PANSKÁ

Střední průmyslová škola sdělovací techniky
Panská 3
Praha 1

© Jaroslav Reichl, 2003

Sbírka příkladů z fyziky

určená studentům 2. ročníku technického lycea jako doplněk ke studiu fyziky

Jaroslav Reichl

OBSAH

1. Elektrostatické pole ***3***
2. Elektrický proud a jeho vedení v kovech, polovodičích, kapalinách a plynech ***11***
3. Mechanické kmitání ***23***
4. Mechanické vlnění ***29***
5. Stacionární magnetické pole ***32***
6. Nestacionární magnetické pole ***36***
7. Obvod střídavého proudu ***38***
8. Elektromagnetické kmitání a vlnění ***41***

Hodnoty vybraných fyzikálních konstant

Nebude-li v zadání úlohy uvedeno jinak, používejte tyto konstanty:

velikost tíhového zrychlení: $9{,}81\ m.s^{-2}$
hustota vody: $1000\ kg.m^{-3}$
normální atmosférický tlak: $10^5\ Pa$
velikost rychlosti zvuku ve vzduchu (za běžných podmínek): $340\ m.s^{-1}$
intenzita zvuku prahu slyšení: $10^{-12}\ W.m^{-2}$
náboj elektronu: $1{,}602.10^{-19}\ C$
permitivita vakua: $8{,}85.10^{-12}\ C^2.N^{-1}.m^{-2}$
konstanta v Coulombovu zákonu ve vakuu: $9.10^9\ N.m^2.C^{-2}$
Avogadrova konstanta: $6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$
Faradayova konstanta: $9{,}65.10^4\ C.mol^{-1}$
permeabilita vakua: $4\pi.10^{-7}\ N.A^{-2}$
klidová hmotnost elektronu: $9{,}1.10^{-31}\ kg$
klidová hmotnost protonu (resp. neutronu): $1{,}67.10^{-27}\ kg$

1. Elektrostatické pole

1.1 Jaký celkový náboj by mělo $75\,\text{kg}$ elektronů?

V: $-1{,}3.10^{13}\,\text{C}$

1.2 Kolik megacoulombů je kladného (resp. záporného) náboje je obsaženo v jednom molu neutrálního molekulárního vodíkového plynu?

V: 0,2 MC

1.3 Dva stejné ionty ve vzdálenosti $5.10^{-10}\,\text{m}$ se odpuzují silou o velikosti $3{,}7.10^{-9}\,\text{N}$. Jaký je náboj každého iontu? O kolikamocné ionty jde?

V: $\pm 3{,}2.10^{-19}\,\text{C}$; dvojmocné

1.4 Vzdálenost dvou malých kulových vodních kapek se stejným nábojem $-1.10^{-16}\,\text{C}$ je $1\,\text{cm}$. Jaká je velikost síly působící mezi kapkami? Kolik přebytečných elektronů způsobujících nerovnováhu jejího náboje je v každé kapce?

V: $9.10^{-19}\,\text{N}$; 625

1.5 Dva studenti Jan s hmotností $90\,\text{kg}$ a Marie s hmotností $45\,\text{kg}$ jsou od sebe vzdáleni $30\,\text{m}$. Předpokládejte, že každý z nich má 0,01 % nerovnováhy v množství svého kladného a záporného náboje - Jan je nabit kladně, Marie záporně. Jak velká přitažlivá síly působí mezi nimi? Studenty v úvaze nahraďte stejně těžkými koulemi vody.

V: $3{,}8.10^{18}\,\text{N}$

1.6 Neutron se skládá z jednoho kvarku „up“ s nábojem $\frac{2e}{3}$ a dvou kvarků „down“, každý s nábojem $-\frac{e}{3}$. Jaká je velikost elektrostatické síly, kterou na sebe vzájemně působí kvarky „down“, jsou-li od sebe v neutronu vzdáleny $2{,}6.10^{-15}\,\text{m}$?

V: 3,8 N

1.7 Dvě malé vodivé koule mají celkový náboj $50\,\mu\text{C}$. Jaký náboj je na každé z nich, jestliže se odpuzují elektrostatickou silou o velikosti $1\,\text{N}$ ve vzájemné vzdálenosti $2\,\text{m}$?

V: $38{,}4\,\mu\text{C}$ a $11{,}6\,\mu\text{C}$

1.8 Dvě stejné vodivé koule umístěné pevně ve vzdálenosti $50\,\text{cm}$ se přitahují silou o velikosti $108\,\text{mN}$. Spojíme je vodičem a ten pak odstraníme. Po odstranění vodiče se koule odpuzují silou o velikosti $36\,\text{mN}$. Jaké byly původní náboje na koulích?

V: $1\,\mu\text{C}$ a $-3\,\mu\text{C}$ nebo $-1\,\mu\text{C}$ a $3\,\mu\text{C}$

1.9 Dvě malé vodivé kuličky, které jsou umístěny na nevodivých tyčkách, se nacházejí v prostředí s relativní permitivitou 2 a nesou náboj $-7\,\mu\text{C}$ a $17\,\mu\text{C}$. Kuličky přiblížíme k sobě tak, že se vzájemně dotknou. Pak je oddálíme do vzájemné vzdálenosti $5\,\text{cm}$ od sebe. Jak velká síla nyní na kuličky působí? Jaký je typ této síly? Zdůvodněte.

V: 45 N; odpudivá

1.10 Dvě kuličky zanedbatelné hmotnosti nabité náboji $-4\,\mu\text{C}$ a $6\,\mu\text{C}$ jsou umístěny v prostředí s relativní permitivitou 2 a působí na ně síla o velikosti 2,25 N. Jak daleko jsou kuličky vzájemně od sebe?

V: 22 cm

1.11 Dvě malé kuličky jsou nabity kladnými náboji v poměru 3:4. Jsou-li tyto kuličky umístěny ve vzájemné vzdálenosti 6 cm v prostředí s relativní permitivitou 24, působí mezi sebou silou o velikosti 180 N. Určete hodnoty nábojů obou kuliček.

V: $36\,\mu\text{C}$; $48\,\mu\text{C}$

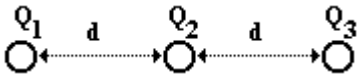
1.12 Ve vrcholech rovnostranného trojúhelníka ABC se stranou délky d leží stejné vodivé koule s náboji po řadě $-2Q$, $-4Q$ a $8Q$. a) Jaká je velikost elektrostatické síly, která působí mezi koulemi v bodech A a C? Nyní proběhnou tyto procesy: koule v bodech A a B jsou spojeny tenkým vodičem a pak rozpojeny, B je potom uzemněna a pak jsou koule v bodech B a C spojeny vodičem a opět rozpojeny. Jaká je nyní velikost elektrostatické síly mezi koulemi v bodech b) A a C, c) B a C?

V: a) $144.10^9 \frac{Q^2}{d^2} N$; b) $108.10^9 \frac{Q^2}{d^2} N$; c) $144.10^9 \frac{Q^2}{d^2} N$

1.13 Dvě stejné vodivé koule *A* a *B*, které mají stejný náboj, jsou umístěny ve vzdálenosti mnohem větší než je jejich průměr. Elektrostatická síla působící mezi těmito koulemi má velikost *F*. Třetí, původně neutrální kouli *C*, na nevodivém držáku se nyní dotkneme koule *A*, pak koule *B* a poté kouli *C* odstraníme. Pomocí velikosti síly *F* vyjádřete elektrostatickou sílu působící nyní na kouli *B*. Jaký by byl výsledek, kdyby koule *C* měla původně a) stejný náboj jako koule *A* a *B*, b) opačný náboj než koule *A* a *B*?

V: a) $\frac{3}{8}F$; b) *F*; c) 0

1.14 Na obr. 1 jsou znázorněny tři částice nabité náboji Q_1, Q_2 a Q_3 ležící na jedné přímce ve vzájemné vzdálenosti *d*. Částice s náboji Q_1 a Q_2 jsou pevné, částice s nábojem Q_3 se může pohybovat, ale je v rovnováze. Vyjádřete náboj Q_1 pomocí náboje Q_2. Určete znaménka uvažovaných nábojů.



obr. 1

V: $Q_1 = 4Q_2$

1.15 Bodové náboje Q_1 a Q_2 leží na ose x v bodech o souřadnicích $x_1 = -a$ a $x_2 = a$. Jaký musí být poměr $\frac{Q_1}{Q_2}$, aby výsledná elektrostatická síla působící na náboj *Q* ležící v bodě a) $x = \frac{a}{2}$, b) $x = \frac{3a}{2}$ byla nulová?

V: 9; -25

1.16 Jaký kladný náboj by musel být umístěn na Zemi i na Měsíci, aby se vykompenzovala jejich gravitační přitažlivost? Kolik kilogramů vodíku by bylo potřeba rozštěpit na protony a elektrony pro vytvoření tohoto kladného náboje? Hmotnost Země je $6.10^{24}\ kg$, hmotnost Měsíce je $7,36.10^{22}\ kg$ a molární hmotnost vodíku je $1\ g.mol^{-1}$. Jakou energii by bylo nutno, je-li ionizační energie vodíku $13,6\ eV$?

V: $5,72.10^{13}\ C$; $5,93.10^{5}\ kg$; $7,78.10^{14}\ J$

1.17 Dva stejné bodové náboje $Q_1 = Q_2 = 20\ \mu C$ leží ve vzájemné vzdálenosti $1,5\ m$. Jaká je velikost elektrostatické síly působící na náboj Q_1? Nyní přidáme třetí náboj Q_3 stejný jako náboj Q_1 tak, že s ostatními vytvoří rovnostranný trojúhelník. Jaká je nyní velikost elektrostatické síly působící na náboj Q_1? Jaká by byla velikost této síly, kdyby byl náboj Q_3 opačný než náboj Q_1? Nakreslete obrázek.

V: $1,6\ N$; $2,77\ N$; $1,6\ N$

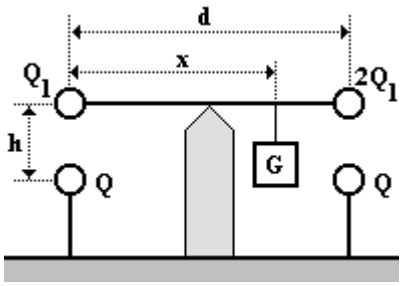
1.18 Ve vrcholech čtverce *ABCD* o straně délky $5\ cm$ leží po řadě náboje $0,2\ \mu C$, $-0,2\ \mu C$, $-0,1\ \mu C$ a $0,1\ \mu C$. Jak velká je síla působící na náboj ve vrcholu *A*?

V: $0,175\ N$

1.19 Dvě pohyblivé částice nabité souhlasným nábojem stejné velikosti jsou původně od sebe vzdálené $3,2\ mm$. Počáteční zrychlení první částice má velikost $7\ m.s^{-2}$, velikost zrychlení druhé částice je $9\ m.s^{-2}$. Hmotnost první částice je $0,63\ mg$. Jaká je hmotnost druhé částice? Jaký je náboj každé z částic?

V: $0,49\ mg$; $7.10^{-11}\ C$

1.20 Na obr. 2 je nevodivá tyč délky *d* zanedbatelné hmotnosti otočná kolem svého středu. Na obou koncích tyče jsou připevněny malé vodivé koule zanedbatelných hmotností s kladnými náboji Q_1 a $2Q_1$. Tyč je vyvážena závažím tíhy *G*. Ve vzdálenosti *h* od přímo pod každou z koulí je umístěna koule s kladným nábojem *Q*. Určete vzdálenost *x*, pro níž je tyč vodorovná a je v rovnováze. Pro jakou hodnotu *h* bude tyč v rovnováze a nebude přitom vůbec zatěžovat čep, na němž je upevněna? Řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty: $Q_1 = 4\ \mu C$, $Q = 1\ \mu C$, $G = 30\ N$, $h = 12\ cm$ a $d = 1,2\ m$.



obr. 2

V: $x = \frac{d}{2}\left(1 + \frac{kQ_1Q}{Gh^2}\right) = 0,65\ m$; $h' = \sqrt{\frac{3kQ_1Q}{G}} = 0,06\ m$ a $x = \frac{2}{3}d = 0,8\ m$

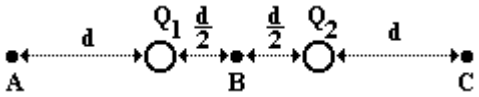
1.21 Dva stejné náboje $0,2\ \mu C$ jsou od sebe vzdáleny $15\ cm$. Jaká je velikost a směr elektrické intenzity v bodě, který je uprostřed mezi náboji, mají-li náboje a) souhlasná, b) opačná znaménka?

V: a) $0\ V.m^{-1}$; b) $640\ kV.m^{-1}$

1.22 V bodě *A* úsečky *AB* o délce *l* je umístěn bodový náboj $-10\ \mu C$. Jaký náboj musí být umístěn v bodě *B*, aby elektrická intenzita výsledného elektrostatického pole obou nábojů ve třetině úsečky *AB* (měřeno od bobu *A*), byla nulová?

V: $-40\ \mu C$

1.23 Na obr. 3 jsou dva bodové náboje $Q_1 = Q$ a $Q_2 = 2Q$ ve vzdálenosti *d* od sebe. Určete intenzitu elektrického pole v bodech *A*, *B* a *C*.



obr. 3

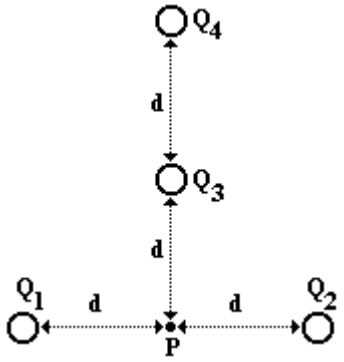
V: $\frac{3}{2}\frac{kQ}{d^2}$; $4\frac{kQ}{d^2}$; $\frac{9}{4}\frac{kQ}{d^2}$

1.24 Částice α (tj. jádro hélia ${}^4_2He$) má hmotnost $6,64.10^{-27}\ kg$ a náboj $2e$. Jaká je velikost a směr elektrické intenzity, která vyrovná účinek tíhové síly na uvažovanou částici?

V: $203\ nV.m^{-1}$; směr svislý vzhůru

1.25 Určete elektrickou intenzitu v bodě *P* (obr. 4) výsledného elektrostatického pole čtyř nábojů $Q_1 = 90\ \mu C$, $Q_2 = 60\ \mu C$, $Q_3 = 30\ \mu C$ a $Q_4 = -240\ \mu C$, je-li $d = 30\ cm$.

V: $4,24\ MV.m^{-1}$; vektor svírá úhel $45°$ se spojnicí nábojů Q_1 a Q_2



obr. 4

1.26 Proton a elektron leží ve dvou vrcholech rovnostranného trojúhelníka o straně délky $2.10^{-6}\ m$. Určete velikost a směr elektrické intenzity ve třetím vrcholu trojúhelníka.

V: $360\ V.m^{-1}$; vektor svírá úhel $60°$ se stranou procházející vrcholem, v němž je elektron

1.27 Bodové náboje $Q_1 = Q_2 = 3\ \mu C$ jsou umístěny ve dvou vrcholech rovnostranného trojúhelníku se stranou délky *a*. Jaké znaménko a jakou velikost musí mít náboj ve třetím vrcholu trojúhelníku, aby výsledné elektrostatické pole v těžišti trojúhelníka bylo nulové?

V: $3\ \mu C$

1.28 Ve vrcholech *A*, *B* pravoúhlého trojúhelníku *ABC* s pravým úhlem při vrcholu *C*, jsou umístěny po řadě bodové náboje $36\ \mu C$ a $32\ \mu C$. Odvěsna *AC* měří $6\ cm$, odvěsna *BC* $8\ cm$. Určete velikost a směr elektrické intenzity výsledného elektrostatického pole v bodě *C*.

V: $1.10^8\ V.m^{-1}$; vektor svírá úhel $26,56°$ s přímkou *AC*

1.29 Ve vrcholech čtverce *ABCD* o straně délky $5\ cm$ jsou umístěny po řadě bodové náboje $-1.10^{-8}\ C$, $2.10^{-8}\ C$, $-2.10^{-8}\ C$ a $1.10^{-8}\ C$. Určete velikost a směr elektrické intenzity ve středu čtverce.

V: $101,8\ kV.m^{-1}$; vektor je rovnoběžný se sranou *AB* čtverce

1.30 Ve vrcholech C a D čtverce ABCD o straně délky 3 dm jsou umístěny bodové náboje. Vektor elektrické intenzity výsledného elektrostatického pole v průsečíku úhlopříček čtverce má velikost $1\ \mathrm{MV \cdot m^{-1}}$. Jaký náboj je ve vrcholu D, je-li v bodě C náboj $3\ \mu\mathrm{C}$?

V: $4\ \mu\mathrm{C}$

1.31 Když se umělá družice Země pohybuje zředěným ionizovaným plynem zemské atmosféry, změní se její elektrický potenciál během jednoho oběhu o $-1\ V$. Předpokládejte, že družice má kulový tvar o poloměru $10\ m$. Jaké množství náboje nasbírá družice během jednoho oběhu? Kolik elektronů se během jednoho oběhu usadí na jejím povrchu?

V: $-1,1.10^{-9}\ C$; $6,94.10^9$

1.32 Jak velký je úhrnný elektrický náboj a hustota náboje na povrchu vodivé koule o poloměru $15\ cm$, je-li její potenciál vzhledem k nekonečnu $200\ V$?

V: $3,3.10^{-9}\ C$; $1,1.10^{-8}\ C.m^{-2}$

1.33 Kulová kapka vody nesoucí náboj $30\ pC$ má vzhledem k nekonečnu potenciál $500\ V$. Jaký poloměr má kapka? Jestliže dvě stejně velké kapky se stejným nábojem splynou, vytvoří jednu větší kapku. Jaký bude mít potenciál?

V: $0,54\ mm$; $793,7\ V$

1.34 Kovová koule o poloměru $15\ cm$ nese celkový náboj $3.10^{-8}\ C$. Jaká je velikost elektrické intenzity těsně nad jejím povrchem? Jaký je potenciál na povrchu koule? V jaké vzdálenosti od povrchu koule klesne potenciál na $500\ V$?

V: $12\ kV.m^{-1}$; $1800\ V$; $39\ cm$

1.35 Pohybuje-li se elektron podél elektrické siločáry z bodu *A* do bodu *B* podle obr. 6, vykonají síly elektrického pole práci $3,94.10^{-19}\ J$. Jak velké jsou rozdíly potenciálů a) $\varphi_B - \varphi_A$, b) $\varphi_C - \varphi_A$, c) $\varphi_C - \varphi_B$?

V: $2,46\ V$; $2,46\ V$; $0\ V$

1.36 Dvě velké vodivé vzájemně rovnoběžné desky jsou od sebe vzdáleny $12\ cm$ a nesou na plochách k sobě přivrácených stejně velké elektrické náboje opačných znamének. Na elektron mezi těmito deskami (daleko od jejich okrajů) působí elektrostatická síla o velikosti $3,9\ fN$. Vypočítejte intenzitu elektrického pole v místě, kde je elektron. Jak velké je napětí mezi deskami? Proč je v zadání zdůrazněno, že desky jsou velké a že elektron je daleko od jejich okrajů?

V: $24,3\ kV.m^{-1}$; $2,92\ kV$

1.37 Elektron vlétl mezi dvě rovnoběžné nabité desky. Vektor jeho počáteční rychlosti je kolmý k siločárám elektrického pole a jeho počáteční vzdálenost od obou desek je stejná (viz obr. 5). Určete směr a velikost zrychlení, se kterým se bude elektron pohybovat, jestliže na deskách je napětí $100\ V$ a jejich vzdálenost je $d = 10\ cm$. Za jak dlouho dopadne elektron na jednu z desek?

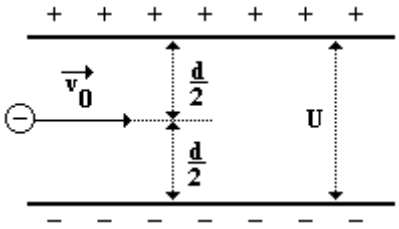
V: $1,76.10^{14}\ m.s^{-2}$; $2,4.10^{-8}\ s$

1.38 V homogenním svislém elektrickém poli vytvořeném dvěma vodorovnými elektrodami ve vzájemné vzdálenosti $2\ cm$, mezi nimiž je potenciálový rozdíl $218\ V$, se nachází kulička o hmotnosti $8.10^{-12}\ g$. Kolik elektronů musí být na kuličce, aby byla v uvedeném elektrickém poli v rovnováze se svojí tíhovou silou? Jaká je polarita desek?

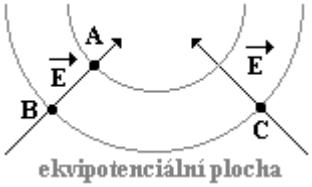
V: 45

1.39 Na obr. 7 je bodový náboj $Q = 1\ \mu C$. Ve vzdálenosti $d_1 = 2\ m$ napravo od něj je bod *A* a ve dvou různých polohách (obr. 7a a obr. 7b) ve vzdálenosti $d_2 = 1\ m$ od náboje *Q* je bod *B*. Určete napětí mezi body *A* a *B* v obou uvažovaných umístěních bodů *A* a *B*.

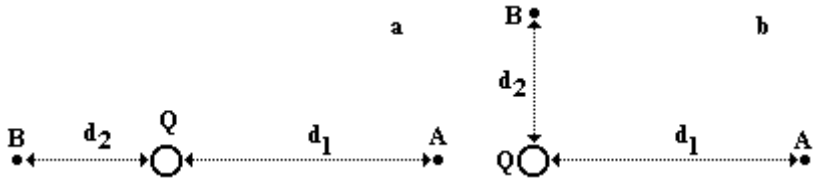
V: $4500\ V$ (v obou případech)



obr. 5



obr. 6



obr. 7

1.40 Jaký potenciál v bodě *P* (obr. 4) budí soustava čtyř bodových nábojů $Q_1 = Q_2 = 50\ \mu C$, $Q_3 = -50\ \mu C$ a $Q_4 = 150\ \mu C$, je-li $d = 50\ cm$.

V: $2{,}25\ MV$

1.41 Vzdálenost mezi dvěma částicemi ležícími na přímce *p* je jeden metr a jejich náboje jsou a) $Q_1 = 2Q$ a $Q_2 = 4Q$, b) $Q_1 = 2Q$ a $Q_2 = -4Q$ .Určete body na přímce *p* (jsou-li jinde než v nekonečnu), v nichž má nulovou hodnotu potenciál a intenzita výsledného elektrického pole uvažovaných částic.

V: měřeno od Q_1: a) neexistují; $0{,}41\ m$; b) $0{,}33\ m$ nebo $1\ m$ (ve směru od Q_2); $2{,}41\ m$ (ve směru od Q_2)

1.42 Dvě částice s náboji Q_1 a Q_2 leží na přímce *p* ve vzájemné vzdálenosti *d*. Intenzita jejich výsledného elektrického pole je nulová v bodě, který leží na přímce *p* mezi oběma částicemi a od částice s nábojem Q_1 je vzdálen $\frac{d}{4}$. Určete body na přímce *p* (jinde než v nekonečnu), v nichž je potenciál nulový.

