Příklady z elektřiny a magnetismu (NOFY018) - doporučené k počítání. LS 2020/2021

1. Sestavte si tabulku hlavních vzorců a vět vektorové analýzy.

2. Určete divergenci a rotaci následujících vektorových polí: a) $\vec{F} \equiv (x+y,\ -x+y,\ -2z)$; b) $\vec{F} \equiv (2y,\ 2x+3z,\ 3y)$; c) $\vec{F} \equiv (x^2-z^2,\ 2,\ 2xz)$. Je-li rot $\vec{F} = 0$, najděte skalární pole takové, aby $\vec{F}$ = grad φ.
[0,(0,0,-2); 0,(0,0,0), $2xy + 3zy$; $4x$, $(0,-4z,0)$].

3. Určete gradient následujících skalárních polí ($\vec{r}$ je rádiusvektor): a) r, b) r^2, c) r^3, d) $\frac{1}{r}$, e) $\frac{1}{r^2}$, f) $\frac{1}{r^3}$, g) $\vec{c}\cdot\vec{r}$, h) $\frac{\vec{c}\cdot\vec{r}}{r}$, i) $\frac{\vec{c}\cdot\vec{r}}{r^2}$, j) $\frac{\vec{c}\cdot\vec{r}}{r^3}$.
[$\frac{\vec{r}}{r}$, $2\vec{r}$, $3r\vec{r}$, $\frac{-\vec{r}}{r^3}$, $\frac{-2\vec{r}}{r^4}$, $\frac{-3\vec{r}}{r^5}$, $\vec{c}$, $\frac{r^2\vec{c}-(\vec{c}\cdot\vec{r})\vec{r}}{r^3}$, $\frac{r^2\vec{c}-2(\vec{c}\cdot\vec{r})\vec{r}}{r^4}$, $\frac{r^2\vec{c}-3(\vec{c}\cdot\vec{r})\vec{r}}{r^5}$; zde i v následujících příkladech řešení s podmínkou $r \neq 0$, pokud výrazy při $r \to 0$ neomezeně rostou.]

4. Určete divergenci a rotaci následujících vektorových polí: a) $\vec{r}$, b) $\frac{\vec{r}}{r}$, c) $\frac{\vec{r}}{r^2}$, d) $\frac{\vec{r}}{r^3}$, e) $\frac{\vec{c}}{r}$.
[3, $\vec{0}$; $\frac{2}{r}$, $\vec{0}$; $\frac{1}{r^2}$, $\vec{0}$; 0, $\vec{0}$; $-\frac{\vec{c}\cdot\vec{r}}{r^3}$, $\frac{\vec{c}\times\vec{r}}{r^3}$. Všimněme si zejména příkladu d), který odpovídá Coulombově poli bodového náboje, umístěného v počátku souřadnic. Toto pole má všude kromě počátku div $\vec{F} = 0$ v souladu s Poissonovou rovnicí. Naproti tomu lze dokázat i opačně, že jediné pole, které vyhoví této podmínce je právě pole Coulombovo. Rozložíme-li totiž obecné pole $\vec{F}$ do mocninné řady se zápornými exponenty (pole neomezeně roste při $r \neq 0$) a najdeme divergenci obecného členu této řady:

$$\operatorname{div}\frac{\vec{r}}{r^\alpha} = \frac{\operatorname{div}\vec{r}}{r^\alpha} + \vec{r}\cdot\operatorname{grad}\frac{1}{r^\alpha} = \frac{3-\alpha}{r^\alpha} = 0$$

, zjistíme, že jediný nenulový člen této řady odpovídá $\alpha = 3$, tedy právě Coulombově poli.]

Elektrostatika

(P) 00. Millikanův experiment. Základní vztahy a postup pro experimentální stanovení elementárního náboje.

(P) 01. Předpokládejte jednorozměrný řetízek kladných a záporných nábojů o velikosti $\pm e$ pravidelně se střídajících ve vzdálenosti a. Jaká je elektrostatická energie v soustavě připadající na jeden náboj? Jaká by byla energie takového jednorozměrného iontového krystalu připadající na jednotkovou délku?

(A)1.1.1. Dvě stejné částice, jejichž rozměry můžeme zanedbat, jsou nabity náboji rovnými náboji elektronu. Jakou hmotnost by tyto částice musely mít, aby přitažlivá gravitační síla působící mezi nimi byla v rovnováze se silou elektrostatickou. Kolikrát by tato hmotnost byla větší než hmotnost elektronu.

(A)1.1.5. Dva hmotné body, každý o hmotnosti m = 1g jsou v gravitačním poli s tíhovým zrychlením g = 9,81 m/s^2 zavěšeny na nehmotných závěsech délky l = 1m. Tyto hmotné body se po nabití stejnými náboji rozestoupí na vzdálenost $r = 5\times10^{-2}$m. Jak velký náboj Q nese každý hmotný bod?

