_2}$$

$$U = \frac{7 \cdot 10^{-6} \cdot 100 + 3 \cdot 10^{-6} \cdot 200}{7 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6}} = 130$$

$$\underline{\underline{U = 130 \text{ V}}}$$

Výsledné napětí paralelně zapojených kondenzátorů je 130 V .

- ❖ Určete kapacitu deskového kondenzátoru o obsahu desek $0,01 \text{ m}^2$, když ho až do poloviny ponoříme do petroleje, který má relativní permitivitu 2. Desky jsou ve vzdálenosti 5 mm od sebe.

$$S = 0,01 \text{ m}^2$$

$$\epsilon_r = 2$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$d = 5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$C = ? \text{ (F)}$$

Kapacitu deskového kondenzátoru vypočteme ze vztahu:

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

Pokud je kondenzátor do poloviny ponořený do petroleje, musíme výpočet rozdělit \Rightarrow vypočítat zvlášť kapacitu pro část, která je v petroleji a která není \Rightarrow

$$C_1 = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{1}{2} \frac{S}{d} \quad \dots \dots \dots \text{kapacita kondenzátoru ponořeného v petroleji}$$

$$C_2 = \epsilon_0 \cdot \frac{1}{2} \frac{S}{d} \quad \dots \dots \dots \text{kapacita kondenzátoru neponořeného v petroleji}$$

Celkovou kapacitu vyjádříme jako součet dílčích kapacit:

$$C = C_1 + C_2 = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{1}{2} \frac{S}{d} + \epsilon_0 \cdot \frac{1}{2} \frac{S}{d} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{2d} + \epsilon_0 \cdot \frac{S}{2d} \Rightarrow$$

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{2d} \cdot (\epsilon_r + 1)$$

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{0,01}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \cdot (2 + 1) = 2,655 \cdot 10^{-11}$$

$$\underline{\underline{C = 2,655 \cdot 10^{-11} \text{ F} = 2,66 \cdot 10^{-11} \text{ F}}}$$

Kapacita deskového kondenzátoru je $2,66 \cdot 10^{-11} \text{ F}$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

ELEKTRICKÝ PROUD V KOVECH

- 1) Jaký proud prochází rezistorem o odporu 200Ω , ukazuje-li připojený voltmetr napětí 400 mV ?

$$R = 200 \Omega$$

$$U = 400 \text{ mV} = 400 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

$$I = ? \text{ (A)}$$

Pro proud procházející vodičem platí Ohmův zákon:

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

$$I = \frac{400 \cdot 10^{-3}}{200} = 0,002$$

$$\underline{\underline{I = 0,002 \text{ A} = 2 \text{ mA}}}$$

Rezistorem prochází proud o velikosti 2 mA .



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 2) Určete konstantní proud, kterým by se během 20 s nabil kondenzátor o kapacitě 800 μF na napětí 500 V.

$$t = 20 \text{ s}$$

$$C = 800 \mu\text{F} = 800 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$U = 500 \text{ V}$$

$$I = ? (\text{A})$$

Elektrický proud je definován jako podíl celkového náboje Q , který projde průřezem vodiče za čas $t \Rightarrow$

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

$$I = \frac{C \cdot U}{t}$$

$$I = \frac{800 \cdot 10^{-6} \cdot 500}{20} = 0,02$$

$$\underline{I = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}}$$

Proud, kterým by se nabil kondenzátor, má velikost 20 mA.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 3) Akumulátor se nabíjel po dobu 10 hodin proudem 7 A. Jak dlouho se vybíjel, jestliže se z něho při vybíjení odebíral stálý proud 0,5 A? Předpokládáme, že akumulátor má účinnost 100 %.

$$t_1 = 10 \text{ h}$$

$$I_1 = 7 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,5 \text{ A}$$

$$t_2 = ? \text{ (h)}$$

Předpokládáme, že jestliže má akumulátor účinnost 100 %, tak náboj, který akumulátor přijal při nabíjení, se rovná náboji, který při vybíjení odevzdal \Rightarrow

$$Q_1 = Q_2$$

$$I_1 \cdot t_1 = I_2 \cdot t_2$$

$$t_2 = \frac{I_1 \cdot t_1}{I_2}$$

$$t_2 = \frac{7 \cdot 10}{0,5} = 140$$

$$\underline{\underline{t_2 = 140 \text{ h}}}$$

Akumulátor se vybíjel 140 hodin.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 4) Příčným průřezem vodiče projde za každou sekundu $6,25 \cdot 10^{12}$ volných elektronů. Určete proud procházející vodičem.

$$t = 1 \text{ s}$$

$$N = 6,25 \cdot 10^{12}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$I = ? \text{ (A)}$$

Pro hledaný proud platí:

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

$$I = \frac{N \cdot e}{t}$$

$$I = \frac{6,25 \cdot 10^{12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1} = 1 \cdot 10^{-6}$$

$$\underline{\underline{I = 1 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 1 \mu\text{A}}}$$

Vodičem prochází proud o velikosti 1 μA .



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 5) Telefonní vedení z měděného drátu má délku 5 km a průměr 1,4 mm. Určete odpor jednoho vodiče vedení.

$$l = 5 \text{ km} = 5 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$d = 1,4 \text{ mm} \Rightarrow r = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

$$R = ? (\Omega)$$

Odpor vodiče je určen vztahem:

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

$$R = \rho_{\text{Cu}} \cdot \frac{l}{\pi \cdot r^2}$$

$$R = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot (0,7 \cdot 10^{-3})^2} = 55,245$$

$$\underline{\underline{R = 55,25 \Omega}}$$

Odpor vodiče je 55,25 Ω .

- 6) Topná spirála vaříče má odpor $70,5 \Omega$ a je zhotovena z drátu o průměru $0,3 \text{ mm}$ dlouhého $9,8 \text{ m}$. Určete měrný elektrický odpor materiálu, ze kterého je drát zhotoven.

$$R = 70,5 \Omega$$

$$d = 0,3 \text{ mm} \Rightarrow r = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$l = 9,8 \text{ m}$$

$$\rho = ? (\Omega \cdot \text{m})$$

Odpor vodiče je určen vztahem:

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

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \Rightarrow$$

$$\rho = \frac{R \cdot \pi \cdot r^2}{l}$$

$$\rho = \frac{70,5 \cdot 3,14 \cdot (0,15 \cdot 10^{-3})^2}{9,8} = 5,08 \cdot 10^{-7}$$

$$\underline{\underline{\rho = 5,08 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}}}$$

Měrný elektrický odpor je $5,08 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 7) Hliníkový vodič má při 0°C odpor 4,25 Ω. Určete jeho odpor při teplotě 200 °C.

$$R_0 = 4,25 \Omega$$

$$t_0 = 0 \text{ °C}$$

$$t = 200 \text{ °C}$$

$$\alpha_{\text{Al}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$R = ? (\Omega)$$

Závislost odporu kovového vodiče na teplotě vyjádříme vztahem:

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta t)$$

$$\mathbf{R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]}$$

$$R = 4,25[1 + 4 \cdot 10^{-3}(200 - 0)] = 7,65$$

$$\mathbf{\underline{\underline{R = 7,65 \Omega}}}$$

Odpor hliníkového vodiče je 7,65 Ω.