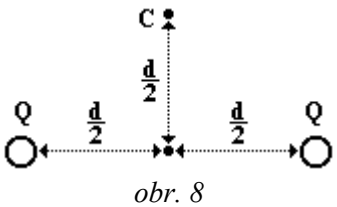
V: neexistují

1.43 Jakou elektrickou potenciální energii má soustava dvou elektronů vzdálených od sebe $2\ nm$? Jak se mění tato energie se zvětšující se vzdáleností elektronů?

V: $1{,}15.10^{-19}\ J$; klesá

1.44 Dva nepohyblivé náboje $Q = 2\ \mu C$ jsou od sebe vzdáleny $d = 2\ cm$ (viz obr. 8). Určete hodnotu elektrického potenciálu v bodě *C*. Přenesme třetí náboj stejný jako uvažované dva náboje z nekonečna do bodu *C*. Jakou práci je třeba vykonat? Jak velká je poté elektrická potenciální energie soustavy těchto tří nábojů?

V: $2{,}55\ MV$; $5{,}1\ J$; $6{,}9\ J$



obr. 8

1.45 Tři elektrické náboje $0{,}12\ C$ leží ve vrcholech rovnostranného trojúhelníku o délce strany $1{,}7\ m$. Kolik dnů by vyžadovalo přemístění jednoho z těchto nábojů do středu úsečky spojující ostatní dva náboje, je-li k dispozici výkon $0{,}83\ kW$?

V: $2{,}13\ dne$

1.46 Částice s elektrickým nábojem $3{,}1\ \mu C$ je fixována v bodě *P*. Jiná částice o hmotnosti $20\ mg$ se stejným nábojem je nejprve držena ve vzdálenosti $0{,}9\ mm$ od bodu *P* a poté uvolněna. Určete velikost rychlosti druhé částice ve vzdálenosti $2{,}5\ mm$ od bodu *P*.

V: $2480\ m.s^{-1}$

1.47 Mezi rovnoběžnými kovovými deskami vzdálenými od sebe $1\,cm$ je napětí $625\,V$. Jakou nejmenší rychlostí musíme vystřelit elektron z kladné desky, aby dolétl na zápornou?

V: $1,48.10^{7}\ m.s^{-1}$

1.48 Dva elektrony jsou pevně umístěny ve vzájemné vzdálenosti $2\,cm$. Jiný elektron, který byl vystřelen z nekonečné vzdálenosti, se zastavil právě uprostřed spojnice obou elektronů. Jaká byla velikost jeho počáteční rychlosti?

V: $318,63\ m.s^{-1}$

1.49 Kulová kapka rtuti o poloměru *R* má kapacitu *C*. Dvě takové kapky spojíme do jedné. Jaká bude její kapacita?

V: $\sqrt[3]{2}C$

1.50 Deskový kondenzátor má elektrody kruhového tvaru o poloměru $8,2\,cm$ vzdálené od sebe $1,3\,mm$. Vypočítejte jeho kapacitu. Jaký náboj bude na elektrodách, jestliže na kondenzátor přiložíme napětí $120\,V$? V jakém rozmezí by se měnila kapacita kondenzátoru, jehož desky by byly polokruhové a mohli se vůči sobě otáčet kolem osy procházející středem původního kruhu?

V: $143,7\ pF$; $17\ nC$; $\langle 0; 71,8\rangle\ pF$

1.51 Dva stejně velké archy hliníkové fólie byly umístěny rovnoběžně ve vzájemné vzdálenosti $1\,mm$. Takto vzniklý kondenzátor o kapacitě $10\ pF$ byl nabit na napětí $12\,V$. Vypočítejte obsah každého z archů použité fólie. Poté jsme archy přiblížili na vzdálenost $0,1\,mm$ při nezměněném náboji. Jaké je nová hodnota kapacity? Jak se změnilo napětí? Vysvětlete, jak by mohl být na základě těchto změn konstruován mikrofon.

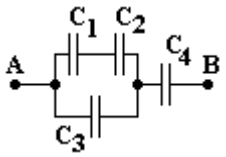
V: $11,3\ cm^2$; $100\ pF$; $1,2\,V$

1.52 Kolik kondenzátorů o kapacitě $1\ \mu F$ musí být spojeno paralelně, aby celkový náboj na nich byl $1\,C$? Napětí vložené na každý kondenzátor je $110\,V$?

V: 9091

1.53 Na obr. 9 je znázorněno zapojení kondenzátorů s kapacitami $C_1 = 2\ \text{nF}$, $C_2 = 3\ \text{nF}$, $C_3 = 4,8\ \text{nF}$ a $C_4 = 4\ \text{nF}$. Určete kapacitu kondenzátoru, kterým je možné identicky nahradit uvedené zapojení kondenzátorů mezi body *A* a *B*.

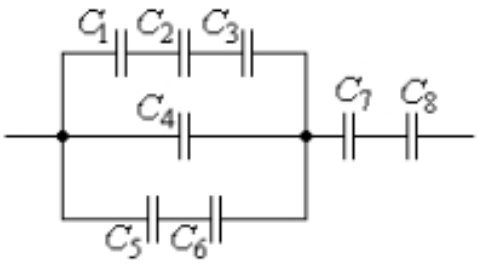
V: $2,4\ \text{nF}$



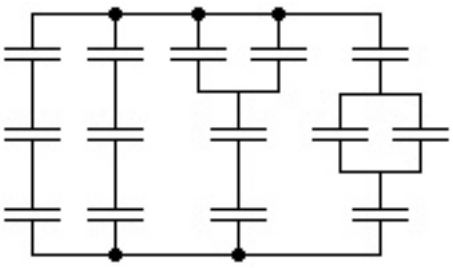
obr. 9

1.54 Určete výslednou kapacitu zapojení kondenzátorů podle schématu na obr. 10. Pro jednotlivé kapacity platí: $C_1 = C_2 = C_3 = 1500\ \mu\text{F}$, $C_4 = 2000\ \mu\text{F}$, $C_5 = C_6 = 1000\ \mu\text{F}$ a $C_7 = C_8 = 1200\ \mu\text{F}$.

V: $500\ \mu\text{F}$



obr. 10



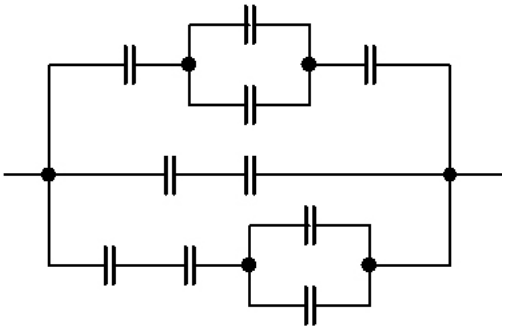
obr. 11

1.55 Určete výslednou kapacitu zapojení kondenzátorů podle schématu na obr. 11. Všechny kondenzátory mají kapacitu *C*.

V: $\frac{22}{15}C$

1.56 Určete výslednou kapacitu zapojení kondenzátorů podle schématu na obr. 12. Všechny kondenzátory mají kapacitu *C*.

V: $1{,}3C$



obr. 12

1.57 K paralelnímu spojení dvou kondenzátorů s kapacitami $300\ \mu\text{F}$ a $100\ \mu\text{F}$ je připojen sériově třetí kondenzátor s kapacitou $600\ \mu\text{F}$. Určete výslednou kapacitu tohoto zapojení.

V: $240\ \mu\text{F}$

1.58 Každý ze tří nenabitých kondenzátorů na obr. 13 má kapacitu $25\ \mu F$. Po zapnutí spínače se na kondenzátorech ustálí napětí $4200\ V$. Jak velký elektrický náboj prošel ampérmetrem?

V: $0{,}315\ C$

1.59 Kondenzátor o kapacitě $6\ \mu F$ je spojen do série s kondenzátorem o kapacitě $4\ \mu F$. Vstupní svorky této kombinace kondenzátorů jsou připojeny ke zdroji napětí $200\ V$. Jaká je výsledná kapacita této sestavy? Jaký náboj je na každém kondenzátoru? Jaké je napětí na každém kondenzátoru?

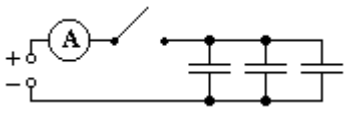
V: $2{,}4\ \mu F$; $480\ \mu C$; $480\ \mu C$; $80\ V$; $120\ V$

1.60 K sériové kombinaci kondenzátorů o kapacitách $C_1 = 1600\ \mu\text{F}$ a $C_2 = 400\ \mu\text{F}$ je připojen paralelně třetí kondenzátor s kapacitou $C_3 = 760\ \mu\text{F}$. K této sestavě kondenzátorů je připojen čtvrtý kondenzátor s kapacitou $C_4 = 4\ \text{mF}$ sériově. Obvod je připojen ke zdroji napětí 20 V. Určete: a) kapacitu celého obvodu, b) napětí na kondenzátoru s kapacitou C_4, c) náboj na kondenzátoru s kapacitou C_3.

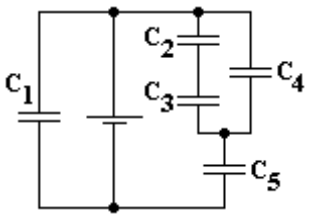
V: $800\ \mu\text{F}$; 4 V; 12,2 mC

1.61 Tři stejné deskové kondenzátory mají vzdálenost elektrod *d* a obsah těchto elektrod je *S*. Jakou a) vzdálenost, b) plochu, c) dielektrickou výplň by musely mít elektrody jednoho kondenzátoru, aby kapacita tohoto jediného kondenzátoru byla rovna kapacitě 1) paralelní, 2) sériové kombinace všech tří uvažovaných kondenzátorů?

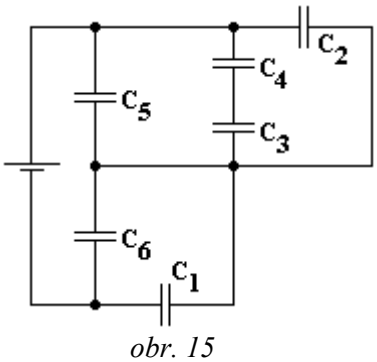
V: 1) a) $\frac{d}{3}$; b) $3S$; c) $\varepsilon_r = 3$; 2) a) $3d$; $\frac{S}{3}$; nelze



obr. 13



obr. 14



obr. 15

1.62 Sestava na obr. 14 je připojena ke zdroji napětí $10\ V$ a každý z pěti kondenzátorů má kapacitu $10\ \mu F$. Jaký náboj je na kondenzátoru s kapacitou a) C_1, b) C_2? c) Jaké napětí je na kondenzátoru C_5?

V: a) $100\ \mu C$; b) $20\ \mu C$; c) $6\ V$

1.63 Určete výslednou kapacitu sestavy kondenzátorů, jejíž schéma je na obr. 15. Vypočítejte celkový náboj této sestavy kondenzátorů, je-li napětí zdroje $20\ V$. Určete náboj a napětí na kondenzátoru

s kapacitou C_1, C_2 a C_3. Kapacity jednotlivých kondenzátorů jsou: $C_1 = C_6 = 3\ \mu F$, $C_2 = C_5 = 2\ \mu F$, $C_3 = C_4 = 4\ \mu F$.

V: $30\ \mu C$; $20\ \mu C$; $20\ \mu C$; $10\ V$; $10\ V$; $5\ V$

1.64 Kondenzátory na obr. 16 o kapacitách $C_1 = 1\ \mu F$ a $C_2 = 3\ \mu F$ jsou nabity každý na napětí $100\ V$, ale s opačnou polaritou elektrod. Jaké napětí bude mezi body *A* a *B* po zapnutí spínačů S_1 a S_2? Jak velký náboj bude na kondenzátoru s kapacitou C_1 a jak velký na kondenzátoru s kapacitou C_2?

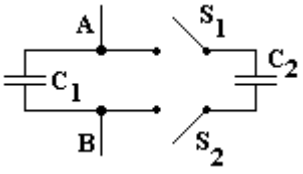
V: $50\ V$; $50\ \mu C$; $150\ \mu C$

1.65 Baterie na obr. 17 dává napětí $12\ V$. Určete náboje na kondenzátorech, jestliže a) je zapnut pouze spínač S_1, b) jsou zapnuty oba spínače S_1 a S_2. Kapacity kondenzátorů jsou $C_1 = 1\ \mu F$, $C_2 = 2\ \mu F$, $C_3 = 3\ \mu F$ a $C_4 = 4\ \mu F$.

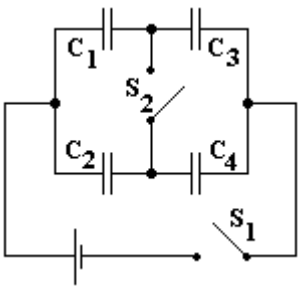
V: a) $9\ \mu C$; $16\ \mu C$; $9\ \mu C$; $16\ \mu C$; b) $8{,}4\ \mu C$; $16{,}8\ \mu C$; $10{,}8\ \mu C$; $14{,}4\ \mu C$

1.66 Jaká je kapacita kondenzátoru s elektrodami o obsahu *S*, který je znázorněn na obr. 18?

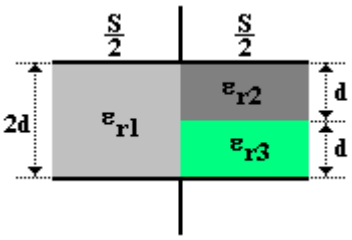
V: $C = \dfrac{\varepsilon_0 S\left[2\varepsilon_{r2}\varepsilon_{r3} + \varepsilon_{r1}\left(\varepsilon_{r2} + \varepsilon_{r3}\right)\right]}{4d\left(\varepsilon_{r2} + \varepsilon_{r3}\right)}$



obr. 16



obr. 17



obr. 18

1.67 Určitý materiál má relativní permitivitu 2,8 a dielektrickou pevnost $18\ MV.m^{-1}$. Tento materiál je použit jako dielektrikum v deskovém kondenzátoru. Jaký minimální obsah musí mít elektrody kondenzátoru, aby měl kapacitu $7.10^{-2}\ \mu F$ a vydržel přitom bez elektrického průrazu napětí $4\ kV$.

V: $0{,}63\ m^2$

1.68 Vzduchový kondenzátor má kapacitu $1{,}3\ pF$. Zdvojnásobení vzdálenosti jeho elektrod a současné vložení vosku mezi ně vede ke zvětšení jeho kapacity na $2{,}6\ pF$. Určete relativní permitivitu vosku.

V: 4

1.69 Deskový kondenzátor bez dielektrika o kapacitě $1{,}0\ \mu F$ byl nabit na napětí $50\ V$ a odpojen od zdroje. Jak se změní napětí na tomto kondenzátoru, zdvojnásobíme-li vzdálenost mezi jeho deskami? Jak se změní elektrická energie kondenzátoru? Koná při oddálení desek kondenzátor práci na svém okolí?

V: dvakrát vzroste; dvakrát vzroste; práci koná okolí

1.70 Vzduchový kondenzátor o kapacitě $7{,}4\ pF$ má zvětšit svou kapacitu tak, aby akumuloval energii $7{,}4\ \mu J$ při napětí $652\ V$. Jakou relativní permitivitu musí mít dielektrikum, se kterým je možné požadované energie dosáhnout?

V: 4,7

1.71 Kondenzátor je nabit na napětí *U*. O kolik procent je nutno zvýšit toto napětí, má-li se zvýšit jeho energie o 10 %?

V: o 4,9 %

1.72 Deskový vzduchový kondenzátor o ploše elektrod $40\ cm^2$ a jejich vzájemné vzdálenosti $1\ mm$ je nabit na napětí $600\ V$. Určete kapacitu kondenzátoru, velikost náboje na každé z elektrod, jeho energii a intenzitu elektrického pole mezi deskami.

V: $35{,}4\ pF$; $212{,}4\ nC$; $63{,}72\ \mu J$; $0{,}6\ V.m^{-1}$

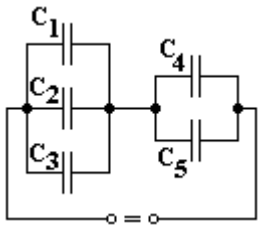
1.73 Kondenzátor o kapacitě $100\ pF$ je nabit na napětí $50\ V$ a poté odpojen od nabíjecí baterie. Nabitý kondenzátor je paralelně připojen k jinému, nenabitému kondenzátoru. Jaká je kapacita tohoto

kondenzátoru, jestliže napětí na spojených kondenzátorech kleslo na $35\,V$? Jak se změnila energie soustavy kondenzátorů před a po spojení? Vysvětlete.

V: $42{,}86\ pF$; $37{,}45\ nJ$

1.74 Síť kondenzátorů je zapojena podle obr. 19 tak, že jednotlivé kondenzátory mají tyto kapacity: $C_1 = 6\ \text{nF}$, $C_2 = 4000\ \text{pF}$, $C_3 = 2\ \text{nF}$, $C_4 = 5000\ \text{pF}$ a $C_5 = 3\ \text{nF}$. Určete kapacitu kondenzátoru, kterým lze tuto síť nahradit tak, aby se obvod choval jako v původním zapojení. Jaké musí být napětí zdroje, aby tento nový kondenzátor měl energii $2{,}4.10^{-7}\ \text{J}$?

V: $4{,}8\ \text{nF}$; $10\ \text{V}$



obr. 19

1.75 Blok paralelně spojených kondenzátorů o kapacitách $5\ \mu F$ se používá k akumulování elektrické energie. Kolik stojí nabití 2000 kondenzátorů v bloku na napětí $50\ kV$ při sazbě 1,75 Kč za $1\ kW.h$?

V: $6{,}08\ Kč$

2. <u>Elektrický proud a jeho vedení v kovech, polovodičích, kapalinách a plynech</u>

2.1 Průřezem vodiče prošel náboj 0,8 mC za dobu 20 ms. Jaký elektrický proud naměřil ampérmetr připojený k vodiči?

V: 40 mA

2.2 Elektrický proud 500 mA prochází měděným vodičem s průřezem $0{,}5\ \text{mm}^2$. Jak velkou rychlostí se elektrony v měděném vodiči pohybují? Hustota mědi je $8940\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a relativní atomová hmotnost je 63,5.

V: $7{,}4\cdot10^{-5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

2.3 Zemská atmosféra je neustále bombardována protony kosmického záření z vesmíru. Pokud by všechny protony prošly atmosférou, dopadalo by na každý čtvereční metr povrchu Země zhruba 1500 protonů za sekundu. Jaký by byl odpovídající proud?

V: $2{,}7.10^{-16}\ A$

2.4 Vláknem stowattové žárovky, připojené ke stejnosměrnému zdroji napětí $120\ V$, prochází stálý proud $0{,}83\ A$. Za jak dlouho projde vláknem žárovky jeden mol elektronů?

V: $32{,}28\ h$

2.5 Dvanáctivoltová automobilová baterie může dodat celkový náboj $8\ A.h$ do elektrického obvodu automobilu. Jak velký je tento náboj v coulombech? Jak velká energie je nahromaděna v baterii?

V: $28{,}8\ kC$; $345{,}6\ kJ$

2.6 Během komorové fibrilace přestanou srdeční komory pumpovat krev, protože stahy a uvolnění jejich svalových vláken přestanou být koordinovány. Pacienta lze však zachránit, když jeho srdeční sval dostane elektrický šok. Hrudní dutinou pacienta musí projít elektrický proud asi $20\ A$ a přenést přibližně $200\ J$ elektrické energie v průběhu asi $2\ ms$. Jaký náboj projde při defibrilace tělem pacienta? Jaký výkon zdroje tomu odpovídá? Jaké zařízení pro nahromadění takové energie je možné použít? Určete kvantitativně jeho charakteristiku.

V: $40\ mC$; $100\ kW$; $4\ \mu F$

2.7 Rezistor o odporu $1{,}5\ \text{k}\Omega$ je připojen ke zdroji napětí 4,5 V. Jaký elektrický náboj projde rezistorem za půl minuty?

V: 900 mC

2.8 Jaký odpor má $1\ m$ dlouhý vodič s obsahem průřezu $10\ mm^2$, je-li vyrobený a) z mědi, b) z hliníku. Měrný odpor mědi je $1{,}8.10^{-8}\ \Omega.m$, měrný odpor hliníku je $2{,}7.10^{-8}\ \Omega.m$.

V: a) $1{,}8\ m\Omega$; b) $2{,}7\ m\Omega$

2.9 Kolik metrů drátu z chrómniklu s plošným obsahem průřezu $0{,}1\,mm^2$ je nutno navinout na cívku, aby měla odpor $10\,k\Omega$? Měrný odpor chrómniklu je $1{,}1.10^{-6}\ \Omega.m$.

V: $909{,}1\,m$

2.10 Určete průřez wolframového drátku délky 5 cm nacházejícího se v žárovičce určené pro napětí 4,5 V a elektrický proud 250 mA. Měrný odpor wolframu je $5{,}4\cdot10^{-2}\ \mu\Omega\cdot\mathrm{m}$.

V: $1{,}5\cdot10^{-10}\ \mathrm{m}^2$

2.11 V reostatu je nutno vyměnit konstantanový drát průměru $0{,}4\,mm$. Celkový odpor reostatu má být $105\,\Omega$. Průměr válce reostatu je $5\,cm$. Jak dlouhý vodič bude potřeba a jakou délku budou zabírat závity na dutině reostatu? Kolik těchto závitů bude? Měrný odpor konstantanu je $5.10^{-7}\ \Omega.m$.

V: $26{,}37\,m$; $0{,}21\,m$; 524

2.12 Určete měrný elektrický odpor stříbra, mědi, hliníku a konstantanu, jestliže vodiče se stejným odporem $1\,\Omega$ a s obsahem průřezu $1\,mm^2$ musí mít v případě stříbra délku $62{,}5\,m$, v případě mědi $55{,}6\,m$, v případě hliníku $37\,m$ a v případě konstantanu $2\,m$.

V: $1{,}6.10^{-8}\ \Omega.m$; $1{,}8.10^{-8}\ \Omega.m$; $2{,}7.10^{-8}\ \Omega.m$; $5.10^{-7}\ \Omega.m$

2.13 Jaká je hmotnost měděného drátu délky $1\,km$, je-li jeho odpor $5{,}735\,\Omega$? Měrný odpor mědi je $1{,}8.10^{-8}\ \Omega.m$ a její hustota $8930\ kg.m^{-3}$.

V: $28\,kg$

2.14 Vodič o odporu *R* je v polovině přetržen a obě poloviny jsou spleteny dohromady. Jaký je nyní jeho odpor? Zdůvodněte.

V: $0{,}25R$

2.15 Dva měděné dráty mají stejnou hmotnost. První je ale třikrát delší než druhý. V jakém poměru jsou jejich elektrické odpory?

V: $R_1 = 9R_2$

2.16 Z přímého vodiče délky *l* a s konstantním průřezem jsme oddělili část o délce *x* a zapojili jí paralelně a) s původním vodičem, b) se zbytkem vodiče po oddělení části délky *x*. Jak dlouhá musí být oddělená část vodiče, aby výsledný odpor uvažovaného paralelního zapojení klesl na třetinu původní hodnoty odporu celého vodiče?