(A)1.1.9. Poměr velikostí dvoubodových nábojů opačných znamének je n, vzdálenost obou nábojů je d. Dokažte, že povrch nulového potenciálu je kulová plocha. Vypočítejte poloměr R této plochy a vzdálenost jejího středu od jednoho z nábojů.

(A)1.1.10. Vypočítejte průběh potenciálu a intenzity pole dipólu o momentu $\boldsymbol{p} = q.\boldsymbol{l}$. Předpokládejte, že vzdálenost místa, v němž počítáme intenzitu pole, od středu dipólu je větší než délka dipólu ($r >> l$).

(P) 02. Vyjádřete průběh intenzity elektrického pole bodového dipólu ve sférických souřadnicích. Jak se uplatní symetrie pole?

(A)1.1.12. Do homogenního elektrického pole o intenzitě $\boldsymbol{E} \equiv (0, 0, E_0)$ je vložen elementární dipól s momentem $\boldsymbol{p}$ majícím též směr osy z, $\boldsymbol{p} \equiv (0, 0, \mathrm{p})$.
a) Dokažte, že ekvipotenciální plochou s nulovým potenciálem je kulová plocha a určete její poloměr a. (Kde všude je potenciál nulový?)
b) Změní se rozložení pole, jestliže do této ekvipotenciální plochy umístíme vodivou plochu nabitou na nulový potenciál?
c) Jaká by byla hustota náboje na této vodivé ploše?
d) Jaký by byl celkový dipólový moment P vodivé plochy?

(A)1.1.14. Určete potenciál elektrostatického pole vzbuzeného bodovým nábojem q nacházejícím se ve vzdálenosti a od vodivé rovinné stěny udržované na nulovém potenciálu. Určete dále plošnou hustotu η náboje na vodivé stěně, jeho celkovou velikost a sílu F, kterou je náboj přitahován ke stěně.

(A)1.1.22. Dva dlouhé tenké vodiče, vložené rovnoběžně ve vzdálenosti d od sebe jsou nabity s lineární hustotou $+\lambda$ a $-\lambda$ (λ=konst.). Určete intenzitu pole $\boldsymbol{E}$ v bodě, který leží v rovině symetrie ve vzdálenosti x od roviny v níž leží vodiče.

(A)1.1.23. Mezi dvěma rovnoběžnými vodivými rovinami vzdálenými o d je průběh potenciálu dán vztahem $\varphi = kx^n$ (k a n > 1 jsou konstanty, x je vzdálenost od jedné z rovin). Je třeba určit průběh objemové hustoty náboje ρ v prostoru mezi rovinami a plošnou hustotu σ náboje na vodivých rovinách.

(A)1.1.25. Dvě stejně velké nabité plochy S1 a S2 umístěné vedle sebe tvoří tak zvanou elektrickou dvojvrstvu, je-li hustota náboje σ na obou plochách stejně veliká, ale opačného znaménka. Vypočítejte, jaký bude průběh potenciálu v okolí této dvojvrstvy za předpokladu, že vzdálenost l ploch je velmi malá.

(A)1.2.5. Kulový vodič K_1 o poloměru R_1 je obklopen soustřednou vodivou kulovou slupkou K_2 o poloměru R_2. Pro tuto soustavu vypočítejte kapacitní a influenční koeficienty a přesvědčte se, že platí $C_i k = C_{ki}$.

(A)1.2.6. Vypočítejte kapacitu kondenzátoru tvořeného dvěma soustřednými kulovými slupkami o poloměrech R_1 a R_2 ($R_2 > R_1$) pomocí hodnot kapacitních a influenčních koeficientů.

(A)1.2.11. Deskový kondenzátor má kapacitu C =100 pF. Jak se tato kapacita změní, vložíme-li mezi desky paralelně vodivý plech, jehož tloušťka je rovna čtvrtině vzdálenosti elektrod. Má poloha plechu vliv na výslednou kapacitu?

(A)1.3.4. Prostor mezi elektrodami deskového kondenzátoru je vyplněn dvěma stejně velkými dielektriky o permitivitách ε_1 a ε_2. Jaká bude kapacita kondenzátoru, je-li rozhraní mezi dielektriky
a) rovnoběžné s elektrodami
b) kolmé k elektrodám?
Čemu bude roven poměr obou kapacit?

(A)1.3.5. Permitivitu ε pevných látek měříme obvykle tak, že planparalelní destičku tloušťky d zhotovenou z měřeného materiálu vložíme mezi elektrody deskového kondenzátoru. Vzhledem k nerovnostem povrchu materiálu se vytváří obvykle mezi elektrodami a vzorkem vzduchová vrstvička určité tloušťky δ. Jaká může být maximálně tloušťka δ vrstvičky, neuvažujeme-li její vliv na výsledek a nemá-li chyba v určení permitivity vzorku být větší než 1 %?