- 8) Uzavřeným obvodem, ve kterém je zapojen zdroj o elektromotorickém napětí 3,2 V a rezistor o odporu 1,5 Ω, prochází proud 2 A. Určete vnitřní odpor zdroje.

$$U_e = 3,2 \text{ V}$$

$$R = 1,5 \text{ } \Omega$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$R_i = ? \text{ (}\Omega\text{)}$$

Platí Ohmův zákon pro uzavřený obvod:

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

$$I(R + R_i) = U_e$$

$$I \cdot R + I \cdot R_i = U_e$$

$$I \cdot R_i = U_e - I \cdot R$$

$$R_i = \frac{U_e - I \cdot R}{I}$$

$$R_i = \frac{3,2 - 2 \cdot 1,5}{2} = 0,1$$

$$\underline{\underline{R_i = 0,1 \text{ } \Omega}}$$

Vnitřní odpor zdroje je 0,1 Ω.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 9) Ke svorkám zdroje o elektromotorickém napětí 6 V a vnitřním odporu zdroje 10Ω je připojen voltmetr, který má vnitřní odpor 240Ω . Jaké napětí naměříme voltmetrem?

$$U_e = 6 \text{ V}$$

$$R_i = 10 \Omega$$

$$R_{Vi} = 240 \Omega$$

$$U_V = ? \text{ (V)}$$

Napětí naměřené voltmetrem vyjádříme pomocí Ohmova zákona:

$$U_V = R_{Vi} \cdot I$$

Pro proud procházející voltmetrem platí:

$$I = \frac{U_e}{R_{Vi} + R_i} \Rightarrow$$

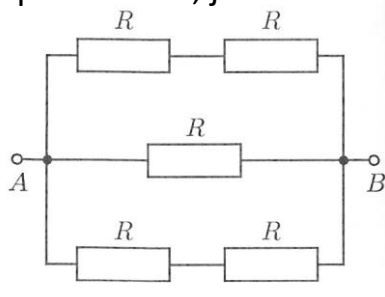
$$U_V = R_{Vi} \cdot \frac{U_e}{R_{Vi} + R_i}$$

$$U_V = 240 \cdot \frac{6}{240 + 10} = 5,76$$

$$\underline{U_V = 5,76 \text{ V}}$$

Voltmetrem naměříme napětí 5,76 V.

- 10) Určete výsledný odpor obvodu, jestliže každý rezistor v obvodu má odpor 4Ω .



$$R = 4 \Omega$$

$$R_v = ? (\Omega)$$

Pro sériové spojení rezistorů R_1, R_2 platí:

$$R = R_1 + R_2$$

Pro paralelní spojení rezistorů R_1, R_2 platí:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

V našem případě pro výsledný odpor R_v platí:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{1 + 2 + 1}{2R} = \frac{4}{2R} = \frac{2}{R} \Rightarrow$$

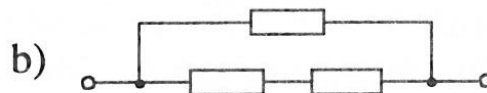
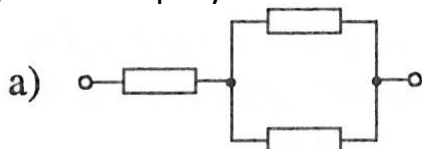
$$R_v = \frac{R}{2}$$

$$R_v = \frac{4}{2} = 2$$

$$\underline{\underline{R_v = 2\Omega}}$$

Výsledný odpor obvodu jsou 2Ω .

11) Tři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obrázku. Určete výsledné odpory obvodů.



a) Výsledný odpor obvodu vypočítáme:

$$R_v = R + R^*$$

$$\frac{1}{R^*} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow$$

$$R^* = \frac{R}{2}$$

$$R_v = R + \frac{R}{2} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{R_v = \frac{3R}{2}}} \quad \text{Výsledný odpor obvodu je } \frac{3R}{2} \Omega.$$

b) Výsledný odpor obvodu vypočítáme:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R^*}$$

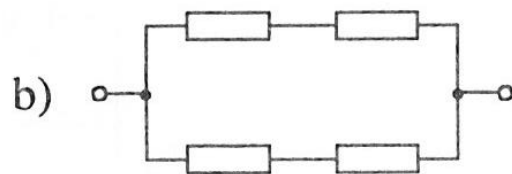
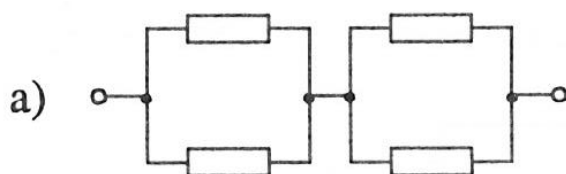
$$R^* = R + R = 2R$$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{2+1}{2R} = \frac{3}{2R} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{R_v = \frac{2R}{3}}}$$

$$\text{Výsledný odpor obvodu je } \frac{2R}{3} \Omega.$$

- 12) Čtyři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obrázku. Dokažte, že celkový odpor obvodů je stejný.