V: a) $x = 0{,}5l$; b) nelze

2.17 Ve dvoužilovém měděném kabelu s měrným odporem $1{,}8.10^{-8}\ \Omega.m$, délky $722\,m$ a průřezu $10\,mm^2$ každého z vodičů došlo v neznámém místě k poškození izolace a tedy k vodivému kontaktu vodičů o odporu R_Z. Změřením odporu mezi oběma vodiči na začátku kabelu byla zjištěna hodnota $3\,\Omega$, na konci kabelu $2\,\Omega$. a) V jaké vzdálenosti od začátku kabelu je dotyk? b) Jaký je odpor R_Z?

V: a) $500\,m$; b) $1{,}2\,\Omega$

2.18 Platinový teploměr má při teplotě $0°\,C$ odpor $500\,\Omega$. Odpor teploměru v rozpálené peci je $3600\,\Omega$. Jaká je teplota v peci? Teplotní součinitel elektrického odporu platiny je $3{,}6.10^{-3}\ K^{-1}$.

V: $1722{,}2°\,C$

2.19 Na jakou teplotu je třeba ohřát měděný vodič, který měl původně teplotu $20°\,C$, aby se jeho odpor zdvojnásobil? Teplotní součinitel elektrického odporu mědi je $4.10^{-3}\ K^{-1}$.

V: $270°\,C$

2.20 Vypočítejte, o kolik stupňů Celsia se zvýšila teplota měděného vinutí elektromotoru připojeného ke zdroji napětí $18\,V$, jestliže jeho odpor při teplotě $20°\,C$ byl $9\,\Omega$ a při zvýšené teplotě je $12\,\Omega$. Jak a o kolik se během ohřevu změnil proud, který vodičem procházel? Teplotní součinitel elektrického odporu mědi je $4.10^{-3}\ K^{-1}$.

V: $83{,}3°\,C$; klesne o $0{,}5\,A$

2.21 Určete teplotní součinitel odporu kovového vodiče, jestliže se jeho odpor po ohřátí o 20 °C zvětší o 8 % původní hodnoty. O kolik procent původní hodnoty a jak se přitom změní proud procházející tímto vodičem, který je připojen ke zdroji stálého napětí *U*?

V: $0{,}004\ \mathrm{K}^{-1}$, klesne o 7,4 %

2.22 Určete změnu teploty železného vodiče připojeného ke zdroji stálého napětí, jestliže se elektrický proud jím tekoucí se snížil o 25 % původní hodnoty. Součinitel teplotní závislosti odporu železa je $6 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$.

V: $55,6\ °\mathrm{C}$

2.23 Relé má 20000 závitů s průměrnou délkou $4,6\ cm$. Průměr měděného drátu je $3\ mm$. Jak velký proud jím protéká při stejnosměrném napětí $24\ V$? Měrný odpor mědi je $1,8.10^{-8}\ \Omega.m$.

V: $10,2\ A$

2.24 Jaký je měrný odpor materiálu vodiče, je-li jeho délka $80\ cm$, průměr $0,6\ mm$ a při stejnosměrném napětí $0,56\ V$ jím prochází proud $2\ A$?

V: $9,8.10^{-8}\ \Omega.m$

2.25 Měděný vodič délky 314 m o průměru 1 mm je připojen ke zdroji napětí 3,2 V. Jaký proud jím prochází? Měrný odpor mědi je $1,7.10^{-8}\ \Omega.\mathrm{m}$.

V: 0,47 A

2.26 Jestliže ve vodiči s obsahem průřezu $10\ mm^2$ vytvoříme elektrické pole s intenzitou $0,4\ V.m^{-1}$, volné elektrony ve vodiči se pohybují tak, že vodičem prochází proud $23,5\ A$. Jaký je měrný odpor vodiče? Z jakého materiálu je vodič vyrobený?

V: $1,73.10^{-7}\ \Omega.m$

2.27 Jaké napětí musí mít zdroj napájení zvonku, jestliže je zvonek připojený pomocí $50\ m$ dlouhého měděného vodiče s průměrem $0,9\ mm$ a je-li odpor zvonku $6\ \Omega$? Proud, který je nutný ke spuštění zvonku, je $0,35\ A$. Měrný odpor mědi je $1,8.10^{-8}\ \Omega.m$.

V: $2,6\ V$

2.28 Železná trubka vnějšího průměru $34\ mm$ a vnitřního průměru $26\ mm$ je rozmrazována elektrickým proudem z rozmrazovacího transformátoru. Napětí mezi body, v nichž je zdroj připojen, je $6\ V$ a protékající proud je $1450\ A$. Určete délku rozmrazované trubky, je-li měrný odpor železa $1,2.10^{-7}\ \Omega.m$.

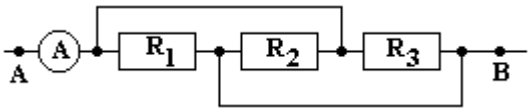
V: $12,9\ m$

2.29 Jaký údaj bude ukazovat ampérmetr v elektrickém obvodu, jehož schéma je na obr. 20, jestliže napětí mezi body *A* a *B* je $1\ V$? Hodnoty odporů jednotlivých rezistorů jsou: $R_1 = R_2 = R_3 = 3\ \Omega$.

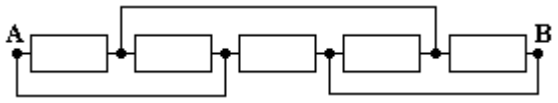
V: 1 A

2.30 Určete výsledný odpor mezi A a B sestavy pěti stejných rezistorů o odporech *R* zapojených podle obr. 21. Odpory spojovacích vodičů jsou zanedbatelné.

V: $0,5R$



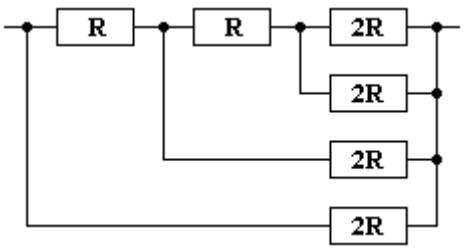
obr. 20



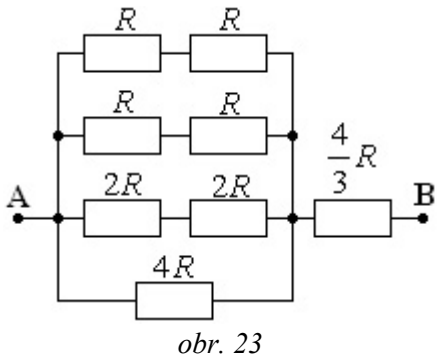
obr. 21

2.31 Vypočítejte celkový odpor obvodu znázorněného na obr. 22.

V: R



obr. 22



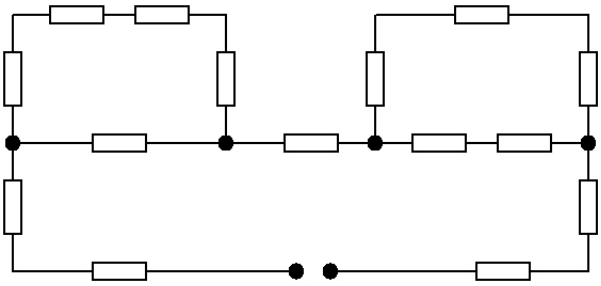
obr. 23

2.32 Určete celkový odpor sítě mezi uzly *A* a *B* na obr. 23.

V: $2R$

2.33 Určete celkový odpor zapojení rezistorů podle schématu na obr. 24. Každý z rezistorů má odpor R.

V: $7R$



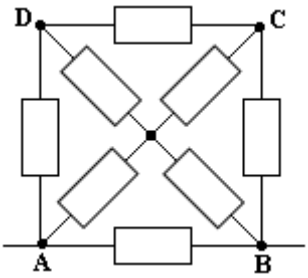
obr. 24

2.34 Určete celkový odpor vodivého útvaru ve tvaru čtverce s úhlopříčkami zapojenými do obvodu tak, jak ukazuje obr. 25. Odpor každého rezistoru je R.

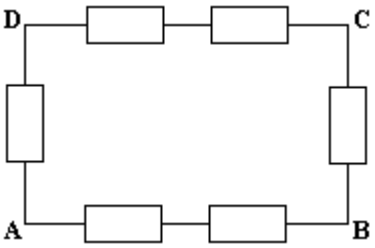
V: $\frac{8}{15}R$

2.35 Je dána síť spojených rezistorů o odporu R spojených podle obr. 26. a) Určete odpory R_{AB}, R_{AC} a R_{AD} mezi vyznačenými body sítě. b) Jak se změní odpory R_{AB}, R_{AC} a R_{AD}, spojíme-li body A a C vodičem zanedbatelně malého odporu?

V: a) $R_{AB}=\frac{4}{3}R$; $R_{AC}=\frac{3}{2}R$; $R_{AD}=\frac{5}{6}R$; b) $R_{AB}=\frac{2}{3}R$; $R_{AC}=0$; $R_{AD}=\frac{2}{3}R$



obr. 25



obr. 26

2.36 Drátěný čtverec ABCD o délce strany 100 cm má odpor každé strany $12\,\Omega$. Jeho úhlopříčka AC má odpor $18\,\Omega$. Tento čtverec připojíme třemi možnými způsoby ke zdroji o napětí 3 V (zdroj postupně připojíme ke dvojicím bodů A-B, A-C a A-D). Nakreslete elektrické schéma pro každé z uvedených zapojení. Jaký je výsledný odpor ve všech třech zapojeních? Jaký proud prochází obvodem při jednotlivých zapojeních?

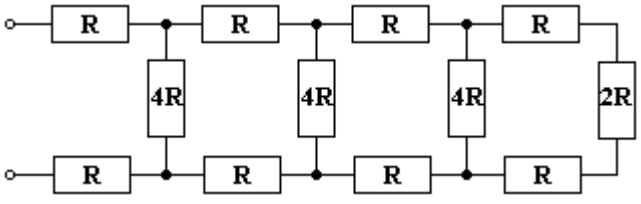
V: $7{,}8\,\Omega$; 0,38 A; $7{,}2\,\Omega$; 0,42 A; $7{,}8\,\Omega$; 0,38 A

2.37 Odpor dvou rezistorů spojených paralelně je $\frac{1}{7}\,\Omega$. Spojíme-li tytéž dva rezistory za sebou, je jejich celkový odpor roven $0{,}7\,\Omega$. Vypočtěte odpory obou rezistorů.

V: $0{,}5\,\Omega$; $0{,}2\,\Omega$

2.38 Určete výsledný odpor sítě, jejíž schéma je na obr. 27.

V: $4R$



obr. 27

2.39 Výsledný odpor čtyř stejných paralelně spojených žárovek je R. Určete odpor jedné žárovky.

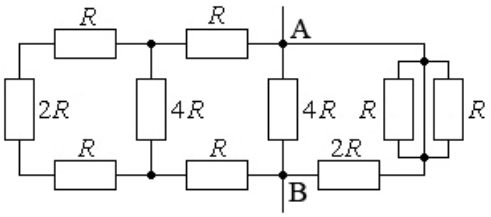
V: $4R$

2.40 Určete celkový odpor sítě mezi uzly A a B na obr. 28.

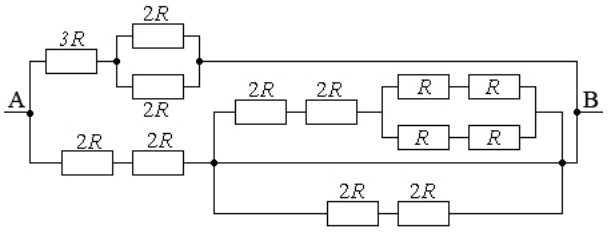
V: R

2.41 Určete celkový odpor sítě mezi uzly A a B na obr. 29.

V: $2R$



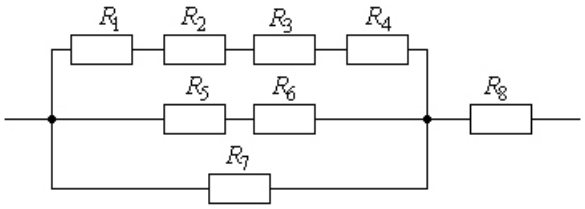
obr. 28



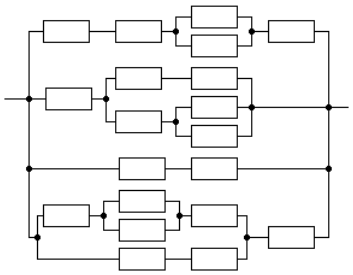
obr. 29

2.42 Určete výsledný odpor sítě rezistorů, jejíž schéma je zobrazené na obr. 30. Hodnoty odporů rezistorů jsou: $R_1 = 100\,\Omega$, $R_2 = R_3 = 200\,\Omega$, $R_4 = 400\,\Omega$, $R_5 = 300\,\Omega$, $R_6 = 600\,\Omega$, $R_7 = 900\,\Omega$ a $R_8 = 400\,\Omega$.

V: $700\,\Omega$



obr. 30



obr. 31

2.43 Určete výsledný odpor soustavy rezistorů, z nichž každý má odpor *R*. Schéma zapojení je na obr. 31.

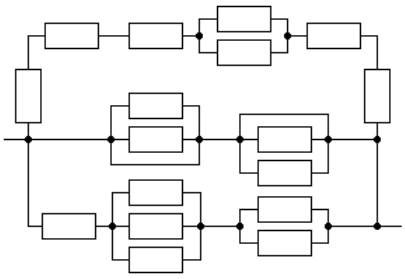
V: $\frac{3458}{6217}R$

2.44 Určete výsledný odpor soustavy rezistorů, jejíž schéma je zobrazené na obr. 32. Každý z rezistorů má odpor *R*.

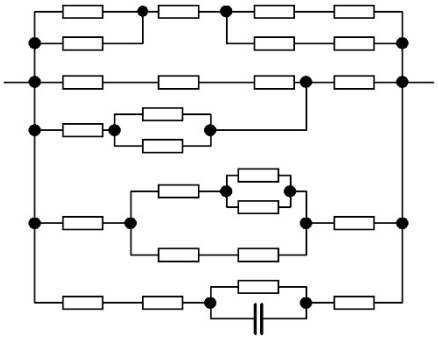
V: 0

2.45 Určete celkový odpor obvodu, jehož schéma je zobrazeno na obr. 33, je-li odpor všech rezistorů *R* a kapacita kondenzátoru je *C*.

V: $\frac{2}{3}R$



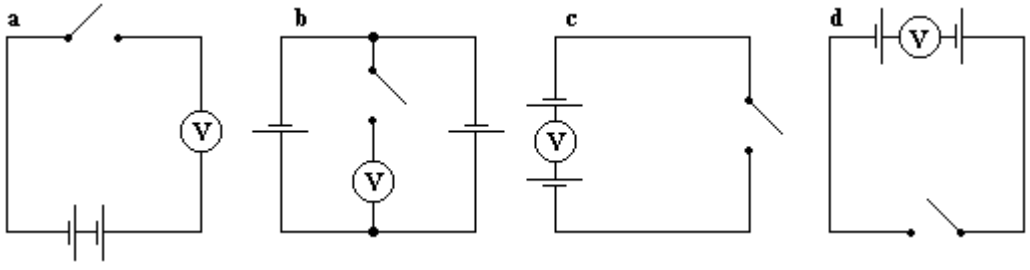
obr. 32



obr. 33

2.46 Uvažujme dva stejné akumulátory, které jsou spojeny podle obr. 34a až obr. 34d. Jak jsou akumulátory v jednotlivých případech zapojeny? Jaké napětí ukazuje voltmetr při zapnutí vypínače, je-li elektromotorické napětí jednoho akumulátoru rovno U_e?

V: a) $2U_e$; b) U_e; c) 0; d) $2U_e$



obr. 34

2.47 Dva identické voltmetry jsou zapojeny v sérii. Po připojení ke zdroji proudu ukazuje každý z nich napětí $U_1 = 4,5\,V$. Jeden z těchto voltmetrů připojený samostatně ke svorkám zdroje proudu ukazuje napětí $U_2 = 8\,V$. Jaké je elektromotorické napětí U_e zdroje proudu? Řešte nejdříve obecně, pak pro zadané hodnoty.

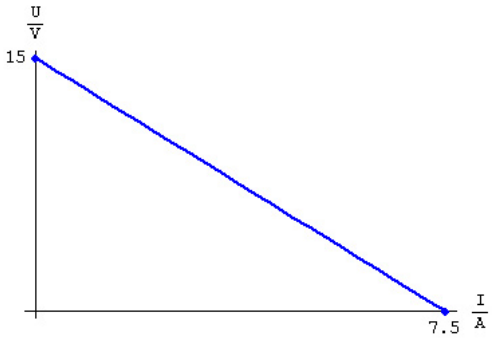
V: $U_e = \dfrac{U_1 U_2}{U_2 - U_1} = 10,3\,V$

2.48 Ke zdroji napětí, jehož voltampérová charakteristika je zobrazen na obr. 35, je připojen rezistor o odporu $10\,\Omega$. Určete elektromotorické napětí zdroje, svorkové napětí, vnitřní odpor zdroje, zkratový proud zdroje a proud, který právě prochází obvodem.

V: 15 V; 12,5 V; $2\,\Omega$; 7,5 A; 1,25 A

2.49 Dva sériově spojené zdroje napětí s elektromotorickými napětími 7,4 V a 5 V a s vnitřními odpory $1\,\Omega$ a $2\,\Omega$ tvoří baterii. K ní je připojena paralelní kombinace rezistorů s odpory $4\,\Omega$ a $16\,\Omega$. Určete svorkové napětí baterie a proud procházející obvodem.

V: 6,4 V; 2 A



obr. 35

2.50 Jak je třeba spojit tři stejné akumulátory s elektromotorickým napětím $2\,V$ a s vnitřním odporem $0,2\,\Omega$, aby po připojení vnějšího rezistoru o odporu $0,6\,\Omega$ jím procházel největší proud? Určete tento proud.

V: sériově; $5\,A$

2.51 Automobilová baterie má vnitřní odpor $0,03\,\Omega$. Při odběru proudu $40\,A$ je svorkové napětí tohoto zdroje $11,2\,V$. Určete jeho napětí naprázdno (nezatížený zdroj) a proud nakrátko (zkratový proud). Zakreslete zatěžovací charakteristiku zdroje (závislost svorkového napětí na odebíraném proudu - zatížení zdroje).

V: $12,4\,V$; $413,3\,A$

2.52 V obvodu s baterií s elektromotorickým napětím $16\,V$ prochází proud $1,6\,A$ a na jejích pólech je napětí $12,8\,V$. Jaký je vnitřní odpor baterie? Jaký je odpor spotřebiče připojeného k baterii?

V: $2\,\Omega$; $8\,\Omega$

2.53 Tři sériově zapojené zdroje, z nichž každý má vnitřní odpor $1\,\Omega$, tvoří baterii připojenou ke spotřebiči o odporu $27\,\Omega$, kterým prochází proud $500\,\text{mA}$. Určete elektromotorické a svorkové napětí baterie a zkratový proud jednoho zdroje.

V: 15 V; 13,5 V; 5 A

2.54 Kolik olověných akumulátorů je třeba zapojit za sebou, aby při vnějším odporu $100\,\Omega$ procházel obvodem proud $0,1\,A$. Každý akumulátor má elektromotorické napětí $2\,V$ a vnitřní odpor $0,01\,\Omega$. Jaký je zkratový proud jednoho akumulátoru? Jaký je zkratový proud právě spočteného počtu za sebou zapojených akumulátorů?

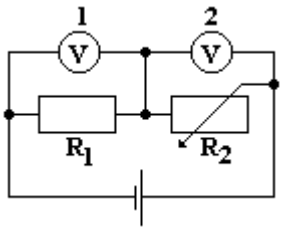
V: 5; $200\,A$; $200\,A$

2.55 Jestliže jsou dva stejné galvanické články spojené sériově, protéká k nim připojeným rezistorem s odporem $5,5\,\Omega$ proud 1,6krát větší než při paralelním zapojení článků. Určete vnitřní odpor jednoho galvanického článku.

V: $1\,\Omega$

2.56 Jak se změní v obvodu na obr. 36 údaje voltmetrů, zvětší-li se odpor reostatu R_2?

V: U_1 klesne, U_2 vzroste



obr. 36

2.57 Voltmetr má při měřícím rozsahu $1\,V$ vnitřní odpor $1\,k\Omega$. Jaký odpor musí mít rezistor a jak je třeba tento rezistor připojit, aby se měřící rozsah voltmetru zvětšil na $100\,V$?

V: $99\,k\Omega$

2.58 Voltmetrem s vnitřním odporem $50\,\mathrm{k}\Omega$ může procházet maximální proud 0,5 mA, aniž by se přístroj poškodil. Na jaké napětí je přístroj konstruován? Jaké maximální napětí s ním lze měřit, připojíme-li k němu obvyklým způsobem rezistor o odporu $30\,\mathrm{k}\Omega$? Jak je tento rezistor připojen?

V: 25 V; 40 V

2.59 Ampérmetr s rozsahem do $50\,mA$ má vnitřní odpor $0,2\,\Omega$. Jaký odpor musí mít rezistor a jak je třeba tento rezistor připojit, aby bylo možné měřit proudy do $1\,A$?

V: $0,01\,\Omega$

2.60 Připojením bočníku s odporem $2,8\,\Omega$ byl upravený rozsah ampérmetru z $5,6\,A$ na $6\,A$. Určete vnitřní odpor ampérmetru.

V: $0,2\,\Omega$

2.61 Vodič s odporem $100\,\Omega$ je připojený na stálé napětí. Do obvodu zapojený ampérmetr s vnitřním odporem $1\,\Omega$ ukazuje proud $5\,A$. Jaký proud procházel vodičem před zapojením ampérmetru?

V: $5,05\,A$

2.62 Voltmetrem s vnitřním odporem $500\,\Omega$ prochází při plné výchylce proud 2 mA. Jaký odpor musí mít rezistor a jak musí být zapojen, aby bylo možno uvažovaným voltmetrem měřit napětí do 300 V?

V: $149,5\,k\Omega$

2.63 Miliampérmetr se stupnicí od 0 mA do 15 mA má odpor $5\,\Omega$. Jak je možné z něj udělat přístroj na měření proudů do 0,15 A? A jak přístroj na měření napětí do 150 V?

V: $0,5\,\mathrm{m}\Omega$; $9995\,\Omega$

2.64 Voltmetru s vnitřním odporem $200\,\mathrm{k}\Omega$ byl standardně zapojeným rezistorem o odporu $50\,\mathrm{k}\Omega$ zvětšen rozsah na 50 V. Jaký byl původní rozsah voltmetru? Jaký elektrický proud voltmetr vydrží, aniž se zničí?

V: 40 V; 0,2 mA

2.65 Ke spotřebiči zapojenému do elektrického obvodu je připojeno paralelně sériové zapojení voltmetru a rezistoru o odporu $400\,\Omega$. Na spotřebiči je napětí 50 V a voltmetr ukazuje napětí 49,8 V. Jaký je odpor voltmetru?

V: $99,6\,\mathrm{k}\Omega$

2.66 Dva voltmetry se stejnými měřícími rozsahy do $220\,V$, ale s různými vnitřními odpory, a to $17300\,\Omega$ a $5200\,\Omega$, jsou zapojeny do série a připojeny ke zdroji napětí $220\,V$. Jaké budou výchylky na obou voltmetrech?