(A)1.3.8. Do homogenního elektrického pole ve vakuu byla vložena dielektrická koule o permitivitě ε a poloměru R. Vypočítejte vektor polarizace koule, její dipólový moment a hustotu vázaného náboje na povrchu koule.

(A)1.3.10. Předpokládáme, že atom vodíku je tvořen protonem, kolem něhož obíhá elektron po kruhové dráze o poloměru r = 0,1 nm a že mezi protonem a elektronem působí pouze coulombovské síly. Vycházejíce z těchto předpokladů, vypočítejte koeficient polarizovatelnosti atomu vodíku a získanou hodnotu porovnejte s hodnotou keoficientu polarizovatelnosti vodíku, určenou z naměřené permitivity ε_r = 1,00026 při hustotě ρ = 0,04 kg/m^3.

(A)1.3.12. Jaká bude polarizovatelnost molekuly benzenu, jestliže při teplotě 25°C byla naměřena relativní permitivita ε_r = 2,2773. Benzen je nepolární, jeho molekulová váha je

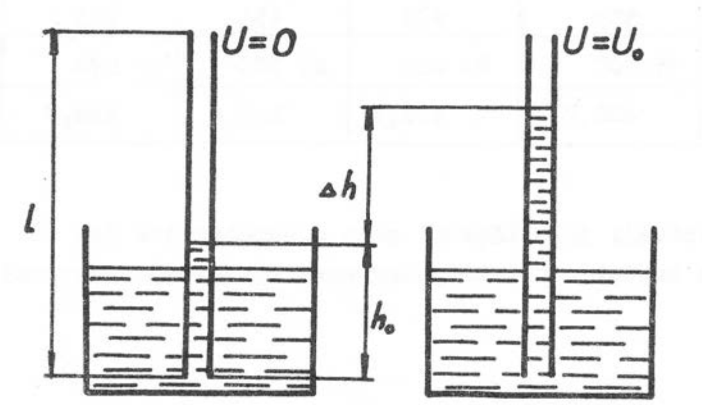
78110 g/mol, hustota 0,87219 g/cm^3. Určete, jaký dipólový moment bude mít molekula benzenu v poli o intenzitě 1kV/m.

(A)1.4.1. Otočný vzduchový kondenzátor má minimální kapacitu C_0 = 10 pF, maximální kapacitu pak C_m = 1000 pF.
a) Jakou práci vykonáme, měníme-li jeho kapacitu z maximální hodnoty C_m na hodnotu C_0, jestliže je na elektrodách udržováno konstantní napětí U= 1kV?
b) Jakou práci vykonáme, jestliže kondenzátor byl nabit při kapacitě C_m na napětí U_0= 1kV a během změny kapacity na C_0 byl od zdroje odpojen?
Tření v ložiscích rotoru zanedbáváme.

(A)1.4.2. Jaká síla působí na elektrody deskového kondenzátoru nabitého na napětí U? Plocha desek je S a jejich vzdálenost x.

(A)1.4.5. Deskový kondenzátor je vyplněn dvěma vrstvami dielektrika o permitivitách ε_1 a ε_2 a tloušťkách d_1 a d_2. Těmito dielektriky je kondenzátor vyplněn beze zbytku a rozhraní mezi dielektriky je rovnoběžné s elektrodami. Vypočtěte elektrostatické síly působící na desky kondenzátoru a na rozhraní, je-li napětí mezi elektrodami U. Plocha elektrod je S. Přesvědčte se, že platí princip akce a reakce.

(A)1.4.6. Do kapalného dielektrika jsou ponořeny dvě paralelní vodivé desky (viz obr.). Nejsou-li desky nabity, vystoupí hladina kapaliny mezi deskami do výšky h_0 (měřeno od dolního okraje desek. O jakou vzdálenost Δh se zvýší hladina kapaliny mezi deskami, nabijeme-li desky na napětí U_0? Permitivita kapaliny je ε, vzdálenost desek d.



(A) 1.4.9. Do homogenního elektrického pole o intenzitě E_0 byla vložena dielektrická koule poloměru R, jejíž permitivita je ε. Určete, jaká bude energie této koule.

(A) 1.4.10. Jaká síla působí na dielektrickou kuličku poloměru R v nehomogenním elektrickém poli o intenzitě $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$. Permitivita kuličky je ε. Pro zjednodušení výpočtu předpokládáme, že kulička je tak malá, že pole uvnitř kuličky je možno považovat za homogenní.