- a) Výsledný odpor obvodu vypočítáme:

$$R_v = R^* + R^* = 2R^*$$

$$\frac{1}{R^*} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow$$

$$R^* = \frac{R}{2}$$

$$R_v = 2 \cdot \frac{R}{2} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{R_v = R}}$$

- b) Výsledný odpor obvodu vypočítáme:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R^*} + \frac{1}{R^*} = \frac{2}{R^*}$$

$$R^* = R + R = 2R \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R_v} = \frac{2}{2R} = \frac{1}{R} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{R_v = R}}$$

Dokázali jsme, že odpory obou obvodů jsou opravdu stejné.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- ❖ Cívka měděného drátu má odpor $10,8 \Omega$ a hmotnost $3,4 \text{ kg}$. Určete délku drátu a jeho průměr.

$$R = 10,8 \Omega$$

$$m = 3,4 \text{ kg}$$

$$\rho = 8,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \dots\dots\dots \text{hustota mědi}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \dots\dots\dots \text{měrný odpor mědi}$$

$$l = ? \text{ (m)}$$

$$d = ? \text{ (m)}$$

Odpor vodiče je určen vztahem:

$$R = \rho_{\text{Cu}} \frac{l}{S}$$

Hmotnost můžeme vyjádřit pomocí vzorce:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot l \quad \dots \text{ drát má tvar válce (objem válce: } V = S \cdot v, \text{ v našem}$$

případě délka drátu odpovídá výšce

válce)

$$S = \frac{m}{\rho \cdot l}$$

$$R = \rho_{\text{Cu}} \frac{l}{\frac{m}{\rho \cdot l}} \Rightarrow R = \rho_{\text{Cu}} \cdot \rho \cdot \frac{l^2}{m} \Rightarrow l^2 = \frac{R \cdot m}{\rho_{\text{Cu}} \cdot \rho}$$

$$l = \sqrt{\frac{R \cdot m}{\rho_{\text{Cu}} \cdot \rho}}$$

$$l = \sqrt{\frac{10,8 \cdot 3,4}{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 8,4 \cdot 10^3}} = 507,0925$$

$$\underline{\underline{l = 507,1 \text{ m}}}$$

Délka drátu je 507,1 m.

$$\text{Drát má kruhový průřez, jeho obsah lze vyjádřit vztahem } S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot m}{\rho \cdot l \cdot \pi}} \Rightarrow$$

$$d = 2 \sqrt{\frac{m}{\rho \cdot l \cdot \pi}}$$

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{3,4}{8,4 \cdot 10^3 \cdot 507,1 \cdot 3,14}} = 0,001$$

$$\underline{\underline{d = 0,001 \text{ m} = 1 \text{ mm}}}$$

Průměr drátu je 1 mm.

- ❖ Měděný drát o průměru 2 mm máme nahradit hliníkovým drátem, který má stejnou délku i odpor. Jaký musí být jeho průměr?

$$d_{\text{Cu}} = 2\text{mm} = 2 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

$$l_{\text{Cu}} = l_{\text{Al}}$$

$$R_{\text{Cu}} = R_{\text{Al}}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 0,017\mu\Omega \cdot \text{m} = 17 \cdot 10^{-9}\Omega \cdot \text{m}$$

$$\rho_{\text{Al}} = 0,027\mu\Omega \cdot \text{m} = 27 \cdot 10^{-9}\Omega \cdot \text{m}$$

$$d_{\text{Al}} = ? (\text{m})$$

Oba dráty mají stejný odpor i délku, tzn.

$$R_{\text{Cu}} = R_{\text{Al}}$$

$$\rho_{\text{Cu}} \frac{l}{S_{\text{Cu}}} = \rho_{\text{Al}} \frac{l}{S_{\text{Al}}}$$

$$\frac{\rho_{\text{Cu}}}{S_{\text{Cu}}} = \frac{\rho_{\text{Al}}}{S_{\text{Al}}}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow$$

$$\frac{\rho_{\text{Cu}}}{\pi \cdot d_{\text{Cu}}^2} = \frac{\rho_{\text{Al}}}{\pi \cdot d_{\text{Al}}^2}$$

$$\frac{4\rho_{\text{Cu}}}{\pi \cdot d_{\text{Cu}}^2} = \frac{4\rho_{\text{Al}}}{\pi \cdot d_{\text{Al}}^2}$$

$$\frac{\rho_{\text{Cu}}}{d_{\text{Cu}}^2} = \frac{\rho_{\text{Al}}}{d_{\text{Al}}^2} \Rightarrow d_{\text{Al}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{Al}} \cdot d_{\text{Cu}}^2}{\rho_{\text{Cu}}}}$$

$$d_{\text{Al}} = d_{\text{Cu}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Cu}}}}$$

$$d_{\text{Al}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{27 \cdot 10^{-9}}{17 \cdot 10^{-9}}} = 0,0025$$

$$\underline{\underline{d_{\text{Al}} = 0,0025\text{ m} = 2,5\text{ mm}}}$$

Průměr hliníkového drátu je 2,5 mm.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

STACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

- 1) Vypočítejte magnetickou indukci uprostřed dutiny cívky s 300 závitů a vzduchovým jádrem, kterou prochází proud o velikosti 4 A. Délka cívky je 5 cm.

$$N = 300$$

$$I = 4 \text{ A}$$

$$l = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

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

$$B = ? \text{ (T)}$$

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{300 \cdot 4}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,030$$

$$\underline{\underline{B = 0,030 \text{ T} = 30 \text{ mT}}}$$

Magnetická indukce je 30 mT.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 2) Vodičem, který je umístěn v homogenním magnetickém poli kolmo ke směru indukčních čar a má aktivní délku 50 mm, prochází proud 25 A. Magnetické pole působí na vodič silou o velikosti 0,05 N. Určete velikost magnetické indukce homogenního magnetického pole.

$$l = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

$$I = 25 \text{ A}$$

$$F_m = 0,05 \text{ N}$$

$$\underline{B = (T)}$$

$$F_m = B \cdot I \cdot l \Rightarrow$$

$$\underline{B = \frac{F_m}{I \cdot l}}$$

$$B = \frac{0,05}{25 \cdot 0,05} = 0,04$$

$$\underline{\underline{B = 0,04 \text{ T}}}$$

Velikost magnetické indukce je 0,04 T.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 3) Na přímý vodič délky 10 cm, kterým prochází proud 2 A, působí v homogenním magnetickém poli, jehož magnetická indukce má velikost 0,2 T, síla 20 mN. Určete úhel, který svírá vodič se směrem magnetických indukčních čar. Předpokládáme, že hledaný úhel je ostrý.

$$l = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$B = 0,2 \text{ T}$$

$$F_m = 20 \text{ mN} = 0,02 \text{ N}$$

$$\alpha = ? (^\circ)$$

$$F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \frac{F_m}{B \cdot I \cdot l}$$

$$\sin \alpha = \frac{0,02}{0,2 \cdot 2 \cdot 0,1} = 0,5 \Rightarrow$$

$$\alpha = \underline{\underline{30^\circ}}$$

Přímý vodič svírá se směrem magnetických indukčních čar úhel o velikosti 30°.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 4) Jaký proud prochází velmi dlouhým přímým vodičem, jestliže velikost magnetické indukce ve vzdálenosti 10 cm od vodiče je $40 \mu\text{T}$?