V: $169,16\,V$; $50,84\,V$

2.67 Na obr. 37 je znázorněno schéma, na kterém jsou zapojeny rezistory o odporech $R_1 = 12\,\Omega$, $R_2 = 8\,\Omega$ a $R_3 = 5\,\Omega$. Žárovka má parametry 4,5 V/0,3 A. Určete napětí zdroje a proud procházející rezistorem o odporu R_3.

V: 5,7 V ; 0,24 A

2.68 Jaký maximální elektrický proud vydrží žárovka určená na elektrické napětí 4,5 V, jestliže je připojena ke zdroji stejnosměrného elektrického napětí 8 V přes ochranný rezistor o odporu $14\,\Omega$?

V: 250 mA

2.69 Dva paralelně spojené rezistory o odporech $100\,\Omega$ a $400\,\Omega$ jsou připojeny sériově k žárovce s parametry 5 V/0,6 A. Určete napětí zdroje, k němuž je tento obvod připojen, jestliže žárovka normálně svítí. Jaké napětí je na rezistoru o menším odporu? Jaký proud teče druhým rezistorem?

V: 53 V; 48 V; 0,12 A

2.70 Obvod je tvořen zdrojem a dvěma paralelně spojenými rezistory o odporech $R_1 = 12\,\Omega$ a $R_2 = 8\,\Omega$, k nimž je připojen sériově třetí o odporu $R_3 = 1,2\,\Omega$. Rezistorem o odporu R_1 prochází proud $0,25\,A$. Určete celkový odpor obvodu, napětí na rezistoru R_2 a svorkové napětí zdroje.

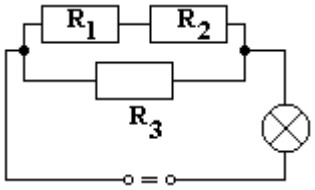
V: $6\,\Omega$; $3\,V$; $3,75\,V$

2.71 K sériovému zapojení rezistorů o odporech $200\,\Omega$ a $400\,\Omega$ je paralelně připojen rezistor o odporu $400\,\Omega$. Celá tato sestava je připojena přes ochranný rezistor ke zdroji napětí 15 V, přičemž ochranným rezistorem teče elektrický proud 25 mA. Určete odpor ochranného rezistoru, napětí na tomto rezistoru a proud procházející rezistorem o odporu $200\,\Omega$.

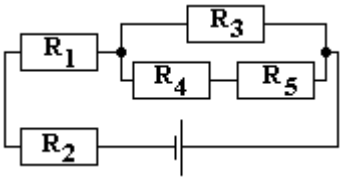
V: $360\,\Omega$; 9 V; 10 mA

2.72 K paralelní kombinaci rezistoru o odporu $R_3 = 40\,\Omega$ a sériového spojení rezistorů o odporech $R_1 = 90\,\Omega$ a $R_2 = 70\,\Omega$ je připojen rezistor neznámého odporu. Celá síť je připojena ke zdroji napětí 9 V a rezistorem s neznámým odporem přitom prochází proud 0,15 A. Určete: a) celkový odpor obvodu, b) odpor neznámého rezistoru, c) napětí na rezistoru o odporu R_2 a d) proud procházející rezistorem o odporu R_3.

V: a) $60\,\Omega$; b) $28\,\Omega$; c) 2,1 V; d) 0,12 A



obr. 37



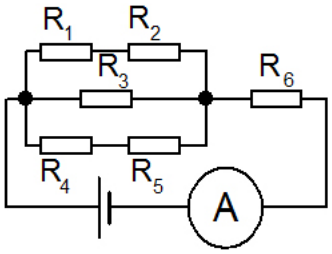
obr. 38

2.73 Na obr. 38 je znázorněno zapojení rezistorů o odporech $R_1 = 5\,\Omega$, $R_3 = 15\,\Omega$, $R_4 = 3\,\Omega$ a $R_5 = 7\,\Omega$, které jsou připojeny ke zdroji stejnosměrného napětí 40 V. Rezistorem o odporu R_2 přitom prochází proud 2 A. Určete výsledný odpor rezistoru, kterým je možné uvedenou síť ekvivalentně nahradit, napětí na rezistoru s odporem R_1, napětí na rezistoru s odporem R_3 a proud procházející rezistorem o odporu R_3.

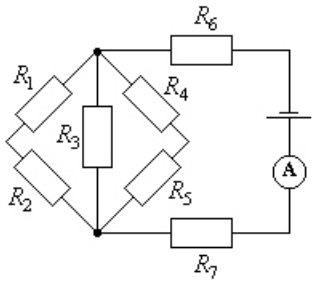
V: $20\,\Omega$; 10 V; 12 V; 0,8 A

2.74 Na obr. 39 je zobrazeno schéma elektrického obvodu. Jednotlivé rezistory mají tyto odpory: $R_1 = 100\,\Omega$, $R_2 = 800\,\Omega$, $R_3 = 900\,\Omega$, $R_4 = 500\,\Omega$, $R_5 = 400\,\Omega$ a $R_6 = 200\,\Omega$. Ampérmetrem prochází elektrický proud 30 mA. Určete: napětí zdroje, napětí na rezistoru s odporem R_3, elektrický proud procházející rezistorem s odporem R_3, napětí na rezistoru s odporem R_1 a elektrický proud procházející rezistorem s odporem R_1.

V: 15 V; 9 V; 10 mA; 1 V; 10 mA



obr. 39



obr. 40

2.75 Určete celkový odpor rezistorů zapojených v obvodu, jehož schéma je zobrazeno na obr. 40. Hodnoty odporů jednotlivých rezistorů jsou: $R_1 = 600\,\Omega$, $R_2 = 300\,\Omega$, $R_3 = 900\,\Omega$, $R_4 = 500\,\Omega$, $R_5 = 400\,\Omega$, $R_6 = 60\,\Omega$ a $R_7 = 40\,\Omega$. Napětí zdroje je 12 V. Jaký proud prochází ideálním ampérmetrem v obvodu?

V: $400\,\Omega$; 0,03 A

2.76 Ke zdroji stejnosměrného napětí $24\,\mathrm{V}$ připojíme rezistory s odpory $R_1 = 2\,\Omega$, $R_2 = 4\,\Omega$ a $R_3 = 6\,\Omega$. Rezistory spojíme a) všechny sériově, b) rezistory s odpory R_1 a R_2 sériově a k nim rezistor s odporem R_3 paralelně. V obou případech načrtněte schéma zapojení a určete: výsledný odpor zapojení, proudy tekoucí jednotlivými rezistory a napětí na jednotlivých rezistorech. Vnitřní odpor zdroje a odpory spojovacích vodičů jsou zanedbatelně malé ve srovnání s odpory uvažovaných rezistorů.

V: a) $12\,\Omega$; $I_1 = I_2 = I_3 = 2\,\mathrm{A}$; 4 V; 8 V; 12 V; b) $3\,\Omega$; $I_1 = I_2 = I_3 = 4\,\mathrm{A}$; 8 V; 16 V; 24 V

2.77 Elektrický spotřebič je konstruován na elektrické napětí 5 V a maximální elektrický proud 250 mA. K dispozici jsou zdroj napětí 9,5 V s proudem 1500 mA a (téměř) libovolné rezistory. Nakreslete schéma obvodu tak, aby mohl být uvažovaný spotřebič bez rizika poškození napájen popsaným zdrojem napětí. Vypočítejte charakteristiky dalších použitých součástek.

V: $3\,\Omega$; $4\,\Omega$

2.78 Když se rozsvítí světla automobilu, ampérmetr ukazuje proud $10\,A$ a voltmetr měří napětí $12\,V$ (viz obr. 41). Když se zapne elektrický startér, ampérmetr ukáže $8\,A$ a světla trochu pohasnou. Vnitřní odpor baterie je $0{,}05\,\Omega$ a odpor ampérmetru je zanedbatelný. Jaké je elektromotorické napětí baterie? Jaký proud prochází startérem při rozsvícených světlech?

V: $12{,}5\,V$; $50\,A$

2.79 Spotřebič o odporu $200\,\Omega$, který vydrží maximální elektrický proud 1,5 A, je připojen přes ampérmetr o odporu $5\,\Omega$ ke zdroji napětí. Voltmetr připojený ke spotřebiči má odpor $300\,\Omega$. Jaké napětí může mít maximálně zdroj? Jaký údaj ukáže voltmetr?

V: 312,5 V; 300 V

2.80 Obvod je tvořen zdrojem a dvěma paralelně spojenými rezistory o odporech $R_1 = 15\,\Omega$ a $R_2 = 60\,\Omega$, k nimž je připojen sériově třetí rezistor o odporu R_3. Svorkové napětí zdroje je $15\,V$ a obvodem prochází proud $0{,}5\,A$. Určete: a) celkový odpor obvodu, b) odpor rezistoru R_3, c) napětí na rezistoru o odporu R_1, d) proud procházející rezistorem R_2.

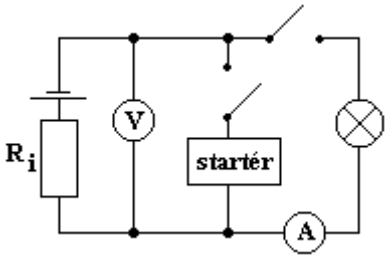
V: a) $30\,\Omega$; b) $18\,\Omega$; c) $6\,V$; d) $0{,}1\,A$

2.81 Dvě dvojice sériově spojených žárovek jsou zapojeny paralelně. Přes ochranný rezistor a ampérmetr jsou připojeny ke zdroji napětí 25 V. Na každé ze čtyř stejných žárovek je napětí 3,5 V a prochází jí elektrický proud 250 mA. Vypočtěte: odpor ochranného rezistoru, úbytek napětí na tomto rezistoru a údaj, který ukazuje ampérmetr.

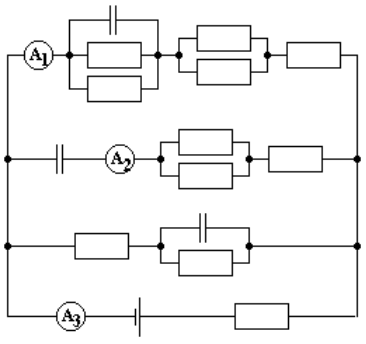
V: $36\,\Omega$; 18 V; 0,5 A

2.82 Určete výsledný odpor obvodu, který je sestavený z rezistorů o odporech *R*, kondenzátorů o kapacitách *C*, ideálních ampérmetrů a ideálního zdroje s napětím *U*. Dále určete proudy, které tečou jednotlivými ampérmetry. Schéma obvodu je zobrazené na obr. 42.

V: $2R$; $\frac{U}{4R}$; 0; $\frac{U}{2R}$



obr. 41



obr. 42

2.83 Osvětlení na vánočním stromečku je tvořeno dvaceti stejnými sériově spojenými žárovkami připojenými ke zdroji fázového napětí. První žárovkou, která je připojená přímo k elektrické síti, prochází elektrický proud 500 mA. Určete: a) napětí na jedné žárovce, b) odpor jedné žárovky, c) celkový odpor daného zapojení, d) elektrický proud procházející žárovkou, která je pátá v pořadí od zdroje napětí.

V: 11,5 V; $23\,\Omega$; $460\,\Omega$; 0,5 A

2.84 Vánoční osvětlení je připojeno k fázovému napětí a je tvořeno třiadvaceti stejnými paralelně zapojenými žárovkami. Žárovkou, která je zapojena nejdále od zdroje napětí, prochází elektrický proud 1250 mA. Určete: a) napětí na jedné žárovce, b) odpor jedné žárovky, c) elektrický proud procházející žárovkou, která je desátá v pořadí od zdroje napětí, d) celkový odpor daného zapojení.

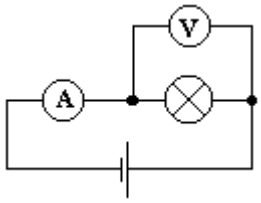
V: 230 V; 184 Ω; 1,25 A; 8 Ω

2.85 Elektrické ryby vytvářejí elektrické napětí ve zvláštních biologických buňkách nazývaných *elektroplaxy*, které jsou fyziologickými zdroji elektromotorického napětí. Elektroplaxy jihoamerického paúhoře elektrického jsou uspořádány ve 140 řádcích podél jeho těla, přičemž každý řádek obsahuje asi 5000 elektroplaxů. Každý elektroplax má elektromotorické napětí $0{,}15\,V$ a vnitřní odpor $0{,}25\,\Omega$. Jaký proud prochází vodou od paúhořovy hlavy k ocasu, je-li odpor vody v okolí paúhoře $800\,\Omega$? Jaký proud prochází každým řádkem elektroplaxů? Jaký praktický dopad má velikost právě vypočtených proudů?

V: $0{,}93\,A$; $6{,}6\,mA$

2.86 Odpor spotřebiče je měřen pomocí ampérmetru a voltmetru. Při zapojení podle obr. 43 se naměří proud 0,55 A a napětí 50 V. Vnitřní odpor voltmetru je $1000\,\Omega$. Určete odpor spotřebiče.

V: $100\,\Omega$



obr. 43

2.87 Je možné zapojit do sítě dvě sériově spojené žárovky s údaji 220 V/0,45 A a 3,5 V/0,5 A? Na které žárovce bude větší napětí? Která bude svítit jasněji?

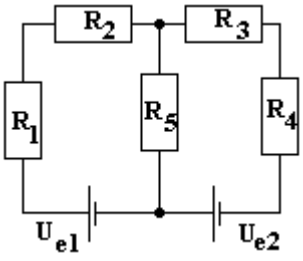
V: ano; na první; první

2.88 Síť na obr. 44 se skládá z pěti rezistorů o odporech $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 15\,\Omega$, $R_3 = 20\,\Omega$, $R_4 = 30\,\Omega$ a $R_5 = 25\,\Omega$ a ze dvou zdrojů napětí o elektromotorickém napětí $U_{e1} = U_{e2} = 12\,V$. Vnitřní odpory zdrojů zanedbáme. Jaké proudy procházejí jednotlivými větvemi?

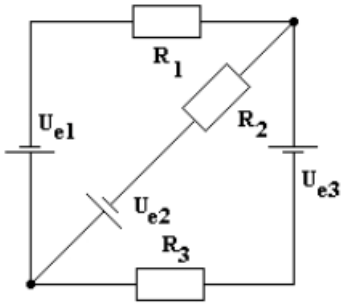
V: $0{,}384\,A$; $0{,}288\,A$; $0{,}096\,A$

2.89 Určete proudy procházející jednotlivými větvemi v zapojení podle obr. 45. Odpory jednotlivých rezistorů jsou $R_1 = 6\,\Omega$, $R_2 = 5\,\Omega$ a $R_3 = 10\,\Omega$. Elektromotorická napětí zdrojů jsou $U_{e1} = 16\,V$, $U_{e2} = 2\,V$ a $U_{e3} = 12\,V$. Vnitřní odpory zdrojů zanedbáváme.

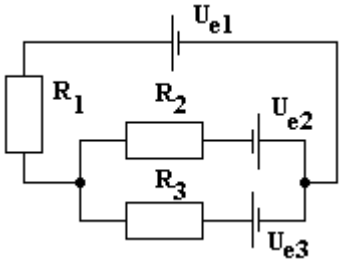
V: $2\,A$; $0{,}4\,A$; $1{,}6\,A$



obr. 44



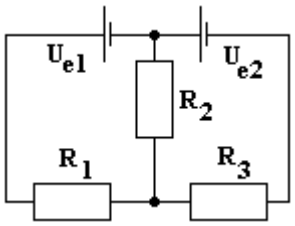
obr. 45



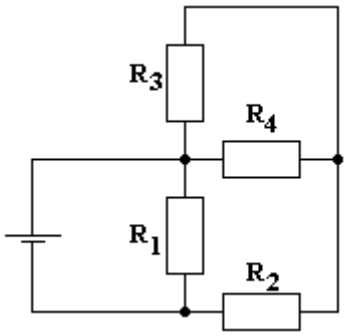
obr. 46

2.90 Vypočtěte proudy v jednotlivých větvích obvodu, jehož schéma je na obr. 46, jsou-li elektromotorická napětí zdrojů $U_{e1} = 8\,V$, $U_{e2} = 4\,V$ a $U_{e3} = 2\,V$ a odpory rezistorů $R_1 = 12\,\Omega$, $R_2 = 6\,\Omega$ a $R_3 = 8\,\Omega$. Vnitřní odpory zdrojů zanedbáváme.

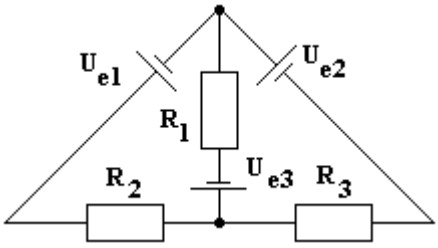
V: $\frac{11}{18}\,A$, $\frac{7}{9}\,A$, $\frac{1}{6}\,A$



obr. 47



obr. 48



obr. 49

2.91 V síti na obr. 47 jsou dva ideální zdroje napětí a tři rezistory. Platí: $U_{e1} = 12\,V$, $U_{e2} = 6\,V$, $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 100\,\Omega$. Odpor rezistoru R_3 zvolte tak, aby proud ve větvi s rezistorem R_2 byl nulový. Jak velké proudy v tomto případě potečou větvemi s rezistory R_1 a R_3?

V: $5\,\Omega$; $1{,}2\,A$; $1{,}2\,A$

2.92 Určete proudy procházející jednotlivými větvemi obvodu, jehož schéma je na obr. 48. Napětí zdroje je $24\,V$ a odpory rezistorů jsou: $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 20\,\Omega$, $R_3 = 30\,\Omega$ a $R_4 = 40\,\Omega$.

V: $3{,}05\,A$; $2{,}4\,A$; $0{,}65\,A$; $0{,}37\,A$; $0{,}27\,A$

2.93 Určete proudy procházející jednotlivými větvemi v zapojení podle schématu na obr. 49. Odpory jednotlivých rezistorů jsou $R_1 = 3\,\Omega$, $R_2 = 8\,\Omega$ a $R_3 = 6\,\Omega$. Elektromotorická napětí zdrojů jsou $U_{e1} = 15\,V$, $U_{e2} = 12\,V$ a $U_{e3} = 6\,V$. Vnitřní odpory zdrojů zanedbáváme.

V: $1{,}5\,A$; $1\,A$; $2{,}5\,A$

2.94 Tři elektrické žárovky o výkonech $50\,W$, $50\,W$ a $100\,W$ určené pro napětí $110\,V$, je nutno zapojit do sítě s napětím 220 V tak, aby svítily normálně. Jaké je nutno zvolit zapojení popsaných žárovek?

V: padesátiwattové žárovky zapojit paralelně a k nim sériově třetí žárovku

2.95 Elektrický rozvod o napětí $230\,V$ je jištěn pojistkou $16\,A$. Jaký největší počet $500\,W$ reflektorů můžeme současně zapojit paralelně, aby se pojistka nepřepálila?

V: 7

2.96 Baterie o elektromotorickém napětí $2\,V$ a vnitřním odporu $0{,}5\,\Omega$ pohání elektromotor. Ten zvedá závaží o tíze $2\,N$ konstantní rychlostí o velikosti $0{,}5\,m.s^{-1}$. Předpokládejte, že nedochází k žádným ztrátám energie. Vypočtěte proud v obvodu a napětí na svorkách zdroje.

V: $3{,}41\,A$ a $0{,}29\,V$ nebo $0{,}58\,A$ a $1{,}71\,V$

2.97 Žárovka s parametry 2 W/4 V je připojena přes ochranný rezistor o odporu $100\,\Omega$ ke zdroji napětí. Určete napětí tohoto zdroje, jestliže žárovka normálně svítí. Jaký výkon se spotřebovává na ochranném rezistoru?

V: 54 V; 25 W

2.98 Žárovka s parametry 1,6 W/4 V je připojena ke zdroji napětí 12 V. Jaký je odpor ochranného rezistoru, který je nutné zapojit sériově se žárovkou tak, aby žárovka normálně svítila?

V: $20\,\Omega$

2.99 Žárovky s parametry 100 W/200 V a 12 W/4 V jsou připojeny sériově ke zdroji napětí 200 V. Jaký elektrický proud žárovkami prochází? Je to pro obě žárovky bezpečné? Zdůvodněte.

V: 498 mA; pro žárovky to bezpečné je (první svítí skoro normálně)

2.100 Elektrický spotřebič je konstruován na elektrické napětí 5 V a maximální elektrický proud 250 mA. K dispozici jsou zdroj napětí 9,5 V s proudem 1500 mA a (téměř) libovolné rezistory. Nakreslete schéma obvodu tak, aby mohl být uvažovaný spotřebič bez rizika poškození napájen popsaným zdrojem napětí. Vypočítejte charakteristiky dalších použitých součástek.

V: $3\,\Omega$; $4\,\Omega$

2.101 Dvě topné spirály spojené za sebou při napětí $220\,V$ mají příkon $160\,W$. Při spojení vedle sebe mají příkon $800\,W$. Určete příkon obou spirál, jestliže budou zapojeny samostatně.

V: $220\,W$, $580\,W$

2.102 Do stejnosměrného elektromotoru o výkonu $60\,kW$ je přiváděn proud měděným vedením o průměru $10\,mm$. Kolik procent výkonu se ztrácí ve vedení, je-li jeho délka $3\,km$ a svorkové

napětí zdroje je $500\,V$? Kolik energie se ztratí během 2 hodin provozu elektromotoru? Kam tato energie „zmizí“?

V: $14{,}2\,\%$, $17{,}04\,kW.h$

2.103 K nabíjení akumulátoru bylo použito napětí $13{,}75\,V$ a proud $3{,}5\,A$. Vnitřní odpor akumulátoru je $0{,}5\,\Omega$. Vypočtěte, jaká část příkonu se spotřebuje na ohřátí elektrolytu a jaká část je využita k nabíjení akumulátoru.

V: $48{,}125\,W$, $6{,}125\,W$

2.104 Tři žárovky o odporech $300\,\Omega$, $200\,\Omega$ a $100\,\Omega$ jsou připojeny ke zdroji napětí $220\,V$. Za zjednodušujícího předpokladu, že hodnoty odporu jednotlivých žárovek se nemění, vypočítejte celkový odpor a množství tepla vyvinutého za 1 minutu v každé žárovce, jsou-li spojeny a) sériově, b) paralelně.

V: a) $4{,}84\,kJ$; b) $53{,}24\,kJ$

2.105 Elektromotor, který je připojen ke zdroji napětí 24 V a kterým prochází elektrický proud 80 mA, zvedá zátěž o hmotnosti 240 g do výšky 90 cm. Za jak dlouho zátěž zvedne, má-li elektromotor účinnost 75 %?

V: 1,5 s

2.106 Lidské srdce napumpuje za minutu pět litrů krve při tlaku $100\,mm$ rtuťového sloupce. Kolik dní by byla schopna podávat stejný výkon standardní autobaterie s účinností 60 %? Kapacita baterie je $48\,A.h$ a její napětí $12\,V$. Hustota rtuti je $13600\,kg.m^{-3}$.