(P) 03. Odvoďte vztahy pro průběhy elektrického potenciálu a pole v okolí následujících homogenně nabitých objektů:

a) nekonečná přímka
b) nekonečná rovina

c) dvojice rovnoběžných nekonečných rovin
d) nábojová dvojvrstva obecného tvaru
e) kulová slupka
f) koule
g) válcová plocha a válec

(viz např. Elektřina a magnetismus, učebnice autorů Sedlák, Štoll, kapitola 1.2.9, str. 50)

(P) 04. Jaká síla působí mezi dvěma dipóly $\boldsymbol{p}_1(\boldsymbol{r}_1)$ a $\boldsymbol{p}_2(\boldsymbol{r}_2)$?

(viz např. učebnice S&Š, kapitola 1.3.5., str. 78)

(P) 05. Určete průběh elektrického potenciálu a pole pro následující konfigurace objektů:

a) nekonečná vodivá rovina a bodový náboj Q ve vzdálenosti a
b) vodivá uzemněná koule o poloměru R a bodový náboj Q ve vzdálenosti x od středu koule („kulové elektrostatické zobrazení“)
c) vodivá koule o poloměru R v homogenním elektrostatickém poli E_0

(P) 06. Odvoďte vztah pro:

(e) kapacitu válcového kondenzátoru
(f) kapacitu dvoulinky

(viz také kapitola 1.4.7. Příklady použití (str. 107).

Stacionární proud

(A) 2.1.1. Uvnitř homogenního izotropního tělesa o vodivosti σ nechť v okamžiku t=0 existuje volný náboj o hustotě ϱ_0. Jak se bude tento náboj měnit s časem? Odhadněte konkrétní hodnoty pro měď (σ= 0,6×10^8 (Ωm)$^{-1}$) a izolant – sklo (σ= 0,6×10^8 (Ωm)$^{-1}$). Relativní permitivitu položte řádově rovnu jedné.

(A) 2.1.2. Vypočtěte pohyblivost nositelů náboje v mědi, za předpokladu, že na každý atom připadá jeden vodivostní elektron. Atomová hmota mědi A= 63,6, její hustota h=8,9 g/cm^3, měrný odpor ϱ=1,7×10^{-8} Ωm. Avogadrovo číslo N_A=6,023×10^{23} mol^{-1}, náboj elektronu e=1,6×10^{-19} C.

(A) 2.1.9. Variátor (železný drátek ve vodíkové atmosféře) má při pokojové teplotě t_0=20°C odpor R_0=4,2Ω. Výkonem P se drátek ohřeje o teplotní rozdíl t-t_0 = gP, kde g=9 K/W. Odpor vlákna přitom roste přibližně lineárně s teplotou, teplotní koeficient odporu je 8×10^{-23} K^{-1}. Jaká je voltampérová charakteristika variátoru? Načrtněte její graf. Vypočtěte mezní hodnotu proudu, který může (za daných zjednodušujících předpokladů) variátorem procházet.

(A) 2.1.10. Z tenké desky o síle t z materiálu o měrné vodivosti σ je vyříznuto mezikruží o vnitřním poloměru r_1 a vnějším r_2. Stanovte odpor mezikruží, slouží-li jako přívody proudu obě kružnice, kterými je omezeno.

(A) 2.3.1. Vzduch mezi deskami rovinného kondenzátoru je ionizován homogenně v celém tomto prostoru ioinizačním činidlem, které vytváří v objemové jednotce v iontových párů za jednotku času. Obě desky kondenzátoru jsou uzemněny, v kondenzátoru je ustavena rovnováha mezi ionizací a rekombinací, činitel rekombinace označme α.
(a) Stanovte počet iontových párů v jednotce objemu (koncentraci iontových párů) n_0.
(b) Jak bude klesat jejich koncetrace $n(t)$ v závislosti na čase t, zastavíme-li v čase t=0 činnost ionizačního činidla? Zanedbejte úbytek iontů difusí ke stěnám.

(A) 2.3.2. V předchozím příkladu nechť je je vzdálenost desek l=4cm a jejich plocha S=25 cm^2. Vypneme ionizační činidlo a hned nato připojíme na kondenzátor na okamžik tak velké napětí, aby se prakticky všechny iontydostaly na elektrody. Změříme (např. kvandrantovýn elektrometrem) náboj Q_1 = 32 pC, který protekl kondenzátorem. Jestliže však tento postup zopakujeme s tím rozdílem, že napětí připojíme až půl sekundy po vypnutí ionizátoru, naměříme náboj poloviční Q_2=Q_1/2. Stanovte veličiny α, v, n_0 (srovn. výsledky předchozího příkladu).

(A) 2.3.3. Pro uspořádání z minulých dvou příkladů stanovte nasycený proud.