$$d = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$B = 40 \mu\text{T} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

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

$$\underline{I = ? \text{ (A)}}$$

Pro velikost magnetické indukce v okolí velmi dlouhého přímého vodiče platí:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{d} \Rightarrow$$

$$I = \frac{2\pi dB}{\mu_0}$$

$$I = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 20$$

$$\underline{I = 20 \text{ A}}$$

Vodičem prochází proud 20 A.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 5) Dvěma přímými rovnoběžnými vodiči, které jsou od sebe vzdáleny 5 cm, prochází stejný proud 20 A. Určete magnetickou sílu, která působí na část každého vodiče o délce 1 m, jestliže oba proudy mají:
a) souhlasný směr; b) opačný směr.

$$d = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$I = 20 \text{ A}$$

$$l = 1 \text{ m}$$

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

$$F_m = ?(\text{N})$$

Magnetickou sílu vypočteme podle vztahu:

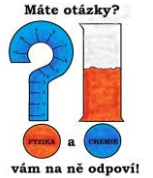
$$F_m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I^2}{d} \cdot l$$

$$F_m = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3,14} \cdot \frac{20^2}{0,05} \cdot 1 = 0,0016$$

$$\underline{F_m = 0,0016 \text{ N} = 1,6 \text{ mN}}$$

Velikost síly, kterou na sebe vodiče působí, je 1,6 mN.

Pokud mají proudy souhlasný směr, vodiče se navzájem přitahují, pokud směr opačný, tak se odpuzují.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 6) Elektron vlétne rychlostí $4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do homogenního magnetického pole kolmo ke směru indukčních čar. Velikost magnetické indukce pole je 0,2 T, náboj elektronu $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Určete velikost magnetické síly působící na elektron.

$$v = 4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$B = 0,2 \text{ T}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$F_m = ? \text{ (N)}$$

$$F_m = B \cdot e \cdot v$$

$$F_m = 0,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^6 = 1,28 \cdot 10^{-13}$$

$$F_m = \underline{\underline{1,28 \cdot 10^{-13} \text{ N}}}$$

Na elektron působí magnetická síla $1,28 \cdot 10^{-13} \text{ N}$.

NESTACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

- 7) Jaký je magnetický indukční tok rovinnou plochou o obsahu 50 cm^2 umístěnou v homogenním magnetickém poli o indukci $0,4 \text{ T}$, jestliže jeho indukční čáry svírají s normálou plochy úhel a) 0° ; b) 45° ; c) 60° ; d) 90° .

$$S = 50 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$B = 0,4 \text{ T}$$

$$\text{a) } \alpha_1 = 0^\circ$$

$$\text{b) } \alpha_2 = 45^\circ$$

$$\text{c) } \alpha_3 = 60^\circ$$

$$\text{d) } \alpha_4 = 90^\circ$$

$$\Phi_{1-4} = ? \text{ (Wb)}$$

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

$$\Phi_1 = 0,4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 0^\circ = 0,002$$

$$\Phi_1 = \mathbf{0,002 \text{ Wb} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}$$

$$\Phi_2 = 0,4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 45^\circ = 1,414$$

$$\Phi_2 = \mathbf{1,41 \text{ Wb}}$$

$$\Phi_3 = 0,4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 60^\circ = 0,001$$

$$\Phi_3 = \mathbf{0,001 \text{ Wb} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}$$

$$\Phi_4 = 0,4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi_4 = \mathbf{0 \text{ Wb}}$$

Magnetický indukční tok plochou je postupně $2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$; $1,41 \text{ Wb}$; $1 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$; 0 Wb .

Obrázek: Bartuška str. 1555



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 8) Drátěný závit vymežující plochu o obsahu 2 cm^2 je umístěn v homogenním magnetickém poli kolmo na směr indukčních čar. Velikost magnetické indukce homogenního magnetického pole se rovnoměrně zmenšovala tak, že za dobu $0,06 \text{ s}$ se zmenšila z hodnoty $0,6 \text{ T}$ na $0,1 \text{ T}$. Určete napětí indukované v závitě.

$$S = 2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 0,06 \text{ s}$$

$$\Delta B = 0,5 \text{ T}$$

$$U_i = ? (\text{V})$$

Platí Faradayův zákon elektromagnetické indukce:

$$|U_i| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{B_2 S - B_1 S}{\Delta t} = \frac{(B_2 - B_1) S}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$U_i = \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}$$

$$U_i = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{0,06} = 0,00166$$

$$\underline{\underline{U_i = 0,00166 \text{ V} = 1,7 \text{ mV}}}$$

V závitě se indukovalo napětí $1,7 \text{ mV}$.

- 9) V rovině, která je kolmá k indukčním čárám homogenního magnetického pole o indukci velikosti 10^{-2} T, leží drátěný závit o odporu 1Ω . Obsah plochy závitu se za 2 s rovnoměrně zvětšil z 2 cm^2 na 10 cm^2 . Určete proud, který prochází závitem.

$$B = 1 \cdot 10^{-2} \text{ T}$$

$$R = 1 \Omega$$

$$\Delta t = 2 \text{ s}$$

$$\Delta S = 8 \text{ cm}^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$I_i = ? (\text{A})$$

Platí Faradayův zákon elektromagnetické indukce:

$$|U_i| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{S_2 B - S_1 B}{\Delta t} = \frac{(S_2 - S_1) B}{\Delta t} = \frac{\Delta S \cdot B}{\Delta t}$$

Proud vyjádříme pomocí Ohmova zákona:

$$I_i = \frac{|U_i|}{R} = \frac{\Delta S \cdot B}{R \cdot \Delta t} \Rightarrow$$

$$I_i = \frac{\Delta S \cdot B}{R \cdot \Delta t}$$

$$I_i = \frac{8 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 2} = 0,000004$$

$$\underline{I_i = 0,000004 \text{ A} = 4 \mu\text{A}}$$

Vodičem bude procházet proud $4 \mu\text{A}$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

10) Magnetický indukční tok procházející cívkou s 80 závitů se za dobu 5 s změnil z $3 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$ na $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$. Určete indukované napětí na koncích cívky.

$$N = 80$$

$$\Delta t = 5 \text{ s}$$

$$\Delta \Phi = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$U_i = ? \text{ (V)}$$

Platí Faradayův zákon elektromagnetické indukce:

$$|U_i| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots \text{ indukovaný proud pro 1 závit}$$