V: $12{,}95\,dne$

2.107 Elektrický vařič o výkonu $600\,W$ je určen pro napětí $220\,V$. a) Jaký je jeho odpor? b) Jaký proud jím bude protékat po připojení ke zdroji? c) Jaké množství tepla se v něm vyvine za 1 minutu? d) Jaký výkon bude mít vařič, jestliže napětí v síti poklesne na $200\,V$? Předpokládejte, že odpor vařiče se při poklesu napětí nezmění.

V: a) $80{,}7\,\Omega$; b) $2{,}73\,A$; c) $36\,kJ$; d) $495{,}9\,\Omega$

2.108 Podle platných předpisů pro silniční provoz (rok 2011) musí během jízdy automobilu svítit jeho přední reflektory (každý se žárovkou o výkonu 50 W) a v zadní části automobilu dvě koncová světla a osvětlení státní poznávací značky - v zadní části jsou tak světla o celkovém výkonu 30 W. Předpokládejme, že během dne za přijatelné viditelnosti jezdí majitel během roku asi 300 dní, každý den 2 h s rozsvícenými světly. Zjistěte, o kolik se tímto svícením zvýší práce, kterou musí vykonat ročně motor automobilu. Dokonalým spálením 1 litru benzínu získáme energii 36 MJ, ale v motoru auta jí dokážeme využít pouze 22 %. Kolik litrů benzínu uvedený automobil spotřebuje ročně navíc proto, že majitel přesně dodržuje dopravní předpisy?

V: $78\,\mathrm{kW}\cdot\mathrm{h}$; 35,5 l

2.109 Zelená LED snese při napětí 2,1 V při zapojení v propustném směru maximální elektrický proud 20 mA. Jaký odpor musí mít ochranný rezistor, chceme-li jí připojit k baterii se svorkovým napětí 4,5 V?

V: $120\,\Omega$

2.110 Kovový předmět o ploše povrchu $120\,cm^2$ byl niklován po dobu šesti hodin proudem $0{,}2\,A$. Určete tloušťku niklové vrstvy, která se za uvažovanou dobu na povrchu předmětu vytvořila. Molární hmotnost niklu je $58{,}69\,g.mol^{-1}$, jeho hustota $8800\,kg.m^{-3}$.

V: $12{,}4\,\mu m$

2.111 Jak velký musí být proud, aby se za dobu jedné minuty vyloučil miligram dvojmocné mědi? Molární hmotnost mědi je $63{,}55\,g.mol^{-1}$.

V: $50{,}6\,mA$

2.112 Minimální rozměry olympijské medaile jsou: průměr $60\,mm$ a výška $3\,mm$. Zlatá medaile se vyrábí pozlacením s tím, že na medaili musí být vrstva zlata o hmotnosti minimálně $6\,g$. Předpokládejte, že pozlacení bude probíhat v roztoku bromidu zlatného. Určete: minimální tloušťku zlaté vrstvy na medaili a proud, který lázní bude procházet, jestliže medaile má být pozlacena za méně než 10 minut. Hustota zlata je $19290\,kg.m^{-3}$ a jeho molární hmotnost je $197\,g.mol^{-1}$.

V: $50\,\mu m$; $4{,}9\,A$

3. Mechanické kmitání

3.1 Jakou frekvenci mají harmonické kmity s amplitudou $10\,cm$, při jejichž časovém zápise bylo zjištěno, že za čas $1\,ms$ po průchodu rovnovážnou polohou dosáhly výchylku $2\,cm$?

V: $32\,Hz$

3.2 Dvacetinu sekundy po průchodu rovnovážnou polohou má kmitající oscilátor čtvrtinu maximální výchylky. S jakou frekvencí kmitá?

V: $0{,}8\,Hz$

3.3 Jaký čas uplyne, než se výchylka harmonického oscilátoru zvětší ze $3\,cm$ na $7\,cm$? Frekvence kmitání oscilátoru je $54\,Hz$ a amplituda výchylky je $8\,cm$.

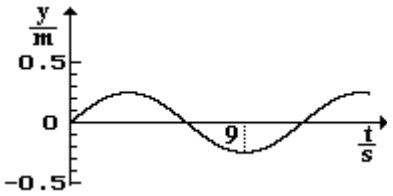
V: $2{,}01\,ms$

3.4 Výchylka harmonického kmitání s amplitudou $6\,cm$ dosáhne během jedné půlperiody v časovém intervalu $2\,ms$ dvakrát za sebou hodnotu $3\,cm$. Jaká je frekvence popsaného harmonického kmitání?

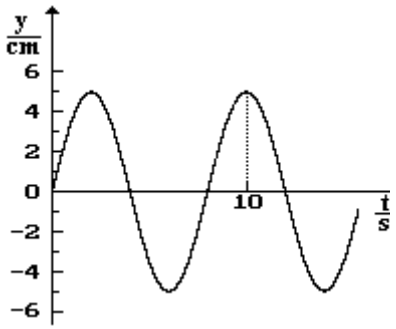
V: $166{,}7$ Hz

3.5 Na obr. 50 je znázorněn graf závislosti okamžité výchylky na čase harmonického oscilátoru. Určete: a) rovnici pro závislost okamžité výchylky na čase, b) okamžitou výchylku v čase dvě sekundy, c) časy, v nichž nabývá velikost rychlosti maximální hodnoty, d) velikost okamžitého zrychlení v čase jedna sekunda.

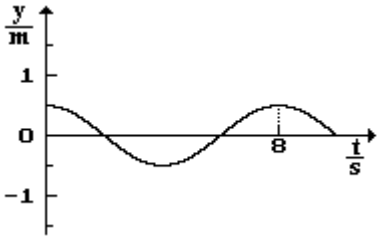
V: b) 0,22 m; c) $t = k\dfrac{T}{2}; k \in \mathbb{N}_0$; d) -3,4 cm.s^{-2}



obr. 50



obr. 51



obr. 52

3.6 Na obr. 51 je znázorněn graf závislosti okamžité výchylky na čase harmonického oscilátoru. Určete: a) frekvenci, b) amplitudu, c) rovnici pro závislost okamžité výchylky na čase, d) okamžitou výchylku v čase tři sekundy.

V: a) 0,125 Hz; b) 5 cm; d) 3,5 cm

3.7 Na obr. 52 je znázorněn graf závislosti okamžité výchylky na čase harmonického oscilátoru. Určete: a) rovnici pro závislost okamžité výchylky na čase, b) okamžitou výchylku v čase jedna sekunda, c) velikost okamžité rychlosti v čas jedna sekunda, d) rovnici pro velikost okamžitého zrychlení daného harmonického oscilátoru.

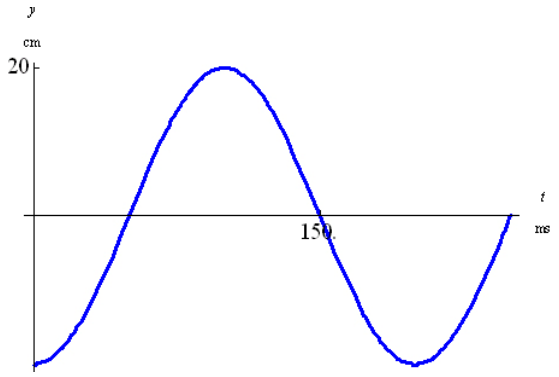
V: b) 0,35 m; c) $-0{,}28$ m.s^{-1}

3.8 Na obr. 53 je zobrazen graf závislosti okamžité výchylky harmonického oscilátoru na čase. Určete amplitudu, periodu kmitání, frekvenci kmitání, napište rovnici pro okamžitou výchylku tohoto oscilátoru a početně určete okamžitou výchylku v čase 175 ms.

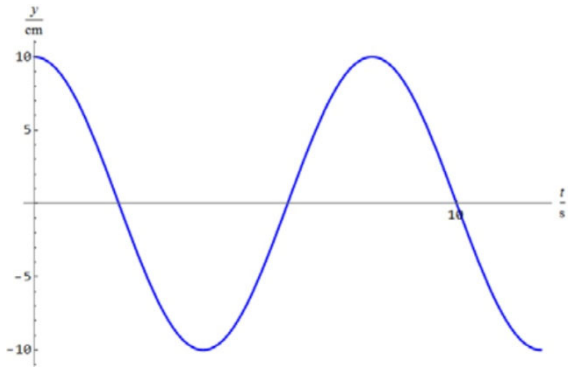
V: 0,14 m

3.9 Na obr. 54 je zobrazen graf závislosti okamžité výchylky kmitání harmonického oscilátoru na čase. Určete: amplitudu kmitání, periodu kmitání a počáteční fázi kmitání. Napište rovnici pro okamžitou výchylku tohoto harmonického kmitání v závislosti na čase. Vypočtěte, kdy poprvé dosáhne daný oscilátor výchylky 6 cm.

V: 1,18 s



obr. 53



obr. 54

3.10 Harmonický oscilátor kmitá s periodou 6 s, počáteční fází $-\frac{\pi}{2}$ a amplitudou 12 cm. Určete početně okamžitou výchylku v čase 4 s po začátku kmitání.

V: 6 cm

3.11 Harmonický oscilátor kmitá s frekvencí 2 Hz a počáteční fází $\frac{\pi}{3}$. V jakém čase poprvé od začátku pohybu dosáhne okamžité výchylky rovné polovině amplitudy?

V: 0,125 s

3.12 Harmonický oscilátor kmitá s periodou 800 ms a počáteční fází 512π. Kdy poprvé od začátku kmitání dosáhne okamžité výchylky rovné polovině amplitudy? Kdy poprvé od průchodu rovnovážnou polohou dosáhne stejné okamžité výchylky?

V: 0,17 s; 66,7 ms

3.13 Hmotný bod kmitá s amplitudou výchylky 10 cm, počáteční fází $-\frac{\pi}{2}$ a periodou 2 s. Napište rovnici okamžité výchylky kmitání na čase a určete za jak dlouho po začátku kmitání bude mít hmotný bod výchylku 5 cm. Za jakou nejkratší dobu bude mít opět výchylku 5 cm (bez ohledu na směr)?

V: $\frac{2}{3}$ s ; $\frac{4}{3}$ s

3.14 Harmonický oscilátor kmitá s periodou 3 s a počáteční fází $\frac{\pi}{3}$. Kdy nejdříve od začátku kmitání dosáhne výchylky rovné 70 % amplitudy?

V: 625 ms

3.15 Mechanický oscilátor kmitá tak, že doba mezi dvěma průchody rovnovážnou polohou je 750 ms. Amplituda kmitání je 7 cm a počáteční fáze kmitání je $\frac{\pi}{3}$. V jakém čase poprvé po začátku kmitání dosáhne oscilátor výchylku rovnou a) 3,5 cm, b) -3,5 cm?

V: a) 375 ms; b) 625 ms;

3.16 Kyvadlo kmitá s periodou 4 s a počáteční fází $\frac{\pi}{8}$. V jakých časech během první periody kmitání bude vzdálenost bodu na konci závěsu kyvadla od rovnovážné polohy rovna $\frac{\sqrt{2}}{2} y_{\mathrm{m}}$?

V: 0,25 s; 1,25 s; 2,25 s; 3,25 s

3.17 Kmitání harmonického oscilátoru je popsáno rovnicí $y = 0{,}1\sin\left(\frac{\pi}{12}t - \frac{\pi}{2}\right)$. a) Nakreslete graf závislosti okamžité výchylky na čase, b) určete okamžitou výchylku v čase osm sekund, c) napište rovnici závislosti velikosti okamžité rychlosti na čase, d) určete časové okamžiky, v nichž má oscilátor maximální velikost zrychlení.

V: b) 0,05 m ; d) $t = k\frac{T}{2}; k \in \mathbb{N}_0$

3.18 Dva kmitavé pohyby jsou popsány rovnicemi pro okamžitou výchylku v závislosti na čase ve tvaru: $y_1 = 0{,}02\sin(2000\pi t)$ a $y_2 = 0{,}02\sin(2020\pi t)$. Napište rovnici popisující závislost okamžité výchylky na čase složeného kmitání uvedených dvou pohybů. Načrtněte pěkně graf závislosti okamžité výchylky složeného kmitání na čase.

V: frekvence rázů je 5 Hz, frekvence kmitání je cca 1000 Hz

3.19 Zavěsíme-li na pružinu závaží, prodlouží se pružina o $4\,\mathrm{cm}$. S jakou frekvencí bude toto závaží na pružině kmitat, jestliže ho vychýlíme z rovnovážné polohy?

V: $2{,}49\,\mathrm{Hz}$

3.20 Pružina má tuhost $25\,\mathrm{N.m^{-1}}$. Jak těžké těleso musíme na pružinu zavěsit, aby konalo 25 kmitů za minutu?

V: $3{,}65\,\mathrm{kg}$

3.21 Těleso o hmotnosti 150 g kmitá na pružině tak, že doba mezi dvěma po sobě jdoucími průchody rovnovážnou polohou je 0,4 s. Určete tuhost použité pružiny a kolik kmitů vykoná těleso za 10 s. Odporové síly zanedbejte.

V: $9{,}2\,\mathrm{N\cdot m^{-1}}$; 12,5

3.22 Jestliže zvětšíme hmotnost tělesa zavěšeného na pružině o $60\,\mathrm{g}$, doba kmitu se zdvojnásobí. Jaká byla původní hmotnost tělesa?

V: $20\,\mathrm{g}$

3.23 Těleso o hmotnosti $200\,\mathrm{g}$ zavěšené na pružině koná 42 kmitů za minutu. Jaké je prodloužení pružiny vlivem tohoto tělesa v rovnovážné poloze?

V: $51\,\mathrm{cm}$

3.24 První pružina má tuhost k_1 a je na ní zavěšeno těleso o hmotnosti m_1. Druhá pružina má tuhost o Δk vyšší než první. Jakou hmotnost má druhé těleso zavěšené na druhé pružině, mají-li obě pružiny stejnou periodu vlastního kmitání?

V: $\dfrac{k_1+\Delta k}{k_1}m_1$

3.25 Horizontální deska koná harmonický pohyb ve vodorovném směru s periodou $5\,\mathrm{s}$. Těleso, které leží na desce, začíná podkluzovat, když amplituda kmitů dosáhne hodnoty $0{,}5\,\mathrm{m}$. Jaký je součinitel smykového tření mezi tělesem a deskou?

V: 0,08

3.26 Rtuť o hmotnosti $121\,\mathrm{g}$, která je nalita v U-trubici, byla přetlakem v jednom z ramen trubice vychýlena ze své rovnovážné polohy a poté uvolněna. Vypočítejte periodu kmitů rtuti. Hustota rtuti je $13600\,\mathrm{kg.m^{-3}}$, plocha vnitřního průřezu trubice je $0{,}3\,\mathrm{cm^2}$. Třecí a odporové síly zanedbejte.

V: $0{,}77\,\mathrm{s}$

3.27 Jarda o hmotnosti $78\,\mathrm{kg}$ sedí na sedačce o hmotnosti $2\,\mathrm{kg}$, která je připevněna na pružině klidové délky $1\,\mathrm{m}$. Druhý konec pružiny je upnut ve středu dětského kolotoče. Kolotoč se roztočí a pružina se prodlouží o čtvrt metru, přičemž se koncový bod pružiny pohybuje rychlostí o velikosti $2\,\mathrm{m.s^{-1}}$. Jaká je tuhost pružiny? S jakou frekvencí by na této pružině kmitalo závaží o hmotnosti $4\,\mathrm{kg}$? Tření mezi sedačkou a podlahou kolotoče a odpor vzduchu zanedbejte.

V: $1024\,\mathrm{N.m^{-1}}$; $2{,}5\,\mathrm{Hz}$

3.28 Tři malé kuličky umístěné na dokonale hladkém stole jsou vzájemně spojeny tenkými gumičkami, jejichž klidová délka je *l* a tuhost *k*, a vytvářejí rovnostranný trojúhelník. Jaký náboj je třeba přivést na každou kuličku, aby se plocha trojúhelníka zdvojnásobila? Děj probíhá v prostředí s relativní permitivitou ε_r.

V: $Q=\pm 2l\sqrt{2l\pi\varepsilon_0\varepsilon_r\left(\sqrt{2}-1\right)}$

3.29 Kyvadlové hodiny se opožďují 10 minut za 10 hodin. Jak je třeba změnit délku kyvadla, aby hodiny šly správně?

V: zkrátit o $\dfrac{119}{3600}$ původní délky

3.30 Ze stropu hradní síně visí lustr, jehož konec je vzdálený $3\,\mathrm{m}$ od podlahy. Lustr koná 60 kyvů za minutu. Jak vysoký je strop hradní síně?

V: $4\,\mathrm{m}$

3.31 Kolik kyvů vykoná za dvě minuty matematické kyvadlo délky 250 cm?

V: 76

3.32 Periody kmitání dvou matematických kyvadel jsou v poměru 3:4, přičemž se navzájem liší o 2 s. Určete: a) periody kmitání obou kyvadel, b) poměr délek jejich závěsů, c) délky jejich závěsů.

V: a) 6 s; 8 s; b) 9:16; c) 9,12 m; 16,21 m

3.33 Matematické kyvadlo je tvořeno závěsem délky $1{,}6\ \mathrm{m}$ a kuličkou. Kyvadlo vychýlíme tak, že kulička se nachází pět centimetrů nad vodorovnou rovinou, která prochází rovnovážnou polohou kyvadla. Za jak dlouho vykoná kyvadlo deset kyvů? Jaká je velikost rychlosti, kterou projde kulička rovnovážnou polohou? Odporové a třecí síly zanedbejte. Velikost tíhového zrychlení volte $10\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

V: $12{,}56\ \mathrm{s}$; $1\ \mathrm{m.s^{-1}}$

3.34 Kulička je zavěšená na dlouhé niti délky *l*. Poprvé ji zvedneme po svislé přímce k bodu závěsu a pustíme dolů, po druhé jí jako kyvadlo vychýlíme o malý úhel a pustíme. Ve kterém případě se vrátí dříve do původní polohy? Určete v obou případech příslušné časy.

V: v prvním; $t_1 = \sqrt{\dfrac{2l}{g}}$; $t_2 = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{l}{g}}$

3.35 Dvě matematická kyvadla různých délek mají doby kmitu v poměru 19:20. První kyvadlo vykoná za $30\ \mathrm{s}$ o tři kmity více než druhé. Určete frekvenci a doby kmitu obou kyvadel.

V: $2\ \mathrm{Hz}$ a $0{,}5\ \mathrm{s}$; $1{,}9\ \mathrm{Hz}$ a $0{,}53\ \mathrm{s}$

3.36 Během doby, co jedno ze dvou matematických kyvadel vykoná 50 kmitů, vykoná druhé 108 kyvů. Jestliže druhé kyvadlo prodloužíme o $6\ \mathrm{cm}$, tak ve stejném čase jako první kyvadlo, vykoná též 50 kmitů. Jak dlouhé jsou závěsy obou kyvadel?

V: $42{,}06\ \mathrm{cm}$; $36{,}06\ \mathrm{cm}$

3.37 Jestliže zkrátíme závěs matematického kyvadla o pětinu jeho délky, zvětší se jeho frekvence o $0{,}2\ \mathrm{Hz}$. Jestliže tentýž závěs kyvadla prodloužíme o pětinu jeho délky, zmenší se jeho frekvence o $0{,}2\ \mathrm{Hz}$. Jak dlouhý je závěs kyvadla?

V: $6{,}54\ \mathrm{cm}$

3.38 O kolik procent se zkrátí doba kmitu matematického kyvadla, jestliže se jeho délka zkrátí o čtvrtinu?

V: o 13,4 %

3.39 O kolik procent je nutné prodloužit závěs matematického kyvadla, aby se perioda kmitání kyvadla zvýšila o 20 % původní hodnoty?

V: o 44 %

3.40 Dvě pružné kuličky stejné hmotnosti jsou zavěšené na závěsech délky $1{,}25\ \mathrm{m}$ tak, že se dotýkají. Jednu kuličku vychýlíme a pustíme, takže narazí do druhé. Kolikrát se kuličky srazí v průběhu jedné minuty?

V: 53krát

3.41 Řešte předchozí příklad pro dva různé závěsy délek $1\ \mathrm{m}$ a $25\ \mathrm{cm}$.

V: 80krát

3.42 Těleso s hmotností *m* je zavěšeno na nepružné niti délky *l* a kmitá. Při největší výchylce tělesa z rovnovážné polohy svírá závěsná nit se svislým směrem úhel α.

a) Jak velká je síla, která napíná nit při největší výchylce závaží z rovnovážné polohy?

b) Jak velká je síla, která napíná nit v okamžiku, kdy závaží prochází rovnovážnou polohou?

c) Jaký by musel být úhel α_1, jestliže by byla nit v rovnovážné poloze napínána silou dvakrát větší, než je tíha zavěšeného tělesa?

V: a) $F_1 = mg\cos\alpha$; b) $F_1 = mg\left(3 - 2\cos\alpha\right)$; c) $60°$

3.43 Matematické kyvadlo vykoná ve svislé rovině 50 kyvů za minutu. V rovině skloněné o úhel α vykoná za tutéž dobu 40 kyvů. Určete úhel α.

V: $50{,}2°$

3.44 Kyvadlo koná ve svislé rovině za minutu 120 kyvů. Kolik kyvů za minutu kyvadlo vykoná, odkloní-li se rovina jeho kyvu o úhel $30°$?

V: 112

3.45 Kulička o hmotnosti 100 g zavěšená na vlákně zanedbatelné hmotnosti délky l tvoří kónické kyvadlo. Závěs svírá se svislým směrem úhel $30°$ a kulička rotuje s periodou 2 s. Určete délku závěsu l.

V: 1,15 m

3.46 Střela o hmotnosti $10\,g$ a rychlosti o velikosti $600\,m.s^{-1}$ narazí do kvádru o hmotnosti $1\,kg$ zavěšeného na laně délky $2{,}5\,m$ a uvízne v něm. S jakou frekvenci se bude takto rozhoupaný kvádr (se zarytou střelou) kývat? Do jaké maximální výšky kvádr vystoupí?

V: $1{,}8\,m$; $0{,}315\,Hz$

3.47 V kosmické raketě jsou umístěné dvoje hodiny: pružinové a kyvadlové, přičemž kyvadlové hodiny lze považovat za matematické kyvadlo. Raketa startuje svisle vzhůru se zrychlením $5g$. Ve výšce $30\,km$ se motor rakety vypne a raketa se dále pohybuje setrvačností. Jaký čas budou ukazovat jednotlivé hodiny v nejvyšším bodě její zrychlené dráhy? Změnu tíhového zrychlení a odpor vzduchu zanedbejte.

V: kyvadlové se zpozdí o $50{,}7\,s$, pružinové beze změny

3.48 Dřevěný kvádr s výškou h plave ve vodě tak, že je ponořený do hloubky h_2. Zatlačíme ho prstem ho hloubky h_1 ($h_1 < h$) a pustíme. Kvádr začne kmitat. Určete vztah pro dobu kmitu kvádru.

V: $T = 2\pi\sqrt{\frac{h_2}{g}}$

3.49 Jak velkou rychlostí se pohyboval vagón s hmotností $20\,t$, jestliže se při jeho nárazu na stěnu oba nárazníky zkrátily o $10\,cm$? Tuhost pružiny nárazníku je $10\,kN.cm^{-1}$.