(U) Příklady použití (řešené problémy v kapitole 3.2.6 učebnice S&Š, str. 182)
a) podobnost elektrostatického a stacionárního elektrického pole
b) řazení odporů
c) transformace trojúhelník-hvězda
d) výkonové přizpůsobení

Stacionární magnetické pole

(A) 3.1.1. K tenkému drátěnému kruhu o poloměru R je přiváděn proud i_0. Nalezněte výraz pro indukci magnetického pole B ve středu kruhu, jestliže přívody dělící kruh na dvě části délky L_1 a L_2 jsou tvořeny dvěma nekonečnými vodiči umístěnými radiálně.

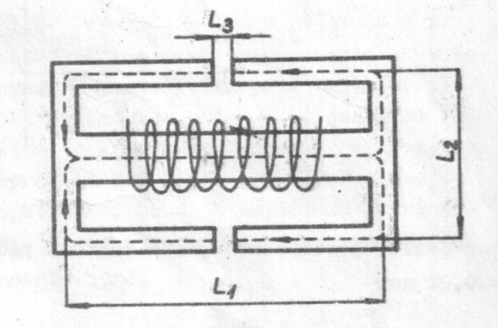
(A) 3.1.2. Určete magnetické pole ve válcovém otvoru (poloměr R_2) v nekonečném válcovém vodiči (poloměr R_1), kterým protéká proud i_0 rovnoměrně rozložený po průřezu s konstantní hustotou.

(A) 3.1.6. Užitím integrální formy Ampérova zákona (Maxwellovy rovnice pro stacionární proud) určete vztah mezi hodnotami intenzity pole H_1 a H_2 v nejbližším okolí vinutí uvnitř a vně solenoidu. Ukažte, že H_2 vně vinutí je poblíž středu velmi dlouhého solenoidu rovno nule.

(P) 08. Jaký je vektorový potenciál homogenního magnetického pole $\boldsymbol{B} \equiv (0, 0, B_0)$?

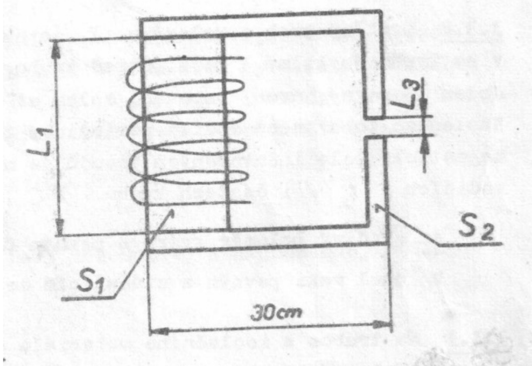
(A) 3.1.13. Užijte vektorový potenciál k určení magnetického pole v libovolném bodě na ose kruhového závitu. Závit má poloměr R a protéká jím proud i_0.

(A) 3.2.5. Kolik ampérzávitů musí mít elektromagnet (obr.3.4), aby v mezerách bylo pole B_3=0,65 T. Délky jednotlivých částí magnetického obvodu: L_1=100 cm, L_2=80 cm, L_3=4 mm. Průřez magnetického toku je ve všech částech obvodu stejný S=20 cm^2.

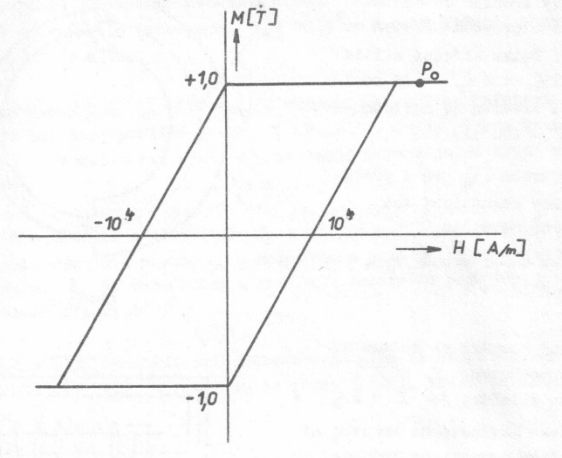


Obr.3.4

(A) 3.2.6. Soustava pozůstává z válečku – permanentního magnetu (S_1=100 cm^2, L_1=20 cm) a dvou pólových nástavců zhotovených z magneticky měkkého železa (S_2=20 cm^2). Vzduchová mezera má délku L_3=1 cm (obr.3.5). Proudem ve vinutí se váleček zmagnetoval do bodu P_0 (obr.3.6). Určete intenzitu magnetického pole v mezeře po vypnutí proudu. Permeabilitu pólových nástavců považujte za nekonečnou, rozptyl magnetického toku v mezeře zanedbejte.



Obr.3.5



Obr.3.6

(A) 3.2.7. Nalezněte ***B***, ***H*** uvnitř homogenně zmagnetovaného disku, je-li vektor ***M*** kolmý k rovině disku (zanedbejte efekty na okrajích).