Pokud má cívka N závitů, tvar Faradayova zákona se upraví:

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

$$|U_i| = 80 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{5} = 0,016$$

$$\underline{\underline{|U_i| = 0,016 \text{ V} = 16 \text{ mV}}}$$

Na koncích cívky se indukovalo napětí 16 mV.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 11) Jakou rychlostí se musí pohybovat v homogenním magnetickém poli přímý vodič délky 20 cm, aby se při magnetické indukci pole 0,2 T indukovalo na koncích vodiče napětí 2 mV?

$$l = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$B = 0,2 \text{ T}$$

$$U_i = 2 \text{ mV} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

$$v = ? \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

K výpočtu použijeme vzorec, který využíváme při odvození Faradayova zákona elektromagnetické indukce:

$$U_i = B \cdot v \cdot l \Rightarrow$$

$$v = \frac{U_i}{B \cdot l}$$

$$v = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 0,2} = 0,05$$

$$\underline{\underline{v = 0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Vodič se musí pohybovat rychlostí 0,05 m·s⁻¹.

- 12) Rovnoměrnou změnou proudu v cívce o 1,5 A za 0,2 s se v cívce indukovalo napětí 30 mV. Určete indukčnost cívky.

$$\Delta I = 1,5 \text{ A}$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ s}$$

$$U_i = 30 \text{ mV} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

$$L = ? \text{ (H)}$$

Využijeme Faradayův zákon elektromagnetické indukce:

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

$$\text{Pro cívku platí: } \Phi = L \cdot I \Rightarrow$$

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

$$|U_i| = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$

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

$$L = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2}{1,5} = 0,004$$

$$\underline{\underline{L = 0,004 \text{ H} = 4 \text{ mH}}}$$

Indukčnost cívky je 4 mH.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 13) Na cívce o indukčnosti 250 mH bylo po dobu 0,5 s stálé indukované napětí 150 mV. Určete velikost změny proudu v cívce.

$$L = 250 \text{ mH} = 250 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$U_i = 150 \text{ mV} = 150 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

$$\Delta I = ? \text{ (A)}$$

Využijeme tvar Faradayova zákona elektromagnetické indukce (odvození v předchozím příkladu)

$$|U_i| = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$

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

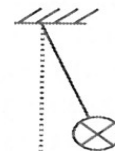
$$\Delta I = \frac{150 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5}{250 \cdot 10^{-3}} = 0,3$$

$$\Delta I = 0,3 \text{ A}$$

Velikost proudu v cívce se změnila o 0,3 A.

- ❖ Vodič s proudem 20 A o hmotnosti 20 g, jehož délka v magnetickém poli je 15 cm, je zavěšen na dvou velmi lehkých ohebných vodivých závěsech, které jsou odchýleny o 5° od svislého směru.

Vypočítejte magnetickou indukci homogenního magnetického pole, jsou-li magnetické indukční čáry svislé.



$$I = 20 \text{ A}$$

$$m = 20 \text{ g} = 0,02 \text{ kg}$$

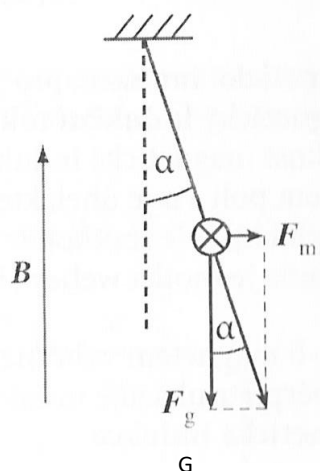
$$l = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\alpha = 5^\circ$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$B = ? \text{ (T)}$$

K řešení využijeme obrázek:



Magnetickou sílu můžeme vyjádřit: $F_m = F_G \cdot \text{tg } \alpha \Rightarrow$

$$\text{tg } \alpha = \frac{F_m}{F_G} = \frac{B \cdot I \cdot l}{m \cdot g} \Rightarrow$$

$$B = \frac{m \cdot g \cdot \text{tg } \alpha}{I \cdot l}$$

$$B = \frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot \text{tg } 5^\circ}{20 \cdot 0,15} = 0,00572$$

$$\underline{\underline{B = 0,00572 \text{ T} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ T} = 5,7 \text{ mT}}}$$

Magnetická indukce je 5,7 mT.

- ❖ Elektron se pohybuje v homogenním magnetickém poli kolmo k indukčním čarám. Jeho oběžná doba je $3,5 \cdot 10^{-8}$ s. Vypočítejte magnetickou indukci.

$$T = 3,5 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$B = ? \text{ (T)}$$

Magnetická síla působí jako síla dostředivá, tzn. $F_m = F_d$

$$F_m = B \cdot e \cdot v$$

$$F_d = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$B \cdot e \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r} \Rightarrow B \cdot e = \frac{m \cdot v}{r}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$B \cdot e = \frac{m \cdot v}{r} = \frac{m \cdot \frac{2\pi \cdot r}{T}}{r} = \frac{2\pi \cdot r \cdot m}{r \cdot T} = \frac{2\pi \cdot m}{T} \Rightarrow$$

$$B = \frac{2\pi \cdot m}{T \cdot e}$$

$$B = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{3,5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,0205 \cdot 10^{-3}$$

$$\underline{\underline{B = 1,0205 \cdot 10^{-3} \text{ T} = 1 \text{ mT}}}$$

Magnetická indukce je asi 1 mT.

- ❖ Nad vodorovným vodičem s proudem 200 A je na dvou stejných pružinách zavěšen druhý vodič. Délka vodičů je 100 cm. Začne-li druhým vodičem procházet proud 100 A, prodlouží se pružiny o 1 mm a vzdálenost vodičů se zmenší na 10 cm. Vypočítejte tuhost pružin.

$$I_1 = 200 \text{ A}$$

$$I_2 = 100 \text{ A}$$

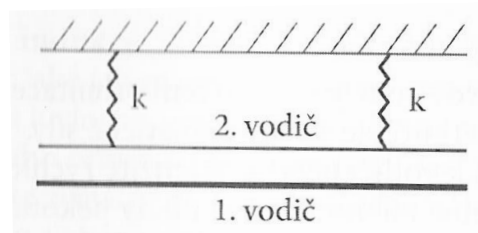
$$l = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$\Delta y = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$$

$$d = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

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

$$k = ? \text{ (Nm}^{-1}\text{)}$$



Pomocí vzorců vyjádříme magnetickou sílu a změnu síly pružnosti:

$$F_m = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{d} \cdot l$$

$$\Delta F_p = k \cdot \Delta y$$

Obě síly se musejí rovnat (pružiny jsou dvě !!!), tzn.