V: $1\,m.s^{-1}$

3.50 Ocelová spirála délky $80\,\mathrm{cm}$ se prodlouží silou o velikosti $20\,\mathrm{N}$ o $5\,\mathrm{cm}$. Jakou práci je nutno vykonat na prodloužení spirály na dvojnásobek její délky?

V: 128 J

3.51 Na pružinu o tuhosti $500\,\mathrm{N\cdot m^{-1}}$ bylo položeno závaží o hmotnosti 100 g a pružina byla stlačena o 10 cm. Po uvolnění pružiny vystoupilo závaží do výšky 2 m. Jak velká průměrná odporová síla na závaží během jeho pohybu působila?

V: 0,25 N

3.52 V křesle, o které si kocour Garfield brousil drápy (viz obr. 55), byla pružina o tuhosti $1\,\mathrm{kN.m^{-1}}$ stlačená o $40\,\mathrm{cm}$. Poté, co látka potahu křesla povolila, pružina Garfielda odmrštila a ten zastavil na dráze $2\,\mathrm{m}$ od křesla. Určete hmotnost Garfielda, je-li součinitel smykového tření mezi Garfieldem a podlahou 0,3. Garfield byl po vymrštění pružiny těsně u křesla a pružina spotřebovala na protržení látky potahu 10 % své energie. Velikost tíhového zrychlení volte $10\,\mathrm{m.s^{-2}}$.

V: 12 kg

3.53 Dva přátelé se rozhodli, že zkusí, jak daleko doklouzne po zamrzlém rybníku učebnice, kterou vystřelí pomocí pružiny. Tuhost pružiny je $300\,N.m^{-1}$, hmotnost učebnice je $1{,}6\,kg$ a koeficient tření mezi ledem a knihou je 0,22. Kamarádi společným úsilím stlačili pružinu o $0{,}75\,m$. Do jaké vzdálenosti kniha doklouzla? Vzdálenost počítejte od konce uvolnění pružiny.

V: $23{,}7\,m$

3.54 Pružina dětské vzduchovky má tuhost $7\,N.cm^{-1}$. Dítě vystřelilo kulku o hmotnosti $30\,g$ šikmo vzhůru pod úhlem $30°$. Kulka dosáhla maximální výšky $1{,}8\,m$ nad ústím hlavně. Jak velkou rychlostí opustila kulka hlaveň? Jaké bylo stlačení pružiny před výstřelem?

V: $12\,m.s^{-1}$; $7{,}8\,cm$

3.55 Kostku o hmotnosti $2\,kg$ přitiskneme k volnému konci vodorovné pružiny a stlačíme ji o $15\,cm$. Poté kostku uvolníme. Kostka bude klouzat po vodorovné podložce a zastaví se ve vzdálenosti $75\,cm$ od místa, kde byla uvolněna. Tuhost použité pružiny je $200\,N.m^{-1}$. Určete koeficient tření mezi kostkou a vodorovnou podložkou.

V: 0,15

3.56 Kámen o hmotnosti $8\,kg$ spočívá na konci svislé pružiny, která je jím stlačena o $10\,cm$. Jaká je tuhost pružiny? Pružinu nyní stlačíme o dalších $30\,cm$ a uvolníme. Jaká je potenciální energie pružnosti

soustavy bezprostředně před uvolněním pružiny? Jaká změna tíhové potenciální energie soustavy odpovídá přemístění kamene z uvažovaného nejnižšího bodu do nejvyššího bodu nad povrchem země, jehož kámen dosáhne? Jaká je největší výška kamene nad nejnižším bodem, v němž se během celého děje nacházel? Velikost tíhového zrychlení volte $10\ m.s^{-2}$.

V: $800\ N.m^{-1}$; $36\ J$; $36\ J$; $0,45\ m$

3.57 Kulka o hmotnosti $5\ g$ je vystřela ze vzduchovky svisle vzhůru. Má-li kulka právě doletět k terči umístěnému ve výšce $20\ m$ nad místem, v němž se nacházela před výstřelem (spočívala na horním konci stlačené svislé pružiny), musí být pružina před výstřelem stlačena o $8\ cm$. Jak se změní tíhová potenciální energie soustavy kulka - Země během výstupu kulky? Jak se změní potenciální energie pružnosti během výstřelu? Jaká je tuhost pružiny?

V: $1\ J$; $-1\ J$; $312,5\ N.m^{-1}$

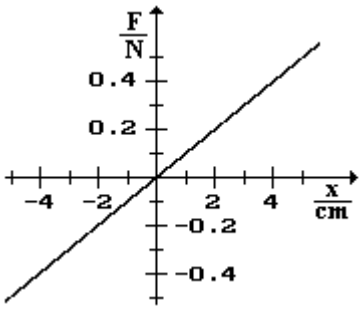
3.58 Graf závislosti velikosti pružné síly na prodloužení pružiny na obr. 56 odpovídá dětské špuntovce. Pružina připravená k výstřelu je stlačena o $5,5\ cm$, hmotnost zátky sloužící jako náboj je $3,8\ g$. Jak velkou rychlostí opustí zátka hlaveň za předpokladu, že ztrácí s pružinou kontakt v okamžiku, kdy konec pružiny prochází polohou odpovídající nenapjatému stavu? Předpokládejme nyní, že se zátka k pružině přilepila a ještě ji o $1,5\ cm$ protáhne, než s ní ztratí kontakt. Jaká bude velikost rychlosti vystřelené zátky nyní?

V: $2,82\ m.s^{-1}$; $2,71\ m.s^{-1}$

3.59 Dvoukilová kostka spočívá na dokonale hladké nakloněné rovině o úhlu sklonu $30°$ a proti sklouznutí je zajištěna pružinou. Pružinu, jejíž tuhost je $19,6\ N.m^{-1}$, stlačíme o $20\ cm$ a uvolníme. Jaká je potenciální energie pružnosti stlačené pružiny? Jak se změní tíhová potenciální energie soustavy kostka - Země od okamžiku uvolnění pružiny do okamžiku, kdy kostka dostoupí při pohybu podél nakloněné roviny do nejvyššího bodu své trajektorie? Jakou dráhu kostka urazí podél nakloněné roviny během právě popsaného pohybu? Velikost tíhového zrychlení volte $10\ m.s^{-2}$.

V: $39,2\ J$; vzroste o $39,2\ J$; $3,92\ m$

obr. 55



obr. 56

3.60 Kostku o hmotnosti $12\ kg$ položíme na nakloněnou rovinu s úhlem sklonu $30°$ a vypustíme s nulovou počáteční rychlostí. Na nakloněné rovině je připevněna pružina, jejíž tuhost je taková, že ji silou o velikosti $270\ N$ dokážeme stlačit o $2\ cm$. Kostka narazí na pružinu a stlačuje ji. V okamžiku, kdy je rychlost kostky nulová, je pružina stlačena o $5,5\ cm$. Jakou dráhu urazila kostka podél nakloněné roviny od okamžiku, kdy byla vypuštěna, do okamžiku, kdy dosáhla bodu obratu? Jak velkou rychlostí narazila do pružiny?

V: $0,34\ m$; $1,69\ m.s^{-1}$

3.61 Kostka o hmotnosti $2\ kg$ je upuštěna z výšky $40\ cm$ a dopadne na svislou pružinu o tuhosti $1960\ N.m^{-1}$. Určete největší stlačení pružiny.

V: $9\ cm$

3.62 Dvě děti hrají hru, při níž se snaží kuličkou z dětské pušky, připevněné ke stolu, trefit do malé krabičky na podlaze. Krabička leží ve vzdálenosti $2,2\ m$ od stolu. Honza stlačil pružinu pušky o $1,1\ cm$ a kulička dopadla $27\ cm$ před střed krabičky. Jak musí stlačit pružinu Eva, aby zasáhla cíl?

V: $1,25\ cm$

3.63 Kostka o hmotnosti $2,5\ kg$ narazí na konec vodorovné pružiny o tuhosti $320\ N.m^{-1}$. V okamžiku, kdy je kostka v bodě obratu, je pružina stlačena o $7,5\ cm$. Koeficient smykového tření mezi kostkou a podložkou je 0,25. Jakou práci vyková pružná síla působící na kostku během jejího brždění?

K jak velké ztrátě mechanické energie dojde vlivem třecích sil? Jaká byla velikost rychlosti kostky v okamžiku nárazu na pružinu?

V: $-0,9\ J$; $0,47\ J$; $1,05\ m.s^{-1}$

3.64 Kabina zdviže má tíhu $20000\ N$. Tažné lano zdviže se přetrhlo v okamžiku, kdy zdviž stála v prvním poschodí a její dno bylo ve vzdálenosti $4\ m$ od konce tlumící pružiny o tuhosti $1,2.10^5\ N.m^{-1}$. Při přetržení lana bylo uvedeno do chodu bezpečností zařízení, které sevřelo kabinu mezi svislé vodící kolejnice. Na kabinu tak začala působit třecí síla o stálé velikosti $5000\ N$, směřující proti jejímu pohybu. Jaká byla velikost rychlosti kabiny těsně před nárazem na tlumící pružinu? Určete maximální stlačení pružiny. Jakou dráhu urazí kabina od okamžiku odskoku od pružiny do okamžiku, kdy se dostane do bodu obratu a začne opět padat? Určete přibližně celkovou dráhu, kterou kabina urazí od okamžiku přetržení lana do úplného zastavení.

V: $7,75\ m.s^{-1}$; $0,96\ m$; $2,21\ m$; $16\ m$

3.65 Železniční vagón má periodu vlastních kmitů ve svislém směru $0,6\ s$. Při přejezdu kol spojnicemi kolejnic působí na vagón periodické nárazy, které vyvolávají nucené kmitání vagónu. Při jak velké rychlosti vagónu nastane rezonance? Délka kolejnic mezi stykovými místy je $12,5\ m$.

V: $20,83\ m.s^{-1}$

4. <u>Mechanické vlnění</u>

4.1 Postupné vlnění je popsáno rovnicí $y = 0,25\sin\pi\left(t-2x\right)\text{m}$. Určete amplitudu výchylky jednotlivých bodů prostředí, kterým se vlnění šíří, periodu kmitání zdroje vlnění, vlnovou délku, velikost rychlosti šíření vlnění a dráhu, kterou urazí čelo vlny za $10\ \text{s}$.

V: $0,25\ \text{m}$; $2\ \text{s}$; $1\ \text{m}$; $0,5\ \text{m.s}^{-1}$; $5\ \text{m}$

4.2 Postupné vlnění šířící se ze zdroje je popsáno rovnicí $y = 0,1\sin\left(\pi\left(t-\frac{x}{4}\right)\right)$. Určete frekvenci kmitání zdroje vlnění, amplitudu vlny, vlnovou délku vlnění a velikost rychlosti šíření vlny.

V: $0,5\ \text{Hz}$; $0,1\ \text{m}$; $8\ \text{m}$; $4\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

4.3 Postupné vlnění je popsáno rovnicí $y = 0,5\sin 3\pi\left(2t-x\right)\text{m}$. Určete amplitudu výchylky jednotlivých bodů prostředí, kterým se vlnění šíří, periodu kmitání zdroje vlnění, vlnovou délku, velikost rychlosti šíření vlnění a čas, za který urazí čelo vlny $20\ \text{m}$.

V: $0,5\ \text{m}$; $\frac{1}{3}\ \text{s}$; $\frac{2}{3}\ \text{m}$; $2\ \text{m.s}^{-1}$; $10\ \text{s}$

4.4 Mechanické vlnění je popsané zadanou rovnicí: a) $y = 0,1\sin\left(\pi\left(\frac{t}{2}-x\right)\right)$; b) $y = 0,2\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(20t-x\right)\right)$; c) $y = 0,15\sin\left(4\pi\left(\frac{t}{5}-2x\right)\right)$. Určete amplitudu kmitání zdroje, periodu kmitání zdroje, velikost rychlosti šíření vlny a vlnovou délku vlnění.

V: a) 0,1 m; 4 s; $0,5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 2 m; b) 0,2 m; 0,2 s; $20\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 4 m; c) 0,15 m; 2,5 s; $0,1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; 0,25 m;

4.5 Postupné mechanické vlnění vzbuzuje ve dvou bodech navzájem vzdálených $2,5\ cm$ harmonické kmitání. Rozdíl počátečních fází obou kmitání je $\frac{\pi}{6}$. Určete vlnovou délku vlnění.

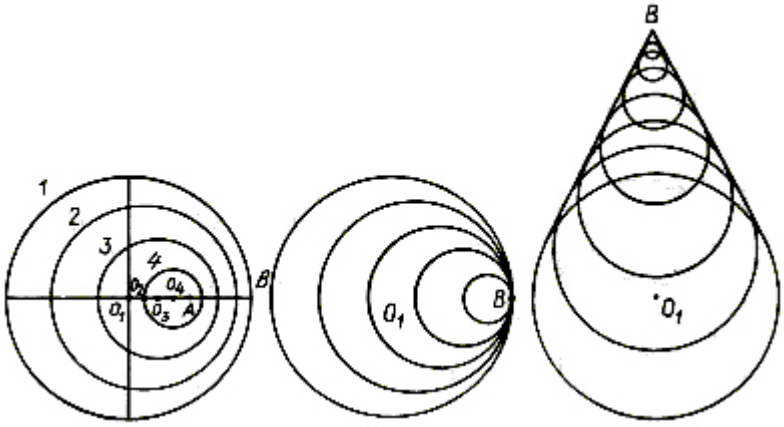
V: $30\ cm$

4.6 Určete fázový rozdíl mezi dvěma body vlnění, které jsou vzdálené $1,7\ m$, je-li velikost rychlosti šíření vlnění $340\ m.s^{-1}$ a perioda $2\ ms$.

V: 5π

4.7 Na obr. 57 je zobrazen pohled shora na vodní hladinu, po které plavou tři plavci zanechávající za sebou kruhové vlny. Středy kružnic zaznamenávají po sobě jdoucí polohy plavců. Na kterou stranu plavci plavou? Jaká je velikost rychlosti jednotlivých plavců, je-li rychlost vln $0,5\ m.s^{-1}$?

V: a) $0,25\ m.s^{-1}$, vpravo; b) $0,5\ m.s^{-1}$, vpravo; c) $1\ m.s^{-1}$, nahoru



obr. 57

4.8 Frekvence zvuku napnuté struny je 750 Hz. Určete délku struny, šíří-li se zvuk ve struně rychlostí o velikosti $5000\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

V: 3,3 m

4.9 Jaká je třetí harmonická frekvence kytarové struny délky 75 cm? Velikost rychlosti zvuku v materiálu struny je $5000\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

V: 10 kHz

4.10 Třetí harmonická frekvence uzavřené píšťaly je stejná jako základní frekvence otevřené píšťaly. V jakém poměru jsou délky uvažovaných píšťal?

V: 5:2

4.11 Jarda drží v ruce 17 cm dlouhou plastovou trubičku tak, že ji z jedné strany uzavírá dlaní. Přes druhý konec foukne. Jaká je frekvence zvuku, který trubka vydává? Velikost rychlosti zvuku ve vzduchu je $340\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

V: 500 Hz

4.12 Skleněný dutý válec je ponořen do vody. Válec je z jedné strany uzavřen a pomocí reproduktoru je v něm vytvořeno stojaté zvukové vlnění, které má 5 uzlů. Určete frekvenci tohoto vlnění, je-li délka válce 0,9 m. Jakou délku musí mít ocelová struna, která je upevněná na obou koncích, aby tato frekvence byla třetí harmonickou pro uvažovanou strunu? Velikost rychlosti zvuku ve vodě je $1500\ m.s^{-1}$, velikost rychlosti zvuku v oceli je $5000\ m.s^{-1}$.

V: 3750 Hz; 2 m

4.13 Ve válci délky 1,5 m, který byl ponořen do vody a uzavřen z obou stran, bylo reproduktorem vytvořeno stojaté vlnění se šesti uzly. Pak byl jeden konec válce otevřen. Jak je nutné změnit frekvenci zvuku z reproduktoru, aby ve válci vzniklo opět stojaté vlnění se šesti uzly? Velikost rychlosti zvuku ve vodě je $1500\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

V: zvýšit o 250 Hz

4.14 Slabý šum pozadí vytváří v lepenkové trubici s otevřenými konci, jejíž délka je $85\ cm$, stojatou vlnu. Velikost rychlosti šíření zvuku ve vzduchu je $340\ m.s^{-1}$. Jakou frekvenci zvuku uslyšíme, přiložíme-li ucho těsně ke konci trubice? Jakou frekvenci zvuku uslyšíme, oddálíme-li hlavu od trubice?

V: $100\ Hz$; $200\ Hz$

4.15 V trubici délky $4\ m$ na obou koncích uzavřené vzniknou ve vzduchu stojaté vlny při frekvenci $1020\ Hz$. Kolik půlvln se v trubici vytvoří?

V: 24

4.16 Do nádoby s vodou ponoříme z obou stran otevřený skleněný válec. Nad horní otvor dáme kmitající ladičku. Měníme hloubku ponoru válce a při vzdálenosti $19{,}5\ cm$ horního otvoru válce od hladiny vody slyšíme silnější tón. To samé pozorujeme při vzdálenosti $58{,}5\ cm$. Určete frekvenci ladičky. Jak se jmenuje jev, který pomohl určit vzdálenost horního okraje válce od hladiny vody?

V: $435{,}9\ Hz$

4.17 Dvě stejné struny délky $1\ m$ vydávají stejný tón. Jestliže jednu zkrátíme o $0{,}5\ cm$, dostaneme rázy s frekvencí $2\ Hz$. Vypočítejte frekvenci nezkrácené struny.

V: 398 Hz

4.18 Pepa stojí proti stěně. Mezi ním a stěnou je masivní ladička, která se přibližuje ke stěně rychlostí o velikosti $25\ cm.s^{-1}$. Pepa slyší rázy s frekvencí $3\ Hz$. Vypočítejte frekvenci kmitů, které koná ladička.

V: 2040 Hz

4.19 Píšťala lokomotivy vydává tón o frekvenci $1000\ Hz$. Jaký tón slyší pozorovatel, jede-li lokomotiva po přímé trati vedle něho rychlostí o velikosti $20\ m.s^{-1}$ a) při přibližování, b) při vzdalování lokomotivy?

V: a) $1062,5\ Hz$; b) $944,4\ Hz$

4.20 Pozorovatel stojící na Zemi viděl letadlo, které se blížilo k němu, přeletělo nad ním a vzdalovalo se od něho. Zvuk letadla pozorovatel uslyšel až tehdy, když směr, v němž vidí letadlo, svíral s vodorovným směrem pohybu letadla úhel $30°$. Vypočítejte velikost rychlosti pohybu letadla.

V: $588,9\ m.s^{-1}$

4.21 Proudové letadlo proletělo rychlostí o velikosti $600\ m.s^{-1}$ po přímé dráze ve vzdálenosti $3\ km$ od pozorovatele. V jaké vzdálenosti od pozorovatele bylo letadlo, když pozorovatel uslyšel hluk jeho motorů?

V: 6085 m

4.22 Intenzita zvuku lidského hlasu může ve vzdálenosti $1\ m$ kolísat v rozmezí $10^{-7}\ mW.cm^{-2}$ až $10^{-1}\ mW.cm^{-2}$. Jakým hlasitostem to odpovídá?

V: 60 dB; 120 dB

4.23 Dva zdroje zvuku s intenzitami $4,8\cdot10^{-5}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$ a $5,1\cdot10^{-5}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$ jsou ve stejné vzdálenosti od čidla. Jakou hladinu intenzity zvuku čidlo naměří?

V: 79,9 dB

4.24 Dva zdroje zvuku s intenzitami $4,8\cdot10^{-5}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$ a $5,1\cdot10^{-5}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$ jsou ve stejné vzdálenosti od čidla. Jakou hladinu intenzity zvuku čidlo naměří?

V: 80 dB

4.25 Určete výslednou hladinu intenzity zvuku tří stejných zdrojů zvuku, které mají intenzity $3,3\cdot10^{-7}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$, $4,8\cdot10^{-7}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$ a $4,2\cdot10^{-7}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$.

V: 61 dB

4.26 Hladina intenzity dvou stejných zvuků je 78 dB. Určete intenzitu každého z uvažovaných zvuků.

V: $3,15\cdot10^{-5}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$

4.27 Tři stejné zdroje zvuku mají celkovou hladinu intenzity zvuku 67 dB. Určete a) intenzitu, b) hladinu intenzity každého ze zdrojů zvuku.

V: $1,7\cdot10^{-6}\ \mathrm{W\cdot m^{-2}}$; 62 dB

4.28 Deset stejných motocyklů vydává hluk o hlasitosti $95\ dB$. Jaká je hlasitost jednoho motocyklu?

V: 85 dB

4.29 Zvuk má v daném místě intenzitu $10^{-5}\ W.m^{-2}$. Určete jeho hlasitost. Jaká bude hlasitost v daném místě, jestliže do tohoto místa budou dopadat tři identické zvukové vlny?

V: 70 dB; $74,77\ dB$

4.30 Jak se změní hladina intenzity zvuku, klesne-li jeho intenzita na polovinu?

V: klesne o 3 dB

4.31 Hladina intenzity zvuku vyzařovaného jedním reproduktorem je 80 dB ve vzdálenosti 5 m od reproduktoru. Jaká je hladina intenzity zvuku tří stejných reproduktorů v místě posluchače, jsou-li tyto reproduktory od posluchače vzdáleny také pět metrů?

V: 84,8 dB

4.32 Ve vzdálenosti $10\ m$ od zdroje zvuku, jehož rozměry jsou zanedbatelné vůči vztažné soustavě, je hladina intenzity zvuku $20\ dB$. Jaká je hladina intenzity zvuku ve vzdálenosti $5\ m$ od zdroje? V jaké vzdálenosti od zdroje už není zvuk slyšet. Útlum prostředí zanedbejte.

V: $26\ dB$; $100\ m$

4.33 Benzínový motor má hlasitost $80\ dB$. Jakou hlasitost zaregistrujeme na křižovatce, kde současně čeká na zelenou 12 aut? Kolik aut by musel na křižovatce čekat, aby hlasitost dosáhla prahu bolesti?

V: $90{,}8\ dB$; 10000

4.34 Určete, v jaké vzdálenosti je hladina intenzity zvuku pěti zdrojů zvuku o $30\ dB$ větší než hladina intenzity zvuku jednoho zdroje ve vzdálenosti $50\ m$.

V: $3{,}5\ m$

4.35 Jak se zvýši hladina intenzity zvuku, jestliže se intenzita zvuku zvýšila 40krát?

V: o $16\ dB$

4.36 Hladina intenzity zvuku uvnitř místnosti je o $5\ dB$ nižší než venku. Jaká část intenzity zvuku prochází do místnosti?

V: 31,6 %

4.37 Při zkoušce sluchu slyší pacient tiše pronesené slovo ve vzdálenosti $3\ m$ ještě dobře, ve vzdálenosti $8\ m$ ho už však neslyší vůbec. Jaká je hlasitost zvuku ve vzdálenosti $3\ m$?

