

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE I in II

Predloga nalog za študijsko leto 2002/2003

Pripravila Anton R. Sinigoj in Edi Bulić

(Predloga nalog v *pdf* formatu je dostopna na naslovu <http://torina.fe.uni-lj.si/oe/>. Na tem naslovu so zbrane tudi izpitne in kolokvijske naloge z rešitvami.)

Ljubljana, 2002

Kazalo

Osnove elektrotehnike I

1. Elektrostatično polje	1
2. Časovno konstantno tokovno polje	17
3. Enosmerna električna vezja	19

Osnove elektrotehnike II

4. Magnetostatično polje	24
5. Dinamično elektromagnetno polje	29
6. Električna vezja spremenljivih tokov	33
Magnetilne krivulje	41

1. Elektrostatično polje

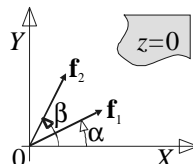
1.1. V ravnini $z = konst.$ je točka $T(x, y)$, ki ni izhodiščna; v njej izrazite smernika \mathbf{e}_ρ in \mathbf{e}_φ s smernikoma \mathbf{e}_x in \mathbf{e}_y – ter obratno!

1.2. V točki T iz naloge 1.1 je vektor \mathbf{L} izražen s komponentama L_x in L_y oz. z L_ρ in L_φ . Določite matriki, ki povezujeta oba para komponent!

1.3. V koordinatnem izhodišču in ravnini $z=0$ sta enotska vektorja \mathbf{f}_1 in \mathbf{f}_2 , ki oklepata z osjo X kota α in β . S pomočjo skalarnega in vektorskega produkta pokažite, da veljata tile enakosti:

a) $\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha \cos\beta - \sin\alpha \sin\beta$ in b) $\sin(\alpha + \beta) = \sin\alpha \cos\beta + \cos\alpha \sin\beta$.

Napotek bodi: produkt izvedemo po definiciji, tega pa nato izenačimo s produktom, pridobljenim po »receptu« za komponentno podana faktorja (produkta).



1.4. V kartezičnem oz. valjnem k. s. sta podani skalarni funkciji $V(x, y) = 2xy$ in $U(\rho, \varphi) = 5 \cos\varphi / \rho$. Določite množico točk, kjer bo prva imela vrednosti 10, 20, ..., druga pa vrednosti 50, 100, ...! In še: prvo izrazite kot funkcijo polarnih, drugo pa kot funkcijo kartezičnih koordinat!

1.5. Imamo vektorsko polje $\mathbf{E} = (E_\rho, E_\varphi) = k(\cos\varphi, \sin\varphi) / \rho^2$. Na krožnici z radijem $\rho = \rho_0$ skicirajte vektor \mathbf{E} pri nekaj polarnih kotih φ ! Kaj moremo reči o $E = |\mathbf{E}|$ na tej krožnici?

1.6. Izračunajte časovno po(v)prečje funkcije $p(t) = U_m I_m \cos(\omega t + \alpha) \cos(\omega t + \beta)$. Pri katerih odnosih med kotoma α in β bo to (poprečje) enako nič in kdaj največje?

1.7. Dano je vektorsko polje $\mathbf{S}(x, y) = (5y, 5x)$. Izračunajte (krivuljni integral) $\int \mathbf{S} \cdot d\mathbf{l}$ vzdolž zveznice med točkama $T_1(0, 0)$ in $T_2(2, 3)$! Kolikšen je ta integral po kakšni drugi poti med njima? Kaj ugotavljamo?

1.8. Dano je vektorsko polje $\mathbf{P} = (3, 4, -5)$. Trikotna ploskev je napeta med točke $T_1(1, 0, 0)$, $T_2(0, 1, 0)$ in $T_3(0, 0, 1)$; izračunajte $\int \mathbf{P} \cdot d\mathbf{a}$! (pretok polja \mathbf{P} skozi trikotno ploskev)

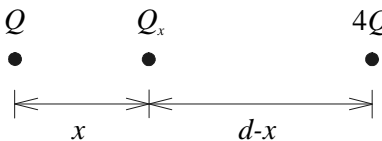
1.9. Funkciji $V(x, y) = \sin(\pi x / a) \sinh(\pi y / a)$ določite oba parcialna odvoda!

1.10. Točkasti naboj $Q = 1 \mu\text{C}$ se v danem trenutku t nahaja v točki T . Takrat in tam sta vektorja ELMG polja $\mathbf{E} = (2, 3, 1) \text{ kV/m}$ in $\mathbf{B} = (-2, 1, 3) \text{ mT}$, naboj pa ima hitrost $\mathbf{v} = (3, -1, 2) \cdot 10^6 \text{ m/s}$. Določite vektor Lorentzove sile in njegovo velikost? Opišite trajektorijo gibanja delca z maso m , ki »nosi« ta naboj, če bi bili omenjeni polji homogeni, torej krajevno in časovno neodvisni!

1.11. Ob času $t = 0$ začne z ene plosče kondenzatorja odtekati (na drugo pa pač pritekati) naboj s tokom $i(t) / \text{A} = 5 \exp(-10t)$. Koliko električnega naboja je na plošči ob $t_1 \geq 0$, če je na koncu praznenja plošča brez naboja?