$$2\Delta F_p = F_m$$

$$2k \cdot \Delta y = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{d} \cdot l \Rightarrow$$

$$k = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{\Delta y \cdot d} \cdot l$$

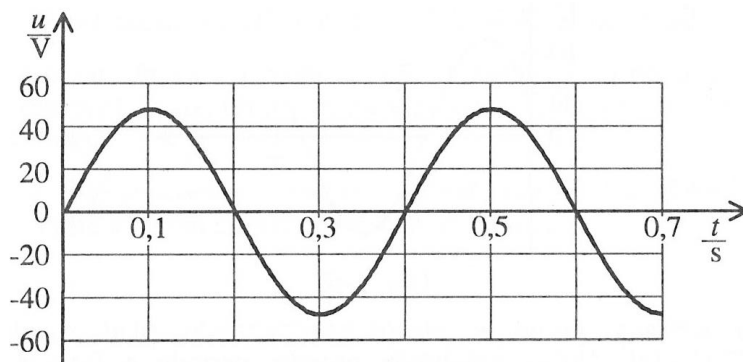
$$k = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi} \cdot \frac{200 \cdot 100}{0,001 \cdot 0,1} \cdot 1 = 20$$

$$\underline{\underline{k = 20 \text{ Nm}^{-1}}}$$

Tuhost pružin je 20 Nm^{-1} .

STŘÍDAVÝ PROUD A NAPĚTÍ

- 1) Na obrázku je časový diagram střídavého napětí. Určete amplitudu napětí, periodu a frekvenci napětí a napište rovnici pro okamžitou hodnotu napětí.



$U_m = 50 \text{ V}$ amplituda napětí

$T = 0,4 \text{ s}$ perioda napětí

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

$$f = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

$f = 2,5 \text{ Hz}$ frekvence napětí

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

ω úhlová frekvence napětí

φ_0 počáteční fáze napětí (v čase $t = 0$ je $u = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$)

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 2,5 = 5\pi$$

$$\omega = 5\pi \text{ rads}^{-1}$$

$u = 50 \cdot \sin 5\pi t$ rovnice pro okamžitou hodnotu napětí



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 2) Střídavé napětí o frekvenci 50 Hz má amplitudu napětí 200 V. Napište rovnici pro okamžitou hodnotu střídavého napětí a určete jeho okamžité hodnoty v časech 2,5 ms, 4 ms a 5 ms. V čase $t = 0$ je $u = 0$.

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$U_m = 200 \text{ V}$$

$$t_1 = 2,5 \text{ ms} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$t_2 = 4 \text{ ms} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$t_3 = 5 \text{ ms} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$u_{1,2,3} = ? \text{ (V)}$$

Rovnice pro okamžitou hodnotu střídavého napětí má tvar

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

v čase $t = 0$ je $u = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi \cdot 50 = 100\pi$$

$$\underline{u = 200 \cdot \sin 100\pi t}$$

$$u_1 = 200 \cdot \sin(100\pi \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}) = 200 \cdot \sin 0,25\pi = 141,42$$

$$\underline{u_1 = 141,42 \text{ V}}$$

$$u_2 = 200 \cdot \sin(100\pi \cdot 4 \cdot 10^{-3}) = 200 \cdot \sin 0,4\pi = 190,21$$

$$\underline{u_2 = 190,21 \text{ V}}$$

$$u_3 = 200 \cdot \sin(100\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3}) = 200 \cdot \sin 0,5\pi = 200$$

$$\underline{u_3 = 200 \text{ V}}$$

Rovnice pro okamžitou hodnotu střídavého napětí má tvar

$$u = 200 \cdot \sin 100\pi t.$$

Okamžité hodnoty napětí mají v daných časech hodnoty

141,42 V; 190,21 V; 200 V.

- 3) Na části obvodu, kterým prochází střídavý proud, je okamžité napětí $u = U_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{6}\right)$. V čase $\frac{T}{12}$ má okamžité napětí hodnotu 10 V. Určete amplitudu napětí, úhlovou frekvenci a frekvenci střídavého napětí, jestliže jeho perioda je 10 ms. Nakreslete časový diagram střídavého napětí.

$$u\left(\frac{T}{12}\right) = 10 \text{ V}$$

$$T = 10 \text{ ms} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$U_m = ? \text{ (V)}$$

$$\omega = ? \text{ (rad} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$u = U_m \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$= U_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \frac{\pi}{6}\right) = U_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{12} + \frac{\pi}{6}\right) \Rightarrow$$

$$u = U_m \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{6}\right) \Rightarrow u = U_m \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow$$

$$u = U_m \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$U_m = \frac{2u}{\sqrt{3}}$$

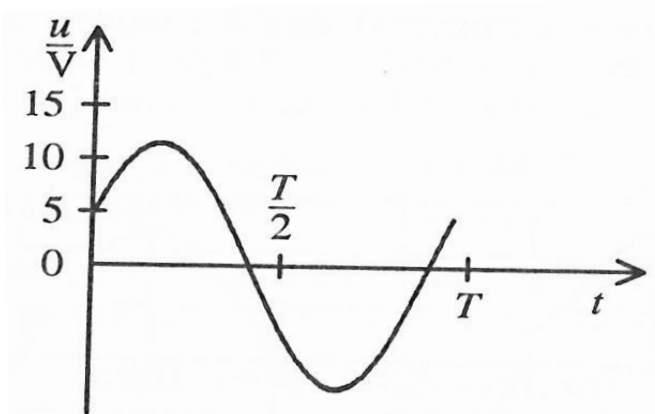
$$U_m = \frac{2 \cdot 10}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,547$$

$$\underline{U_m = 11,55 \text{ V}}$$

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

$$f = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = 100$$

$$\underline{f = 100 \text{ Hz}}$$





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 = 628$$

$$\omega = \underline{\underline{628 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Amplituda napětí má hodnotu 11,55 V; frekvence 100 Hz; 628 rad · s⁻¹.