V: $8{,}52\ dB$

4.38 Siréna vydávající zvuk s frekvencí $1\ kHz$ vydává na ulici tón hlasitosti $70\ dB$. V místnosti má tento tón hlasitost $40\ dB$. Jaká část akustické energie proniká z ulice do místnosti?

V: 0,1 %

4.39 Zvuk s intenzitou $3.10^{-7}\ W.m^{-2}$ prochází stěnou, která má útlum $20\ dB$. Jaká je hlasitost 20 těchto zdrojů zvuku za stěnou?

V: $47{,}78\ dB$

4.40 Deset vrtaček má ve vzdálenosti $3\ m$ hlasitost $90\ dB$. Určete akustický výkon jedné vrtačky. Jaká bude hlasitost těchto vrtaček v daném místě, jestliže jejich počet klesne na polovinu?

V: $11{,}3\ mW$; $87\ dB$

4.41 Zdroj zvuku má akustický výkon $1{,}5\ mW$. Jaká je hlasitost zvuku ve vzdálenosti $5\ m$? V jaké vzdálenosti od zdroje klesne hlasitost na polovinu?

V: $66{,}8\ dB$; $233{,}75\ m$

4.42 Zdroj zvuku zvýší svůj akustický výkon na dvojnásobek. Jak se musí změnit jeho vzdálenost od posluchače, aby současně s tím klesla hladina zvuku o $2\ dB$?

V: vzrůst 1,78krát

4.43 Přes dřevěnou stěnu, jejíž tlumení činí $15\ dB$, slyšíme hluk psacích strojů s hladinou intenzity zvuku $45\ dB$. Kolik psacích strojů je v činnosti, jestliže jeden stroj v místnosti vydává zvuk o hlasitosti $45\ dB$?

V: 32

4.44 Bodový zdroj o výkonu $1\ W$ izotropně vysílá zvukové vlny. Za předpokladu, že se energie vln zachovává, určete intenzitu ve vzdálenosti $1\ m$ a $2{,}5\ m$ od zdroje.

V: $0{,}08\ W.m^{-2}$; $0{,}013\ W.m^{-2}$

4.45 Zdroj vysílá izotropně zvukové vlny, jejichž intenzita ve vzdálenosti $2{,}5\ m$ je $1{,}91.10^{-4}\ W$. Jaký je výkon zdroje za předpokladu, že se energie vln zachovává?

V: $15\ mW$

5. <u>Stacionární magnetické pole</u>

5.1 Přímý vodič délky 40 cm je vložen do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti 50 mT tak, že s magnetickými indukčními čarami svírá úhel $30°$. Je-li připojen ke zdroji napětí 5 V, působí na něj magnetická síla o velikosti $500\ \mu N$. Určete odpor tohoto vodiče.

V: $100\ \Omega$

5.2 Přímý měděný vodič délky $88\,cm$ a průměru $0{,}5\,mm$ je umístěn v homogenním magnetickém poli kolmo k jeho magnetickým indukčním čarám. Jestliže vodičem prochází proud $23\,A$, působí na něj síla o velikosti $1{,}6\,N$. Vypočítejte velikost magnetické indukce uvažovaného magnetického pole. Jaké je elektromotorické a svorkové napětí zdroje, k němuž je vodič připojen, je-li vnitřní odpor zdroje $2\,\Omega$? Měrný odpor mědi je $1{,}8.10^{-8}\ \Omega.m$.

V: $79\,mT$; $47{,}8\,V$; $1{,}8\,V$

5.3 Přímý měděný vodič délky 88 cm a průměru 0,5 mm je umístěn v homogenním magnetickém poli kolmo k jeho magnetickým indukčním čarám. Jestliže vodičem prochází elektrický proud 23 A, působí na něj síla o velikosti 1,6 N. Vypočítejte velikost magnetické indukce uvažovaného magnetického pole. Jaké je elektromotorické a svorkové napětí zdroje, k němuž je vodič připojen, je-li vnitřní odpor zdroje $2\,\Omega$? Měrný odpor mědi je $1{,}8\cdot10^{-8}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$.

V: 79 mT; 47,8 V; 1,8 V

5.4 Přímý vodič zasahuje svou částí o délce $20\,cm$ do homogenního magnetického pole, jehož magnetická indukce má velikost $2\,mT$. S magnetickými indukčními čarami tohoto pole svírá vodič úhel $30°$. Na vodič tak působí síla o velikosti $0{,}1\,mN$. Jaký je odpor vodiče, je-li připojen ke zdroji napětí $2{,}5\,V$?

V: $5\,\Omega$

5.5 Přímý vodič má délku $15\,cm$ a protéká jím proud $2\,A$. Je umístěný v homogenním magnetickém poli s magnetickou indukcí o velikosti $0{,}8\,T$. Jak velkou silou bude vodič odpuzovaný z uvedeného magnetického pole, jestliže svírá s magnetickými indukčními čarami úhel a) $0°$, b) $30°$, c) $45°$, d) $60°$, e) $90°$?

V: a) $0\,N$; b) $0{,}12\,N$; c) $0{,}17\,N$; d) $0{,}21\,N$; e) $0{,}24\,N$

5.6 Vodič o hmotnosti 5 g, o odporu $10\,\Omega$ a o délce 50 cm je připojen ke zdroji stálého elektrického napětí 20 V. Určete velikost a směr magnetické indukce homogenního magnetického pole, v němž se musí vodič nacházet, aby „levitoval“.

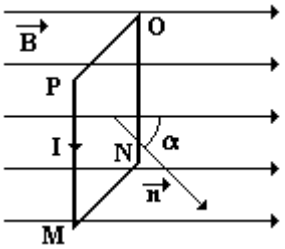
V: 49 mT

5.7 Vodič délky $0{,}5\,m$ je zavěšený na lehkých nevodivých vláknech a je vložen do homogenního magnetického pole, jehož magnetické indukční čáry leží ve svislé rovině. Velikost magnetické indukce tohoto pole je $50\,mT$. Prochází-li vodičem proud $2\,A$, vychýlí se z rovnovážné polohy tak, že vlákna svírají se svislým směrem úhel $30°$. Určete hmotnost vodiče.

V: $8{,}83\,g$

5.8 V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci o velikosti $0{,}2\,T$ je vodivá smyčka *MNOP* čtvercového tvaru o straně délky $150\,mm$, v níž protéká proud $9\,A$ (viz obr. 58). Úsek *PM* je kolmý k magnetickým indukčním čarám, normála plochy smyčky svírá s magnetickými indukčními čarami úhel $30°$. Určete: a) směr a velikost magnetické síly, která působí na úseky *PM*, *NO*, *OP* a *MN*; b) výsledný otáčivý moment, který působí na smyčku.

V: a) $0{,}27\,N$; $0{,}27\,N$; $0{,}234\,N$; $0{,}234\,N$; b) $0{,}02\,N.m$



obr. 58

5.9 Jak velké proudy protékají dvěma vzájemně rovnoběžnými vodiči, které jsou ve vzájemné vzdálenosti $25\,cm$, jestliže na $40\,m$ dlouhý úsek vodičů působí síla o velikosti $0{,}5\,N$?

V: $125\,A$

5.10 Dva přímé vzájemně rovnoběžné vodiče umístěné ve vzduchu jsou od sebe vzdálené $20\,cm$. Prvním vodičem prochází proud $2\,A$, druhým vodičem proud $5\,A$. Určete geometrické místo, v němž

je magnetická indukce výsledného magnetického pole nulová. Řešte pro případ, že proudy procházející vodiči jsou a) souhlasného směru, b) opačného směru.

V: a) $5,71\,cm$; b) $13,3\,cm$ (vždy od prvního vodiče)

5.11 Určete velikost intenzity magnetického pole v místě A mezi dvěma rovnoběžnými vodiči, jejichž vzájemná vzdálenost je $1,2\,m$. Prvním vodičem prochází proud $20\,A$, druhým proud $15\,A$ a místo A je ve vzdálenosti $0,4\,m$ od prvního vodiče. Řešte pro případ, že proudy procházející vodiči mají a) souhlasný, b) opačný směr.

V: a) $6,25\,\mu T$; b) $13,75\,\mu T$

5.12 Je třeba navinout dlouhou válcovou cívku tak, aby ve středu její dutiny bylo magnetické pole s magnetickou indukcí, jejíž velikost nemá být menší než $8,2\,mT$ při maximálním proudu $2\,A$. Jaká musí být hustota závitů cívky?

V: větší než $3264\,m^{-1}$

5.13 Z vodiče délky $50\,m$ a průměru $0,2\,mm$ zhotovíme válcovou cívku s průměrem $2\,cm$. Cívkou prochází proud $3\,A$. Jak velká je magnetická indukce ve středu dutiny cívky? Kolik závitů má cívka?

V: $18,8\,mT$; 796

5.14 Solenoid s 200 závity má délku $20\,cm$ a protéká jím proud $0,2\,A$. Relativní permeabilita prostředí uvnitř solenoidu je 1,5. Jak se změní velikost magnetické indukce uvnitř solenoidu, jestliže a) solenoid roztáhneme na dvojnásobnou délku, b) stlačíme na poloviční délku, c) proud zvýšíme o 30 %, d) vyřadíme 25 % závitů. Jak velká byla původně magnetická indukce solenoidu?

V: $B = 376,8\,\mu T$; a) $\frac{B}{2}$; b) $2B$; c) $1,3B$; d) $0,75B$

5.15 Cívkou s 2100 závity prochází proud $5\,A$. Kolik závitů je třeba přidat nebo ubrat, aby při proudu $7\,A$ vytvářela cívka magnetické pole se a) stejně velkou, b) poloviční, c) dvojnásobnou magnetickou indukcí?

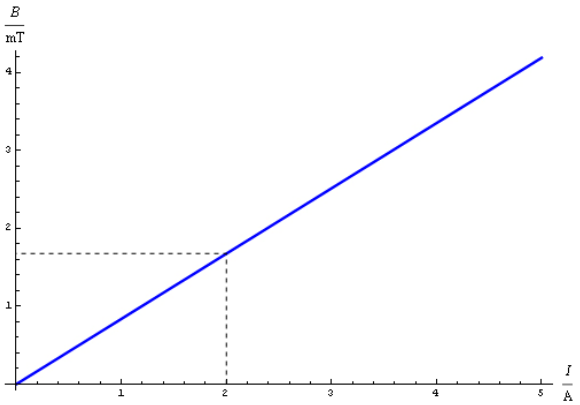
V: a) ubrat 600; b) ubrat 1350; c) přidat 900

5.16 Určete relativní permeabilitu jádra, které bylo zasunuté do cívky s magnetickou indukcí o velikosti $2,26\,mT$, jestliže při stejném proudu v cívce vzrostla velikost magnetické indukce cívky na $1,26\,T$

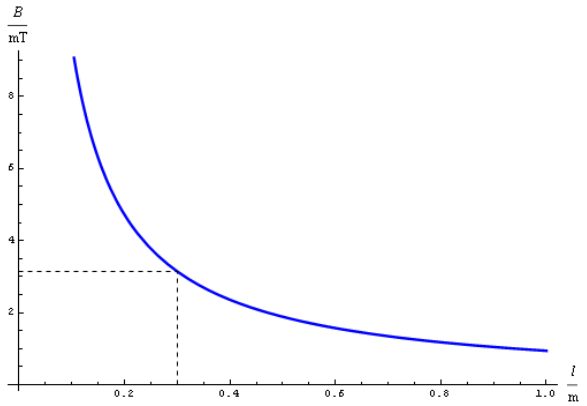
V: 557,5

5.17 Na cívce o průměru $5\,cm$ a délce $30\,cm$ je navinuto 1000 závitů měděného drátu, který je připojen ke zdroji napětí $50\,V$. Do cívky je vloženo jádro s relativní permeabilitou 250. Určete velikost magnetické indukce magnetického pole cívky v její dutině. Měrný odpor mědi je $1,8.10^{-8}\ \Omega.m$.

V: $1,31\,T$



obr. 59



obr. 60

5.18 Na obr. 59 je zobrazen graf závislosti velikosti magnetické indukce cívky (solenoidu) na elektrickém proudu, který cívkou prochází. Určete na základě grafu hustotu závitů použité cívky. Kolik má daná cívka závitů, má-li délku 15 cm?

V: $676\ \mathrm{m}^{-1}$; 101

5.19 Cívka se 100 závity o délce 10 cm je připojena ke zdroji stejnosměrného napětí 4 V s vnitřním odporem $2\,\Omega$. Určete velikost magnetické indukce magnetického pole uvnitř dutiny cívky. Relativní permeabilita jádra cívky je 150, odpor vinutí cívky je $3\,\Omega$.

V: 150 mT

5.20 Na obr. 60 je zobrazen graf závislosti velikosti magnetické indukce cívky (solenoidu) na její délce (při konstantním počtu závitů cívky a konstantním elektrickém proudu, který cívkou prochází). Určete na základě grafu proud, který cívkou prochází, má-li tato cívka 1000 závitů.

V: 0,74 A

5.21 Do mlžné komory umístěné v homogenním magnetickém poli vletěl kolmo k magnetickým indukčním čarám proton rychlostí o velikosti $2{,}5\cdot10^{6}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Určete poloměr jeho trajektorie, je-li velikost magnetické indukce uvažovaného magnetického pole 0,25 T.

V: 10 cm

5.22 Do mlžné komory vletí kolmo k magnetickým indukčním čarám homogenního magnetického pole elektron a začne se pohybovat po kružnici o poloměru 5 cm. Určete velikost rychlosti jeho pohybu. Velikost magnetické indukce magnetického pole je $40\ \mu\mathrm{T}$.

V: $3{,}5\cdot10^{5}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

5.23 Částice s nábojem $3{,}2\cdot10^{-19}\ \mathrm{C}$ vlétla do homogenního magnetického pole kolmo k jeho magnetickým indukčním čarám rychlostí o velikosti $1\cdot10^{6}\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Určete hmotnost této částice, je-li velikost magnetické indukce uvažovaného magnetického pole 200 mT a poloměr zakřivení trajektorie částice 10 cm. Nakreslete přehledný obrázek. Určete, o jakou částici se jedná.

V: $6{,}4\cdot10^{-27}$ kg

5.24 Svazek elektronů v katodové trubici se působením homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti $4{,}5\,mT$ pohybuje po kružnici s poloměrem $2\,cm$. Jaká je velikost rychlosti pohybu elektronů?

V: $1{,}6.10^{7}\ m.s^{-1}$

5.25 Do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti $20\ \mu T$ vletěl proton ve směru kolmém na magnetické indukční čáry. Jaká je frekvence jeho pohybu po kružnici?

V: $305{,}5\,Hz$

5.26 Elektron s energií $1{,}25.10^{-19}\ J$ vlétne do homogenního magnetického pole kolmo k indukčním čarám. V tomto magnetickém poli se pohybuje po části kružnice o poloměru $30\,cm$. Určete velikost magnetické indukce uvažovaného magnetického pole. Jakým potenciálovým rozdílem byl elektron urychlen?

V: $9{,}92\ \mu T$; $0{,}78\,V$

5.27 Částice alfa (jádro helia s hmotností $6{,}68.10^{-27}\ kg$ a nábojem $+2e$) je nejdříve urychlená v elektrickém poli potenciálovým rozdílem $2\ keV$ a následně vletí do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti $0{,}2\,T$ kolmo k magnetickým indukčním čarám. Vypočítejte poloměr trajektorie, po které se částice alfa v magnetickém poli pohybovala.

V: $4{,}57\,cm$

5.28 Napětí mezi duanty cyklotronu je $135\,kV$, velikost magnetické indukce je $1{,}42\,T$, hmotnost částice je $6{,}68.10^{-27}\ kg$ a její náboj je $+2e$. Kolikrát musí projít částice štěrbinou šířky $1\,cm$, aby na ní působila stejně velká elektrická síla jako je síla magnetická?

V: 7krát

5.29 Ionty izotopů neonu s hmotnostními čísly 20 a 22, s elektrickým nábojem $+e$ a s kinetickou energií $6{,}2.10^{-16}\ J$, vletěly do homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti $0{,}24\,T$ ve směru kolmém na magnetické indukční čáry uvažovaného pole. V magnetickém poli se pohybovaly po půlkružnici a vyletěly z něho ven ve dvou svazcích. Vypočítejte vzájemnou vzdálenost svazků v místě, kde opouštějí magnetické pole. Které z uvažovaných dvou typů iontů se budou pohybovat po trajektorii s větším poloměrem?

V: $1{,}63\,cm$; svazek tvořený ionty s hmotnostním číslem 22

6. Nestacionární magnetické pole

6.1 Magnetická indukce homogenního magnetického pole má velikost $1{,}4\,T$. Určete magnetický indukční tok kruhovou smyčkou s poloměrem $1\,dm$, jestliže rovina smyčky svírá se směrem magnetických indukčních čar úhel a) $0°$, b) $30°$, c) $45°$, d) $60°$, e) $90°$.

V: a) $0\,Wb$; b) $5{,}49\,mWb$; c) $7{,}77\,mWb$; d) $9{,}52\,mWb$; e) $10{,}99\,mWb$

6.2 Magnetický indukční tok se v cívce se 100 závity změní za 200 ms z hodnoty $20\,\mu\text{Wb}$ na hodnotu $300\,\mu\text{Wb}$. Jaké napětí se při této změně v cívce indukuje?

V: 140 mV

6.3 Na obr. 61 (resp. obr. 62) je znázorněn graf časové změny magnetického indukčního toku v určitém vodiči. Sestrojte graf časového průběhu indukovaného napětí v tomto vodiči, který se pohybuje v homogenním magnetickém poli. Určete maximální hodnotu indukovaného napětí.

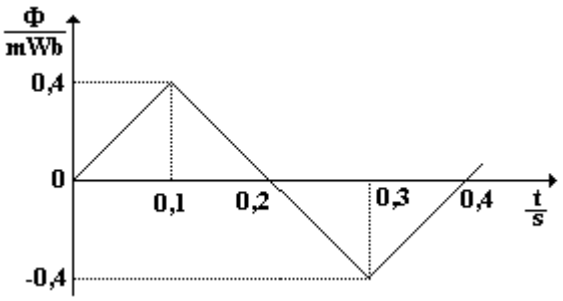
V: $4\,mV$ (resp. $80\,mV$)

6.4 Za jak dlouho se musí změnit magnetický indukční tok v cívce se 40 závity z hodnoty $30\,\mu Wb$ na $90\,\mu Wb$, aby se v cívce naindukovalo napětí $12\,V$? Jakou hodnotu ukáže ampérmetr a) ideální, b) s vnitřním odporem $2\,\Omega$, který je připojen k cívce (coby zdroji napětí) a rezistoru o odporu $4\,\Omega$?

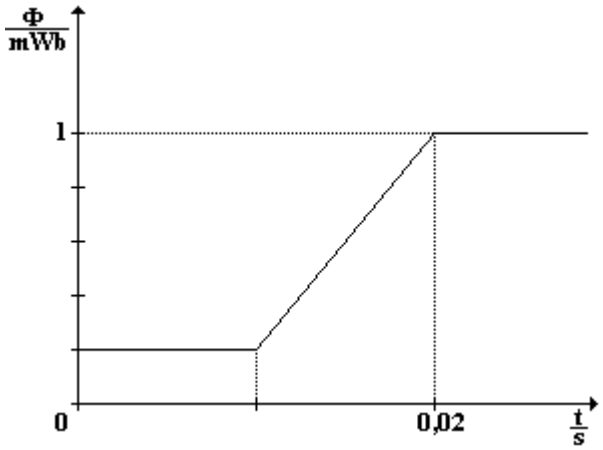
V: $0{,}2\,ms$; a) $3\,A$; b) $2\,A$

6.5 Do cívky, která má 12000 závitů zasouváme jižní pól tyčového magnetu. Určete střední hodnotu indukovaného napětí, jestliže pohyb magnetu trval $0{,}2\,s$ a po zasunutí magnetu je na průřezu cívky magnetický indukční tok $90\,\mu Wb$.

V: $5{,}4\,V$



obr. 61



obr. 62

6.6 V cívce se za dobu 100 ms naindukovalo napětí 2,5 V a přitom jí prošel elektrický proud 500 mA. Určete indukčnost cívky.

V: 0,5 H

6.7 Nakrátko zapojená cívka s 1000 závity se nachází v magnetickém poli, jehož indukční čáry jsou rovnoběžné s osou cívky. Velikost magnetické indukce vzrůstá s časem rychlostí $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 5.10^{-3}\ T.s^{-1}$. Plocha příčného řezu cívky má obsah $40\,cm^2$, odpor cívky je $160\,\Omega$. Jaký je výkon proudu v cívce?

V: $2{,}5\,\mu W$

6.8 Ohebný vodič o odporu $10\,\Omega$ má tvar hranice čtverce o straně $10\,cm$. Vodič je položen na vodorovné desce v homogenním magnetickém poli, jehož magnetická indukce má směr svislý a velikost $1\,T$. Jaký náboj proteče libovolným průřezem vodiče, změníme-li jeho tvar na rovnostranný trojúhelník o stejném obvodu?

V: $2{,}3.10^{-4}\ C$

6.9 Po horizontální nevodivé rovině se bez tření a prokluzování valí rovnoměrně nabitá obruč hmotnosti *m*. Po zapnutí horizontálního magnetického pole o velikosti magnetické indukce B_0 kolmého k rovině obruče se síla, kterou působí obruč na rovinu, zmenší na polovinu. Určete velikost postupné rychlosti ve středu valící se obruče, je-li její celkový elektrický náboj *q*.

V: $v = \dfrac{mg}{2qB_0}$

6.10 V rovině kolmé na magnetické indukční čáry homogenního magnetického pole se otáčí přímý vodič délky $0{,}2\ m$ úhlovou rychlostí $100\ rad.s^{-1}$. Velikost magnetické indukce je $0{,}4\ T$. Určete velikost elektromotorického napětí indukovaného ve vodiči (napětí mezi koncovými body vodiče), rotuje-li kolem osy, která prochází a) koncovým bodem vodiče, b) středem vodiče.

V: $0{,}8\ V$; $0\ V$

6.11 Určete elektromotorické napětí indukované v magnetickém poli Země ve vertikální anténě automobilu, který se pohybuje z východu na západ rychlostí $90\ km.h^{-1}$. Horizontální složka magnetické indukce magnetického pole Země má v uvažovaném místě velikost $2{,}3.10^{-5}\ T$, délka autoantény je $1{,}2\ m$.

V: $0{,}69$ mV

6.12 Po dálnici jede stálou rychlostí o velikosti 90 km.h^{-1} osobní automobil. Ve svislé anténě se přitom indukuje napětí $0{,}5$ mV. Určete délku antény. Velikost horizontální složky magnetické indukce magnetického pole Země je $20\ \mu$T.

V: 1 m

6.13 Jak velkou rychlostí se musí pohybovat vodič délky $20\ cm$ kolmo na magnetické indukční čáry homogenního magnetického pole s magnetickou indukcí o velikosti $0{,}1\ T$, aby se na jeho koncích indukovalo napětí $0{,}01\ V$?