(U) Učebnice "Elektřina a magnetismus", kapitola 3.3.5 Příklady použití (str. 200).
a) Magnetické pole přímého vodiče (i vektorový potenciál)
b) Magnetická indukce na ose kruhového závitu
c) Magnetická indukce na ose solenoidu
d) Magnetická indukce toroidu

(U) kapitola 3.5.7 Příklady použití (str. 236).
a) magnetické pole na rozhraní dvou prostředí
b) toroidní jádro se vzduchovou mezerou
c) koule v homogenním magnetickém poli

Elektromagnetická indukce

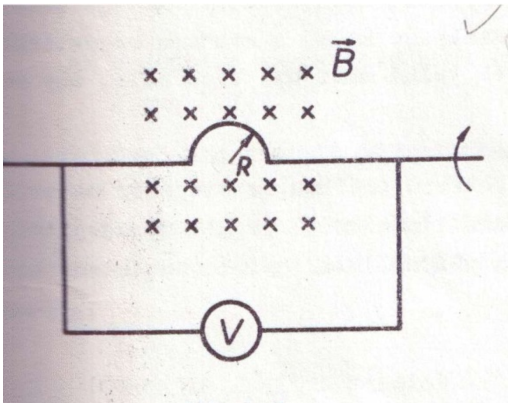
(A) 3.3.3. Na trubce z izolačního materiálu o poloměru D je navinuta cívka o N závitech. Tato cívka, která spolu s odporem R k ní připojeným tvoří uzavřený obvod, je umístěna v homogenním magnetickém poli indukce B. Osa cívky je rovnoběžná s vektorem magnetické indukce. Spočítejte

(a) proudový impuls (náboj) $\int_0^\infty i(t)dt$,

(b) napěťový impuls $\int_0^\infty u(t)dt$,

který proteče obvodem při otočení cívky o 180° kolem osy kolmé k vektoru magnetické indukce.

(A) 3.3.5. Pevný drát ve tvaru půlkruhu o poloměru R se otáčí s frekvencí f v homogenním magnetickém poli podle obr.3.7. Jaká je indukce pole, jestliže voltmetr s vnitřním odporem r_i (zbytek obvodu má zanedbatelný odpor) ukazuje napětí U. Jaká je amplituda indukovaného proudu? Pole vytvořené proudem je zanedbatelné.



Obr.3.7

(A) 3.3.12. Uvnitř dostatečně dlouhého železného kruhového válce je vytvořeno homogenní magnetické pole, které má směr podél osy a rovnoměrně vzrůstá s časem B=kt, kde k=0,27 T/s. Průměr válce je D=30 cm. Najděte intenzitu elektrického pole ve vzdálenosti R=60 cm od osy válce.

(A) 3.4.2. Uvažujte dvě smyčky l_1, l_2 , kterými protéká proud I_1, I_2. Dokažte, že koeficienty vzájemné indukčnosti jsou symetrické, tj. že platí vztah L_{12}=L_{21}. Důkaz proveďte dvěma způsoby:

(a) Vyjádřete magnetické pole soustavy pomocí vektorového potenciálu (viz: vektorový potenciál v bodech smyčky je postačující pro určení magnetického toku smyčkou).
(b) Uvažujte energii magnetického pole soustavy.

(A) 3.4.7. Udejte výraz pro indukčnost dlouhé válcové cívky délky L, průřezu S, s počtem závitů n.

(A) 3.4.10. Vypočítejte indukčnost připadající na jednotku délky pro nekonečně dlouhé dvoulinkové vedení tvořené dvěma dráty kruhového průřezu s poloměrem r. Pro vzdálenost os obou vodičů a nechť platí a»r.

(A) 3.4.14. Na toroidním jádře jsou navinuty dvě cívky s počtem závitů n_1, n_2. Spočítejte jejich vzájemnou indukčnost M za předpokladu, že pro relativní permeabilitu jádra μ_r platí μ_r »1. Vzájemnou indukčnost M vyjádřete pomocí vlastních indukčností L_1, L_2 obou cívek.

Energie a silové účinky magnetického pole

(A) 3.5.2. Toroidní cívka (bez jádra) sestává ze dvou vinutí, každé má N=1000 závitů. Vinutí jsou navzájem spojena, jejich magnetická pole mají stejný směr.
(a) Spočítejte magnetickou energii W_2 takovéto cívky.
(b) Jak se změní energie (W_1), jestliže jedno vinutí odpojíme.
(c) Nalezněte vztah mezi interakční energií obou cívek a W_2.
Proud ve vinutí i_0=5A, střední délka toroidu L=25 cm, příčný průřez S=1 cm^2.

(A) 3.5.11. Ukažte, že jestliže intenzita elektrického pole $\boldsymbol{E}$ je rovnoběžná s magnetickou indukcí $\boldsymbol{B}$ a obě jsou konstantní a homogenní, pohybuje se nabitá částice po kružnici, jejíž střed je urychlován.