- 4) Obvod s rezistorem o odporu 80 Ω je připojen ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 240 V a frekvenci 50 Hz. Napište rovnici pro okamžitou hodnotu proudu v obvodu.

$$R = 80 \Omega$$

$$U_m = 240 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Rovnice pro okamžitou hodnotu proudu má tvar:

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

$$i = \frac{U_m}{R} \cdot \sin 2\pi f t$$

$$i = \frac{240}{80} \cdot \sin 2\pi \cdot 50 t$$

$$i = \underline{\underline{3 \cdot \sin 100\pi t}}$$

Rovnice pro okamžitou hodnotu proudu má tvar $i = 3 \cdot \sin 100\pi t$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 5) Střídavé elektrické napětí o amplitudě 90 V vzroste z nulové hodnoty na napětí 45 V za 1/600 s. Jaká je jeho frekvence. Předpokládáme, že v čase $t = 0$ je okamžité napětí $u = 0$.

$$U_m = 90 \text{ V}$$

$$u\left(\frac{1}{600} \text{ s}\right) = 45 \text{ V}$$

$$f = ? \text{ (Hz)}$$

Vycházíme ze základní rovnice pro okamžitou hodnotu napětí, postupně doplňujeme známé veličiny, pomocí řešení goniometrické rovnice dostaneme řešení.

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

$$\text{v čase } t = 0 \text{ je } u = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \Rightarrow$$

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

$$45 = 90 \cdot \sin\left(2\pi \cdot f \cdot \frac{1}{600}\right)$$

$$\frac{1}{2} = \sin \frac{\pi f}{300}$$

$$\frac{\pi}{6} = \frac{\pi f}{300}$$

$$f = \frac{300\pi}{6\pi} = 50$$

$$\underline{\underline{f = 50 \text{ Hz}}}$$

Frekvence střídavého napětí je 50 Hz.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 6) Jaký okamžitý proud prochází rezistorem o odporu 200Ω , který je připojen ke zdroji střídavého napětí o frekvenci 50 Hz a amplitudě 325 V v čase $2,5 \text{ ms}$?

$$R = 200 \Omega$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$U_m = 325 \text{ V}$$

$$t = 2,5 \text{ ms} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$i = ? \text{ (A)}$$

Okamžitou hodnotu střídavého proudu lze vyjádřit vztahem:

$$i = \frac{u}{R} \Rightarrow$$

$$i = \frac{U_m \cdot \sin \omega t}{R} \Rightarrow$$

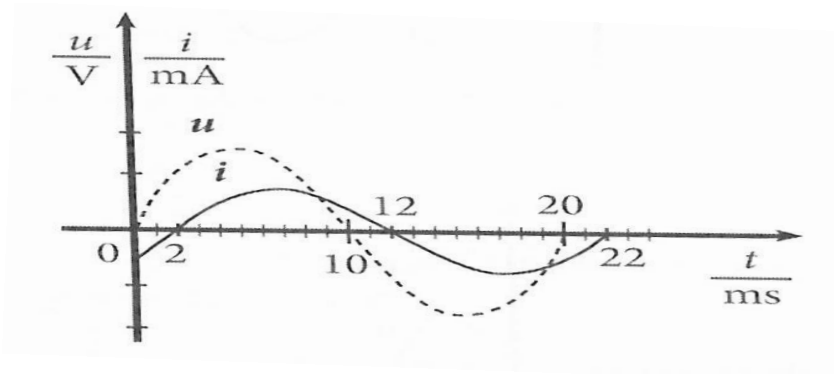
$$i = \frac{U_m \cdot \sin 2\pi f t}{R}$$

$$i = \frac{325 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3})}{200} = 1,149$$

$$\underline{\underline{i = 1,15 \text{ A}}}$$

Rezistorem prochází okamžitý proud $1,15 \text{ A}$.

7) Určete fázový rozdíl napětí a proudu v časovém diagramu na obrázku.



$$\Delta t = 2 \text{ ms} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$T = 20 \text{ ms} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$\Delta\varphi = ?$$

$$\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t \Rightarrow$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot \Delta t$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{20 \cdot 10^{-3}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,2\pi$$

$$\underline{\underline{\Delta\varphi = 0,2\pi}}$$

Fázový rozdíl napětí a proudu je $0,2\pi$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 8) Střídavý proud má amplitudu 100 mA a frekvenci 2 MHz. Za jakou dobu od počátečního okamžiku ($i = 0$) bude okamžitá hodnota proudu 25 mA?

$$I_m = 100 \text{ mA} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ A}$$

$$f = 2 \text{ MHz} = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$i = 25 \text{ mA} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$t = ? \text{ (s)}$$

Základní rovnice pro okamžitou hodnotu proudu má tvar

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

$$i = I_m \cdot \sin 2\pi f t$$

$$25 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-1} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot t)$$

$$\frac{25 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-1}} = \sin 4\pi \cdot 10^6 \cdot t$$

$$\frac{1}{4} = \sin(4\pi \cdot 10^6 \cdot t)$$

$$\underline{\underline{t = 2 \cdot 10^{-8} \text{ s}}}$$

Střídavý proud dosáhne 25 mA za $2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

OBVODY A VÝKON STŘÍDAVÉHO PROUDU

- 9) Cívka o zanedbatelně malém odporu je zapojena do obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz. Při napětí 24 V prochází cívkou proud 0,5 A. Určete indukčnost cívky.

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$U = 24 \text{ V}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

$$L = ?(\text{H})$$

Indukčnost cívky můžeme vypočítat z indukčnosti, což je podíl střídavého napětí a proudu, který cívkou prochází. Velmi zjednodušeně: indukčnost odpovídá odporu.

$$X_L = \omega \cdot L \quad X_L \dots \dots \dots \text{induktance}$$

$$L \dots \dots \dots \text{indukčnost}$$

$$\frac{U}{I} = \omega \cdot L$$

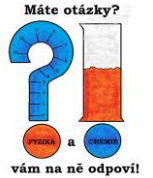
$$\frac{U}{I} = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \Rightarrow$$

$$L = \frac{U}{I \cdot 2\pi \cdot f}$$

$$L = \frac{24}{0,5 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,1528$$

$$\underline{\underline{L = 0,15 \text{ H}}}$$

Indukčnost cívky je 0,15 H.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

10) Při frekvenci 500 Hz je indukance cívky 35 Ω. Určete indukčnost cívky.

$$f = 500 \text{ Hz}$$

$$X_L = 35 \text{ } \Omega$$

$$L = ? \text{ (H)}$$

$$X_L = \omega \cdot L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} \Rightarrow$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = \frac{35}{2 \cdot 3,14 \cdot 500} = 0,0111$$

$$\underline{\underline{L = 0,01 \text{ H}}}$$

Indukčnost cívky je 0,01 H.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 11) Kondenzátor je zapojen do obvodu střídavého proudu o napětí 220 V a frekvenci 50 Hz. Obvodem prochází proud 2,5 A. Určete kapacitu kondenzátoru.

$$U = 220 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$I = 2,5 \text{ A}$$

$$C = ? \text{ (F)}$$

Kapacitu kondenzátoru v obvodu střídavého proudu určíme z kapacitance, což je podíl střídavého napětí a proudu, který kondenzátorem prochází.