V: $0{,}5\ m.s^{-1}$

6.14 Letadlo s rozpětím křídel $40\ m$ se pohybuje rychlostí o velikosti $720\ km.h^{-1}$ ve vodorovném směru v oblasti, v níž má vertikální složka magnetické indukce velikost $4\ \mu T$. Konce křídel jsou vodivě spojené s citlivým galvanometrem umístěným v kabině letadla. Jaké napětí ukazuje galvanometr? Jak se změní údaj galvanometru, jestliže se letadlo začne pohybovat rovnoměrně zrychleným pohybem tak, že za dobu půl minuty se velikost jeho rychlosti změní na $900\ km.h^{-1}$?

V: $32\ mV$; vzroste na $40\ mV$

6.15 Homogenní magnetické pole o magnetické indukci velikosti B je z jedné strany omezeno rovinou rovnoběžnou s indukčními čarami. V tomto poli je uložen čtvercový závit o straně a tak, že jeho rovina je kolmá k magnetickým indukčním čarám a jedna jeho strana rovnoběžná s rovinou ohraničující magnetické pole. Závit je zhotoven z vodiče o průměru d, jehož měrný elektrický odpor je ρ. Průměr d je oproti délce a zanedbatelný. Jak velkou stálou rychlostí musí být závit vysouván z magnetického pole v rovině kolmé k rovině ohraničující magnetické pole, má-li se v něm indukovat konstantní napětí U? Jak velké síly je zapotřebí k vysouvání závitu?

V: $v = \dfrac{U}{Ba}$; $F = \dfrac{\pi U d^2}{16\rho}$

6.16 V homogenním mg. poli je kolmo k indukčním čárám umístěn rovinný kruhový závit, jehož vnitřní plocha má obsah $1\ cm^2$. Odpor závitu je $1\ m\Omega$. Určete teplo, které vzniklo v závitu, jestliže se za $1\ s$ mg. indukce zmenšila o $10^{-2}\ T$. Předpokládejte, že odpor závitu se s teplotou nemění.

V: $10^{-9}\ J$

6.17 Velikost magnetické indukce homogenního magnetického pole se mění podle vztahu $B = k\tau$, kde $k = 0{,}5\ T.s^{-1}$ a τ je čas. V rovině kolmé na magnetické indukční čáry leží uzavřený hliníkový vodič ve tvaru čtverce o straně $10\ cm$. Obsah plochy příčného řezu vodiče je $1\ mm^2$. Určete teplo, které vznikne v tomto vodiči za půl minuty. Měrný odpor hliníku je $2{,}7.10^{-8}\ \Omega.m$. Teplotní změnu odporu neuvažujte.

V: $2{,}3\ \mu J$

6.18 V cívce s indukčností $1{,}5\ H$ vzrostl proud za dobu $0{,}3\ s$ o $5\ A$ a potom za dobu $0{,}05\ s$ rovnoměrně poklesne o stejnou hodnotu. Vypočítejte velikost indukovaného napětí při vzrůstu a poklesu proudu.

V: $25\ V$; $150\ V$

6.19 Po dobu jedné desetiny sekundy se v cívce indukovalo napětí o střední hodnotě 1,5 V , přičemž jejími závity procházel proud 300 mA . Určete indukčnost cívky a energii jejího magnetického pole při uvedeném ději. Uvažujte, že zadaná hodnota proudu je a) průměrná, b) maximální na sledovaném časovém intervalu. Předpokládejte lineární nárůst proudu.

V: a) 0,25 H ; 45 mJ ; b) 0,5 H ; 22,5 mJ

6.20 Ve válcové cívce s indukčností 60 *mH* , která má délku desetkrát větší než je její průměr, vznikne magnetický indukční tok 15 *mWb* , jestliže jejími závity prochází proud 5 *A* . Kolik závitů má cívka?

V: 20

6.21 Určete vlastní indukčnost cívky s 1200 závity, jestliže při průchodu proudu 2 *A* cívka ve svém průřezu vytváří indukční tok 0,5 *mWb* .

V: 0,3 *H*

6.22 Cívka se 600 závity má délku 20 *cm* a střední plošný obsah 4 cm^2 . Dutina cívky je vyplněná materiálem s relativní permeabilitou 1200. Určete indukčnost cívky.

V: 1,09 *H*

6.23 Kolik závitů je nutno navinout na papírový válec s průměrem 4 *cm* a délkou 16 *cm* , aby vzniklá cívka měla indukčnost 9 *mH* ?

V: 955

6.24 Jsou k dispozici dvě cívky s vlastními indukčnostmi L_1 a L_2 . Jaká bude výsledná indukčnost cívek, jestliže tyto cívky zapojíme a) sériově, b) paralelně? Předpokládejte, že cívky na sebe navzájem magneticky nepůsobí. Proč předpokládáme, že cívky na sebe vzájemně magneticky nepůsobí?

V: a) $L = L_1 + L_2$; b) $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

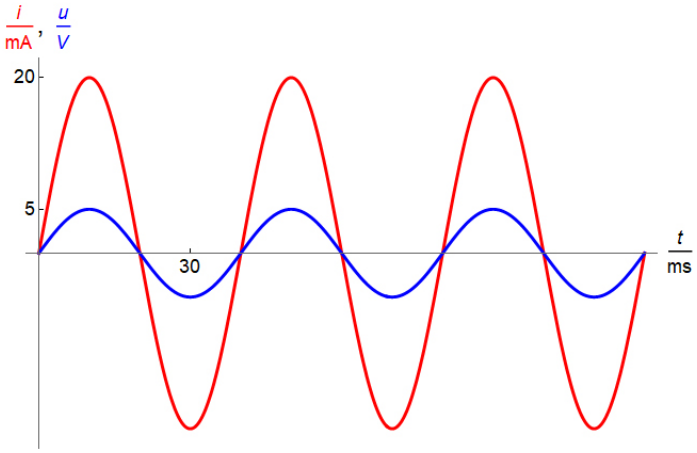
6.25 Cívka, jejíž vinutí má odpor 3 Ω a jejíž indukčnost je 0,15 H, je připojena ke zdroji s elektromotorickým napětím 15 V a s vnitřním odporem 2 Ω . Jakou maximální hmotnost může mít těleso, aby k jeho vyzdvižení do výšky 0,9 m postačovala energie magnetického pole uvedené cívky?

V: 76,5 g

7. Obvod střídavého proudu

7.1 Na obr. 63 je zobrazena časová závislost elektrického proudu procházejícího rezistorem a elektrického napětí zdroje, k němuž je rezistor připojen. Určete: a) amplitudu elektrického proudu a napětí; b) frekvenci elektrického proudu (resp. napětí); c) odpor příslušného rezistoru.

V: a) 20 mA; 5 V; b) 25 Hz; c) 250 Ω



obr. 63

7.2 Cívkou, jejíž ohmický odpor je vzhledem k induktanci zanedbatelný a která je připojena ke zdroji střídavého napětí s amplitudou 25 V a frekvencí 100 Hz, prochází elektrický proud s amplitudou 10 mA. Jaká je induktance cívky? Jaká je indukčnost cívky?

V: 2,5 kΩ ; 4 H

7.3 Kondenzátorem s kapacitou 470 nF připojeným ke zdroji střídavého napětí s amplitudou 12 V, prochází elektrický proud s amplitudou 15 mA. Jaká je kapacitance kondenzátoru? Jakou frekvenci má elektrické napětí z daného zdroje?

V: $800\,\Omega$; 423,5 Hz

7.4 Ke zdroji střídavého napětí s amplitudou 15 V a frekvencí 50 Hz je připojen kondenzátor s kapacitou $50\,\mu\text{F}$. Jak se změní amplituda elektrického proudu, jestliže k danému zdroji napětí místo kondenzátoru připojíme cívku s indukčností 0,25 H?

V: klesne o 44 mA

7.5 Cívka má indukčnost $53\,mH$ a odpor $0{,}35\,\Omega$. Cívku připojíme ke zdroji napětí $12\,V$. Jaká energie se nahromadí v magnetickém poli, když proud dosáhne ustálené hodnoty?

V: $31{,}15\,J$

7.6 Žárovka s parametry 12 V/750 mA je připojena ke zdroji střídavého napětí 20 V při frekvenci 25 Hz. Určete indukčnost cívky sériově připojené k žárovce, má-li žárovka normálně svítit.

V: 0,14 H

7.7 Cívka s indukčností 22 H je spojena sériově s kondenzátorem. Tímto zapojením prochází střídavý proud 150 mA s frekvencí 50 Hz. Napětí na tomto zapojení součástek je přitom nulové. Jaká je kapacita použitého kondenzátoru?

V: 461 nF

7.8 Obvod střídavého proudu je tvořen sériově spojeným rezistorem o odporu $40\,\Omega$, cívkou o indukčnosti $0{,}4\,H$ a kondenzátorem o kapacitě $16\,\mu F$. Obvod je připojen ke zdroji napětí $12\,V$ a frekvenci $50\,Hz$. Určete proud procházející obvodem a fázový posun mezi napětím a proudem v obvodu.

V: $143\,mA$; $-61{,}43°$

7.9 Cívka s indukčností $88\,mH$ o neznámém odporu a kondenzátor s kapacitou $0{,}94\,\mu F$ jsou připojeny v sérii se zdrojem napětí $50\,V$ o frekvenci $930\,Hz$. Jaký je odpor cívky, je-li fázový posun mezi přiloženým napětím a proudem $75°$? Jaký proud prochází cívkou? Jaké je na ní napětí?

V: $88{,}9\,\Omega$; $0{,}146\,A$; $76{,}15\,V$

7.10 Ke zdroji střídavého proudu o efektivním napětí $200\,V$ a frekvenci $50\,Hz$ je připojen obvod tvořený sériovým spojením kondenzátoru o kapacitě $16\,\mu F$ a rezistoru o odporu $150\,\Omega$. Určete impedanci obvodu, proud v obvodu a napětí na kondenzátoru a rezistoru.

V: $249{,}24\,\Omega$; $0{,}8\,A$; $160\,V$; $120\,V$

7.11 Cívkou v obvodu stejnosměrného proudu prochází proud I_1 při napětí U_1. V obvodu střídavého proud touto cívkou prochází při napětí U_2 a frekvenci f proud I_2. Určete: a) odpor, impedanci, induktanci a indukčnost cívky; b) fázový rozdíl mezi napětím a proudem; c) amplitudu střídavého proudu a amplitudu střídavého napětí; d) kapacitu kondenzátoru, který připojený do série s cívkou, vyvolá rezonanci proudu.
Řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty: $I_1 = 250$ mA, $U_1 = 80$ V, $U_2 = 230$ V, $f = 50$ Hz a $I_2 = 65$ mA. Vnitřní odpory zdrojů jsou zanedbatelně malé vzhledem k odporu cívky.

V: a) $320\,\Omega$; $3538{,}5\,\Omega$; $3524\,\Omega$; 11,22 H; b) $84{,}8°$; c) 91,9 mA; 325,3 V; d) 0,9 μF

7.12 V jistém sériovém RLC obvodu je maximální napětí generátoru $125\,V$ a maximální proud $3{,}2\,A$. Pokud proud předbíhá napětí o $0{,}982\,rad$, jaká je impedance obvodu a odpor rezistoru v obvodu? Je obvod kapacitního nebo induktivního charakteru?

V: $39\,\Omega$; $21{,}7\,\Omega$; kapacitní charakter

7.13 V sériovém *RLC* obvodu je při frekvenci $50\,Hz$ maximální napětí na cívce rovno dvojnásobku maximálního napětí na rezistoru a také dvojnásobku maximálního napětí na kondenzátoru. Jaký je fázový posun mezi proudem a napětím? Jaký by musel být odpor obvodu, aby byl maximální proud $300\,mA$, má-li elektromotorické napětí generátoru amplitudu $30\,V$?

V: $45°$; $70{,}7\,\Omega$

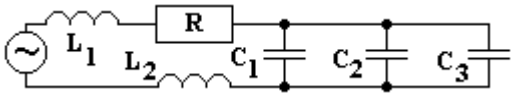
7.14 Voltmetr s velkou impedancí je postupně připojen k cívce, kondenzátoru a rezistoru sériového *RLC* obvodu, který je připojen ke zdroji napětí $100\,V$. Ve všech případech odečteme na voltmetru stejné napětí. Jaká je tato odečtená hodnota? Jaký je fázový posun mezi proudem a napětím?

V: $100\,V$; $0°$

7.15 Může být amplituda napětí na cívce větší než amplituda elektromotorického napětí generátoru v obvodu *RLC*? Zdůvodněte. Uvažujte sériový *RLC* obvod s rezistorem o odporu $10\,\Omega$, cívkou s indukčností $1\,H$ a kondenzátorem s kapacitou $1\,\mu F$, který je připojen ke zdroji napětí s amplitudou $10\,V$ a frekvencí $50\,Hz$. Vypočtěte: impedanci obvodu, napětí na rezistoru, cívce a kondenzátoru, fázový posun mezi proudem a napětím, rezonanční frekvenci, amplitudu napětí na cívce při rezonanci.

V: $2870,7\,\Omega$; $24,6\,mV$; $773\,mV$; $7,84\,V$; $89,8°$; $159,2\,Hz$; $1000\,V$

7.16 Sériový *RLC* obvod má rezonanční frekvenci $6\,kHz$. Je-li napájen při frekvenci $8\,kHz$, má impedanci $1\,k\Omega$ a počáteční fázi $45°$. Jaké jsou hodnoty odporu rezistoru, indukčnosti cívky a kapacity kondenzátoru tohoto obvodu?



obr. 64

V: $707\,\Omega$; $32,17\,mH$; $21,8\,nF$

7.17 Na obr. 64 je generátor s proměnnou frekvencí kmitů připojen k rezistoru o odporu $100\,\Omega$, k cívkám s indukčnostmi $L_1 = 1,7\,mH$ a $L_2 = 2,3\,mH$ a ke kondenzátorům s kapacitami $C_1 = 4\,\mu F$, $C_2 = 2,5\,\mu F$ a $C_3 = 3,5\,\mu F$. a) Jaká je rezonanční frekvence obvodu? Jak se změní rezonanční frekvence, jestliže se b) zvětší hodnota odporu rezistoru, c) zvětší hodnota indukčnosti L_1, d) odstraní z obvodu kondenzátor s kapacitou C_3?

Poznámka: Při řešení této úlohy využijte řešení (resp. výsledku) úlohy 6.24 .

V: a) $796,2\,Hz$; b) zůstane stejná; c) zmenší se; d) zvětší se na $987,54\,Hz$

7.18 Sériový RLC obvod s prvky s parametry R_1, L_1 a C_1 má stejnou rezonanční frekvenci jako druhý sériový obvod s prvky o parametrech R_2, L_2 a C_2. Oba tyto obvody nyní zapojíme do série. Jaká je rezonanční frekvence takto nově vzniklého obvodu ve srovnání s rezonanční frekvencí prvního obvodu?

Poznámka: Při řešení této úlohy využijte řešení (resp. výsledku) úlohy 6.24 .

V: stejná

7.19 Klimatizační zařízení připojené k síti o napětí $120\,V$ je ekvivalentní sériovému zapojení rezistoru o odporu $12\,\Omega$ a induktance $1,3\,\Omega$. Určete a) impedanci klimatizačního zařízení, b) střední výkon dodávaný do zařízení, c) činný výkon zařízení.

V: $12,07\,\Omega$; $1193\,W$

7.20 Do sériového obvodu střídavého proudu se zdrojem napětí $25\,V$ je připojen rezistor a cívka o indukčnosti $0,5\,H$. Obvod má výkon $6,25\,W$. Určete odpor rezistoru, účiník a frekvenci proudu, jestliže obvodem prochází proud $0,5\,A$.

V: $25\,\Omega$; 0,5; $13,79\,Hz$

7.21 Spotřebič s impedancí $50\,\Omega$ je připojen ke střídavému napětí 230 V. Jeho příkon je 1 kW a výkon 800 W. Jaký je účiník a jaká je účinnost přístroje?

V: 0,76; 0,8

7.22 Na štítku elektromotoru jsou údaje $U = 220\,V$, $I = 4,0\,A$ a $\cos\varphi = 0,65$. Určete činný výkon motoru. Motor pohání vrátek, který zvedá břemeno o hmotnosti $100\,kg$. Do jaké výšky zvedne břemeno za jednu minutu? Ztráty mechanismu a) neuvažujte, b) charakterizujte účinností 80 %. Při výpočtu předpokládejte rovnoměrný pohyb zvedaného břemene.

V: $572\,W$; a) $34,98\,m$; b) $27,98\,m$

7.23 Paralelní zapojení pěti žárovek s parametry 230 V/ 60 W je nutné ochránit jističem. Který jistič z nabídky 1 A, 2 A, 5 A nebo 10 A je vhodný? Zdůvodněte.

V: 2 A

7.24 Žárovky s parametry 6 W/4 V a 8 V/$10\,\Omega$ jsou spojeny paralelně. Jaký z jističů – 1 A, 2 A nebo 5 A – je vhodný pro ochranu toho obvodu?

V: 5 A

7.25 Střídavé napětí $6\,kV$, které má výkon $200\,kW$, se transformátorem transformuje na napětí $220\,V$. Určete transformační poměr transformátoru a proud protékající primárním a sekundárním vinutím transformátoru. Řešte a) pro ideální případ beze ztrát, b) pro případ, kdy účinnost transformátoru je 90 %.

V: a) 0,037; $33{,}3\,A$; $909\,A$; b) 0,037; $33{,}3\,A$, $818{,}2\,A$

7.26 Žárovka s parametry 11,5 W/500 mA je připojena přes transformátor k fázovému napětí. Určete počet závitů primárního vinutí transformátoru, má-li sekundární vinutí 10 závitů.

V: 100

7.27 Spotřebičem s impedancí $50\,\Omega$, který chceme připojit přes transformátor k fázovému napětí, může téct maximální elektrický proud 230 mA. Primární vinutí použitého transformátoru má 500 závitů. Kolik závitů musí mít sekundární vinutí, jestliže spotřebič nechceme zničit?

V: 25

7.28 Primárním vinutím transformátoru prochází při fázovém napětí elektrický proud 2 A. Určete proud procházející spotřebičem s impedancí $500\,\Omega$ připojeným k sekundárnímu vinutím transformátoru. Transformátor má účinnost 95 %.

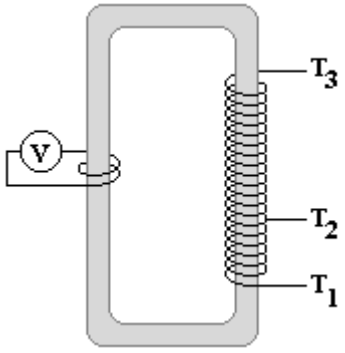
V: 935 mA

7.29 Elektrickým spotřebičem s impedancí $460\,\Omega$ prochází elektrický proud 200 mA. Spotřebič je přitom připojen k sekundárnímu vinutí transformátoru s 1000 závitů. Kolik závitů má primární cívka transformátoru připojená k fázovému napětí?

V: 2500

7.30 Na obr. 65 je zobrazen tzv. autotransformátor, který je tvořen jedinou cívkou navinutou na železném jádře. Cívka má tři vývody. Mezi vývody T_1 a T_2 je 200 závitů a mezi vývody T_2 a T_3 je 800 závitů. Libovolné dva vývody je možné považovat za „primární svorky“ a jiné dva za „sekundární svorky“ transformátoru. a) Určete největší a nejmenší transformační poměr tohoto transformátoru. Voltmetr je připojen pomocí dvou závitů a ukazuje napětí $0{,}5\,V$. Určete vstupní a výstupní napětí transformátoru při b) největším, c) nejmenším transformačním poměru.

V: a) 5; 0,2; b) $50\,V$; $250\,V$; c) $250\,V$; $50\,V$



obr. 65

8. Elektromagnetické kmitání a vlnění

8.1 Oscilační obvod, který je tvořen cívkou a dvěma stejnými kondenzátory spojenými paralelně, kmitá s periodou $20\,\mu s$. Určete periodu kmitů obvodu, jestliže kondenzátory budou spojeny sériově.

V: $10\,\mu s$

8.2 Oscilační obvod je tvořen cívkou s indukčností 50 mH a kondenzátorem s kapacitou $2\,\mu F$. Jaká je perioda kmitání tohoto obvodu? Jaká bude perioda kmitání obvodu, jestliže místo zapojeného kondenzátoru zapojíme dva kondenzátory spojené paralelně? Všechny uvažované kondenzátory mají stejnou kapacitu.

V: 2 ms; 2,8 ms

8.3 Kondenzátor o kapacitě $4\,\mu F$ je nejprve připojen ke zdroji stejnosměrného napětí 20 V a potom k cívce o indukčnosti $160\,mH$. Určete frekvenci elektrických kmitů a amplitudu proudu v obvodu.

V: $200\,Hz$, $0{,}1\,A$

8.4 Určete délku půlvlnného dipólu, jehož základní frekvence odpovídá frekvenci oscilačního obvodu s kondenzátorem o kapacitě $10\,pF$ a s cívkou o indukčnosti $0{,}9\,\mu H$.

V: 2,8 m

8.5 Oscilační obvod tvořený cívkou s indukčností 8 mH a kondenzátorem s kapacitou 2 fF je zdrojem elektromagnetického vlnění. Určete frekvenci tohoto vlnění a délku půlvlnného dipólu, který toto vlnění zachytí.

V: 4.10^7 Hz ; 3,7 m

8.6 Oscilační obvod kmitá s periodou 10 ns. Jak se změní perioda kmitání obvodu, jestliže indukčnost cívky 25krát vzroste a kapacita kondenzátoru 100krát klesne? Jaká bude v tomto případě délka půlvlnnného dipólu, který bude schopen elektromatické vlnění generované tímto obvodem přijmout?

V: 5 ms; 0,75 m

8.7 Radiolokátor vysílá za sekundu 4000 impulsů elektromagnetického vlnění o vlnové délce 15 cm . Doba trvání jednoho impulsu je $0,02\ \mu s$. Určete, kolik kmitů obsahuje jeden impuls a do jaké největší vzdálenosti lze radiolokátorem určovat cíle.

V: 40; 37,5 km

8.8 Elektromagnetický oscilátor je zdrojem elektromagnetických vln s frekvencí 300 MHz . Určete vlnovou délku těchto elektromagnetických vln, má-li prostředí, kterým se šíří, relativní permitivitu 25 a relativní permeabilitu 1.

V: 0,2 m

8.9 Elektromagnetická vlna vlnové délky 300 m a elektromagnetická vlna délky 299,7 m spolu vzájemně interferují. Určete počet rázů (maxim) za jednu sekundu.

V: 1001

Zdroje a inspirace příkladů:

[1] M. Kružík: „Sbírka úloh z fyziky pro žáky středních škol“, SPN Praha 1969

[2] Z. Kluiber: „Nápaditá fyzika“, nakladatelství ARSCI, Praha 2000

[3] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: „Fyzika“, Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM a Nakladatelství Prometheus, Brno 2000

[4] E. Říman, J. B. Slavík, K. Šoler: „Příklady z fyziky“, SNTL Praha 1964

[5] příklady z přijímacích zkoušek na vysoké školy technického směru z minulých let

[6] starší ročníky Fyzikální olympiády

[7] učitelé SPŠST a spřátelených škol (hlavně fyzikáři)

[8] život a fantazie Jaroslava Reichla

Sbírka neprošla jazykovou úpravou. Za případné chyby se omlouvám a prosím na jejich upozornění.