(A) 3.5.12. Elektron je vstřiknut do homogenního pole $\boldsymbol{E}$ pod takovým úhlem, že jeho kinetická energie spojená se složkou rychlosti, která je rovnoběžná s $\boldsymbol{B}$ má hodnotu $K_\parallel$ a zbytek energie, který je spojen s pohybem v rovině kolmé k $\boldsymbol{B}$ je $K_\perp$. Najděte poloměr R, sklon φ a periodu T výsledného spirálovitého pohybu.

(U) Učebnice "Elektřina a magnetismus", kapitola 4.2.4 Příklady použití
a) Neustálený stav v obvodech s indukčností a kapacitou (Přechodový jev po připojení stejnosměrného zdroje napětí přes odpor R ke kapacitě C resp. indukčnosti L. Pro případ indukčnosti popište chování proudu a napětí v obvodu po odpojení zdroje.)
b) Sériový rezonanční obvod (Vznik tlumených kmitů v sériovém RLC obvodě po připojení zdroje stejnosměrného napětí U_0 nebo při vybíjení kondenzátoru nabitého na napětí U_0 přes sériové spojení odporu a indukčnosti.

Elektromagnetické pole
(U) Učebnice "Elektřina a magnetismus", kapitola 5.3.4 Příklady použití (str. 341).
c) Povrchový jev (skinefekt)

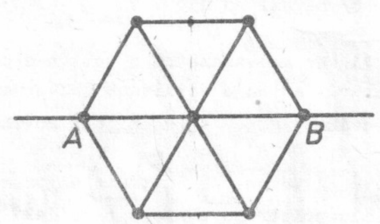
(A) 4.5. Válcovým vodičem, jehož poloměr je r, délka l a odpor R, protéká proud I. Stanovte velikost a směr Poyntingova vektoru na povrchu vodiče a vypočtěte jeho tok celým pláštěm vodiče.

(A) 4.13. V teorii elektrických obvodů resp. vedení se často užívá pojem impedance, což je veličina udávající souvislost mezi napětím a proudem. Analogicky k teorii obvodů lze zavést pojem impedance i v teorii elektromagnetického pole. Budeme-li intenzitu elektrického pole $\boldsymbol{E}$ chápat jako analogii napětí a intenzitu magnetického pole $\boldsymbol{H}$ jako analogii proudu, můžeme zavést obecně komplexní veličinu Z_0, která vyjadřuje vztah mezi $\boldsymbol{E}$ a $\boldsymbol{H}$ so do velikosti i fáze. Mluvíme pak o charakteristické impedanci prostředí pro vlnu určitého typu.

Uvažujte rovinnou monochromatickou vlnu o frekvenci ω a vlnovém vektoru $\boldsymbol{k}$. Jelikož vektory $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{H}\times\boldsymbol{n}$ leží ve stejném směru a vektor $\boldsymbol{H}\times\boldsymbol{n}$ má stejnou velikost jako intenzita magnetického pole, můžeme charakteristickou impedanci daného prostředí Z_0 definovat vztahem $\boldsymbol{E}=Z_0(\boldsymbol{H}\times\boldsymbol{n})$.
Vyjádřete impedanci Z_0 pomocí konstant prostředí (ε,μ,σ) a vypočítejte její číselnou hodnotu pro případ vakua.

Řešení elektrických obvodů

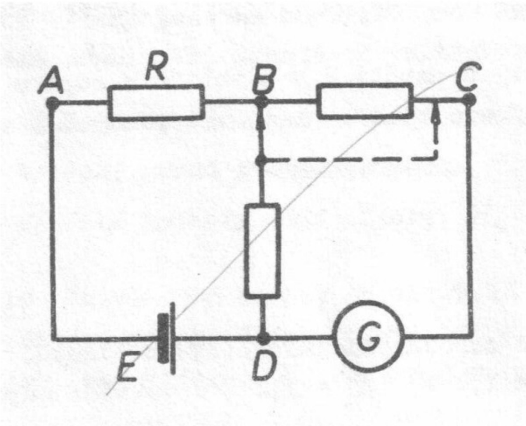
(A) 5.1.4. Určete odpor mezi body A a B pravidelného šestiúhelníku s uhlopříčkami podle obr.5.2. Odpor každého úseku mezi dvěma uzly je r.