Velmi zjednodušeně: kapacitance odpovídá odporu.

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

X_Ckapacitance

$$\frac{U}{I} = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

$$\frac{U}{I} = \frac{1}{C \cdot 2\pi \cdot f}$$

$$C = \frac{I}{2\pi \cdot f \cdot U}$$

$$C = \frac{2,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 220} = 3,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\underline{\underline{C = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ F}}}$$

Kapacita kondenzátoru je $3,6 \cdot 10^{-5} \text{ F}$.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 12) Ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 24 V a periodě 2 ms je připojen kondenzátor o kapacitě 16 μF . Určete amplitudu proudu v obvodu.

$$U_m = 24 \text{ V}$$

$$T = 2 \text{ ms} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$C = 16 \mu\text{F} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$I_m = ? \text{ (A)}$$

Při výpočtu využijeme vztah pro kapacitanci:

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

$$\frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot 2\pi \cdot f} \Rightarrow$$

$$I_m = 2\pi \cdot U_m \cdot C \cdot f$$

$$I_m = \frac{2\pi \cdot U_m \cdot C}{T}$$

$$I_m = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 24 \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,206$$

$$\underline{\underline{I_m = 1,21 \text{ A}}}$$

Amplituda proudu v obvodu má hodnotu 1,21 A.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 13) Určete proud procházející spotřebičem při napětí 220 V, je-li činný výkon 2,2 kW a účinník 0,80.

$$U = 220 \text{ V}$$

$$P = 2,2 \text{ kW} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0,80$$

$$I = ? \text{ (A)}$$

Pro činný výkon střídavého proudu platí:

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

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{2,2 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,80} = 12,5$$

$$\underline{I = 12,5 \text{ A}}$$

Spotřebičem prochází proud 12,5 A.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 14) Jaký proud odebírá z elektrické sítě jednofázový elektromotor, který při napětí 220 V a účinníku 0,80 pracuje s výkonem 6 kW, jestliže jeho účinnost je 82 %.

$$U = 220 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0,80$$

$$P = 6 \text{ kW} = 6 \cdot 10^3 = \text{W}$$

$$\eta = 82\% = 0,82$$

$$I = ? \text{ (A)}$$

Pro účinnost platí:

$$\eta = \frac{\text{výkon}}{\text{příkon}} = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{U \cdot I \cdot \cos \varphi} \Rightarrow$$

$$I = \frac{P}{\eta \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

$$I = \frac{6 \cdot 10^3}{0,82 \cdot 220 \cdot 0,80} = 41,57$$

$$\underline{\underline{I = 41,57 \text{ A}}}$$

Elektromotor odebírá ze sítě proud o velikosti 41,75 A.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 15) Napětí a proud v cívce se mění podle rovnic $u = 160 \sin(100 \pi t)$,
 $i = 3 \sin(100 \pi t - \frac{\pi}{3})$. Určete činný výkon střídavého proudu.

$P = ? (W)$

Ze zadaných hodnot určíme všechny veličiny, které budeme potřebovat k výpočtu činného výkonu:

$$u = 160 \sin(100\pi t)$$

$$i = 3 \sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow$$

$$U_m = 160 \text{ V}$$

$$I_m = 3 \text{ A}$$

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{3}$$

Pro činný výkon střídavého proudu platí:

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

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

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$P = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \cos \varphi \Rightarrow$$

$$P = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cdot \cos \varphi$$

$$P = \frac{160 \cdot 3}{2} \cdot \cos \frac{\pi}{3} = 120$$

$P = 120 \text{ W}$

Činný výkon střídavého proudu má velikost 120 W.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

STŘÍDAVÝ PROUD V ENERGETICE

- 16) Transformátor, jehož primární cívka má 500 a sekundární 2 500 závitů, je připojen k síťovému napětí 230 V. Jaké je napětí na sekundární cínce nezátíženého transformátoru? Jaký je jeho transformační poměr?

$$N_1 = 500$$

$$N_2 = 2\,500$$

$$U_1 = 230\text{ V}$$

$$U_2 = ?\text{ (V)}$$

$$k = ?$$

Pro transformaci napětí nezátíženým transformátorem platí přibližný vztah:

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

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

$$U_2 = \frac{230 \cdot 2\,500}{500} = 1150$$

$$\underline{\underline{U_2 = 1150\text{ V}}}$$

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

$$k = \frac{2\,500}{500} = 5$$

$$\underline{\underline{k = 5}}$$

Napětí na sekundární cínce je 1 150 V, transformační poměr 5.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

- 17) Primární cívkou transformátoru prochází při napětí 230 V proud 0,5 A. Na sekundární cívce je napětí 9,5 V a prochází jí proud 11 A. Určete účinnost transformátoru.

$$U_1 = 230 \text{ V}$$

$$I_1 = 0,5 \text{ A}$$

$$U_2 = 9,5 \text{ V}$$

$$I_2 = 11 \text{ A}$$

$$\eta = ?$$

Účinnost transformátoru je určena poměrem výkonu P_2 v sekundární cívce k příkonu P_1 v primární cívce:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1}$$

$$\eta = \frac{9,5 \cdot 11}{230 \cdot 0,5} = 0,908$$

$$\underline{\underline{\eta = 0,908 = 91\%}}$$

Účinnost transformátoru je 91%.

- ❖ V obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz je zařazena cívka o indukčnosti 100 mH, kterou v obvodu stejnosměrného proudu při napětí 12 V procházel proud 300 mA, a kondenzátor o kapacitě 200 μF . Určete impedanci tohoto obvodu.

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$L = 100 \text{ mH}$$

$$U = 12 \text{ V}$$

$$I = 300 \text{ mA} = 0,3 \text{ A}$$

$$C = 200 \mu\text{F} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

$$\underline{Z = ? (\Omega)}$$

Impedance je podíl napětí a proudu v libovolném obvodu střídavého proudu:

$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2} \Rightarrow$$

$$Z = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 + \left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2}$$

$$Z = \sqrt{\left(\frac{12}{0,3}\right)^2 + \left(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,1 - \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}\right)^2} = 42,89$$

$$\underline{Z = 42,89 \Omega \doteq 43 \Omega}$$

Impedance daného obvodu je 43 Ω .