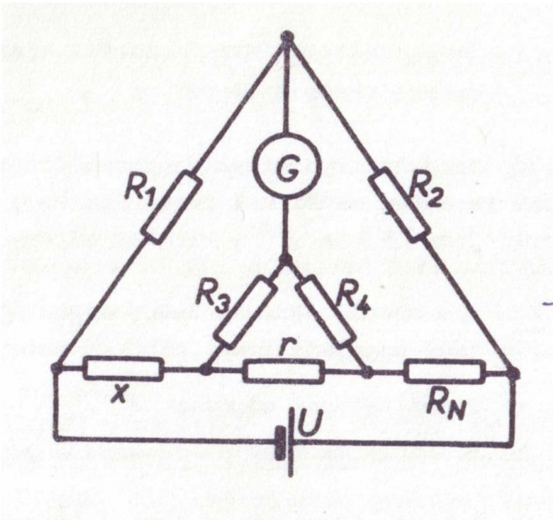
Obr.5.2

(A) 5.1.11. Ke galvanometru s vnitřním odporem 290 Ω je připojen bočník, který desetkrát snižuje citlivost galvanometru. Jaký sériový odpor je třeba připojit, aby celkový odpor zapojení byl roven odporu galvanometru?

(A) 5.1.16. Jaký je vnitřní odpor galvanického článku, je-li odpor R nastaven tak, aby výchylka galvanometru byla stejná při přepojení kontaktu z bodu B do bodu C (obr.5.9) Vnitřní odpor galvanometru je r_g.



Obr.5.9

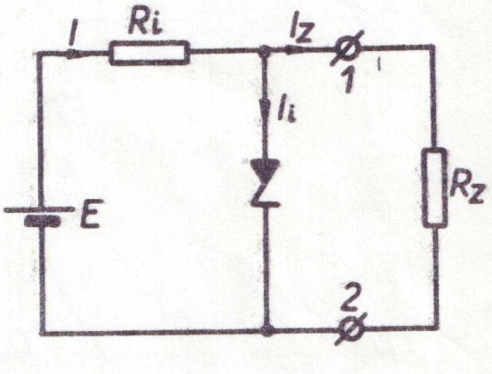


Obr.5.18

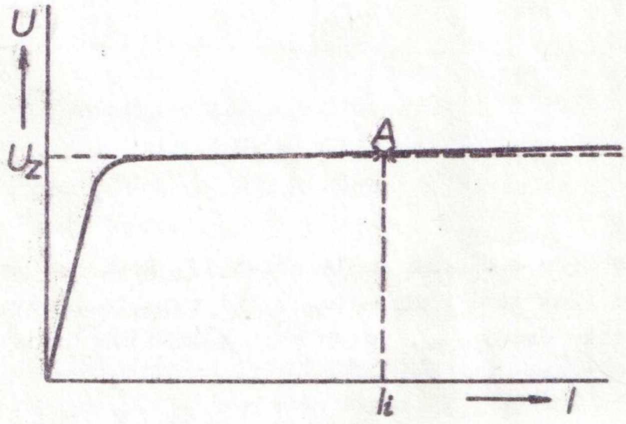
(A) 5.1.33. Udejte podmínky rovnováhy na Thomsonově dvoj-mostu (obr,5.18)
(a) v obecném případě
(b) v případě, že *r* je velmi malé
(c) v případě, že platí $R_1= NR_3$, $R_2=NR_4$.

(A) 5.2.1. Žárovka 120 V, 100 W je přes impedanci $\overline{Z}$ připojena na síť 220 V, 50 Hz tak, že pracuje při jmenovitých hodnotách napětí a výkonu. Předpokládejte, že (a) $Z=R$, (b) $Z=\omega L$, (c) $Z= 1/\omega C$.

(A) 5.4.2. Zenerova dioda je připojena ke zdroji o elektromotorickém napětí *E* a vnitřním odporu R_i (obr. 5.54). Veličiny E, R_i jsou voleny tak, že dioda pracuje v bodě A své voltampérové charakteristiky (obr. 5.55) daném napětím U_Z, proudem I_i a vnitřním odporem R_{iZ}. Nalezněte:
(a) Jak se mění napětí *U* na svorkách zatěžovacího odporu R_Z při změně napětí zdroje o ΔE. Vyšetřete speciální případ R_Z»R_i, R_i»R_{iZ}.
(b) Jaké jsou parametry (elektromotorické napětí, vnitřní odpor) efektivního zdroje, který uvažované zapojení představuje vzhledem k zátěži R_Z.



Obr.5.54



Obr.5.55

Střídavé obvody – děliče napětí

(P) 09.Vstupní střídavé napětí ($U_0\cos\omega t$) je připojeno na sériově spojené impedance: $\boldsymbol{R}$+$\boldsymbol{C}$, C_1+C_2, resp. R_1+(R_2||C), výstupní napětí se odebírá na některém ze sériově spojených členů ($\boldsymbol{C}$, C_2, resp. R_2||C). Jaká je velikost a fázový posuv výstupního napětí vůči vstupnímu pro uvedená zapojení?

(A) Skriptum „Příklady z elektřiny a magnetismu", R. Bakule, B. Sedlák, MFF UK
(U) Učebnice: B. Sedlák, I. Štoll, Elektřina a magnetismus
(P) příklady přidané přednášejícím