1.12. Koliko elektronov prestopi namišljen presek žice v $1\mu\text{s}$ pri toku $I = 1\text{ A}$?

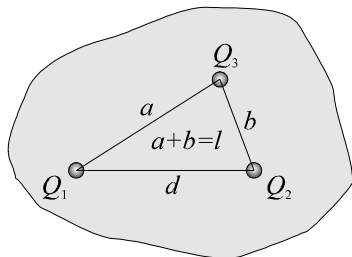
1.13. Določite oddaljenost x in množino naboja Q_x , ki zagotavljata, da bodo sile na vse tri točkaste naboje enake nič ($Q = 9\mu\text{C}$, $d = 30\text{ mm}$)!



1.14. Trije enaki točkasti naboji (naboj vsakega je Q) so razmeščeni na oglišča enakostraničnega trikotnika. Kolikšen naboj Q_x moramo namestiti v njegovo težišče, da bodo Coulombove sile na vse štiri naboje enake nič?

1.15. Štiri enake točkaste naboje (naboj vsakega je Q) postavimo v oglišča kvadrata. Kolikšen naboj Q_0 moramo postaviti v njegovo težišče, da bodo električne sile na vse naboje enake nič?

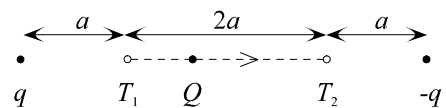
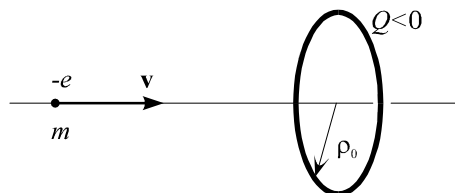
1.16. V ogliščih tetraedra z robom a se nahajajo štirje enaki naboji (naboj vsakega je Q). Določite električno silo na enega izmed njih! Zamislimo si, da bi bil eden od nabojev nasprotnega predznaka; najmanj kolikšna bi bila tista sila, ki bi ta naboj še povlekla iz težišča preostalih treh stran, razdalje do njih pa bi bile pri tem vseskozi enake? Je kakšna formalna razlika do primera, ko bi sistem treh nabojev zamenjali z naelektrenim prstanom?



1.17. Na gladki vodoravni površini se nahajajo tri kroglice z naboji: $Q_1 = Q, Q_2 = 2Q, Q_3 = 3Q$. Prvi dve sta fiksno nameščeni na medsebojni oddaljenosti d , tretja pa je z vrvico dolžine l gibljivo pripeta na ostali dve, da je $a + b = l > d$. Določite razdalji a in b oz. stabilno lego tretje kroglice, če sama podlaga pri tem nima nikakršnega električnega učinka!

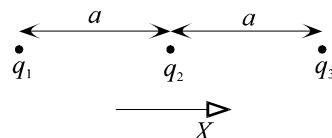
1.18. Dve majhni naelektreni kroglici z nabojema Q_1 in Q_2 ter masama m_1 in m_2 sta na medsebojni oddaljenosti d . Kolikšno kinetično energijo pridobi druga, ko jo prepustimo vplivu odbojne ($Q_1 Q_2 > 0$) električne sile, če je gravitacijska sila med njima zanemarljiva? In kako je obratno, ko vlogi kroglic zamenjamo?

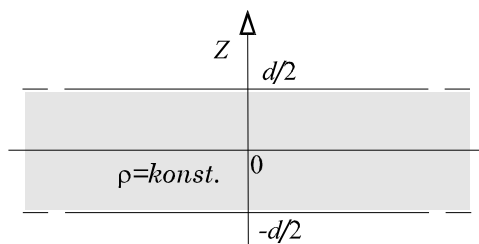
1.19. Najmanj kolikšno hitrost v_0 mora imeti curek elektronov ob »izstrelitvi«, da še premaga zaviralni učinek električnega polja naelektrenega obroča? – Mesto izstrelitve je daleč od obroča.



1.20. Koliko dela opravi polje električne sile dveh premih nabojev (q in $-q$), da premakne točkasti naboj Q od točke T_1 do točke T_2 ?

1.21. Zapišite vektor sile \mathbf{f}_e , sile na dolžinski meter na eno od daljnovidnih vrvi s premimi naboji q_1, q_2 in q_3 ! – Sistem nabojev je uravnovežen: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$. Kako je s trenutno vrednostjo in poprečjem te sile, ko imajo naboji naslednje (harmonične) časovne odvisnosti: $q_1(t) = q_0 \cos \omega t$, $q_2(t) = q_0 \cos(\omega t + 2\pi/3)$ in $q_3(t) = q_0 \cos(\omega t - 2\pi/3)$. (Trifazni sistem.)





1.22. V in ob plasti (oblaku) nabojev, debeline d in gostote ρ , določite polje \mathbf{E} ! Kako interpretirati produkt ρd pri polju izven oblaka? Kolikšno hitrost v smeri Z osi bi moral tik pod oblakom imeti naboj Q z maso m , da bi ga še preletel? – Možnost trkov izločimo!

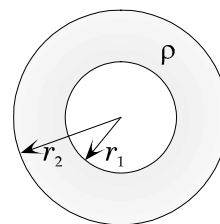
1.23. Ob n-p spoju je podana poenostavljena porazdelitvena funkcija prostorske gostote nabojev:

$$\rho(x) = \begin{cases} -\rho_0 \frac{x}{|x|} & |x| \leq x_0 \\ 0 & |x| > x_0 \end{cases}$$

Določite $\mathbf{E}(x)$, $V(x)$ in napetost $U = V(x_0) - V(-x_0)$ med krajnima mejama plasti nabojev!

1.24. Določite radialno funkcijsko odvisnost električne poljske jakosti v in ob dolgem, ravnem in enakomernem curku elektronov dane gostote ρ_e in premera $d = 2\rho_0$!

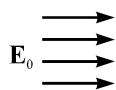
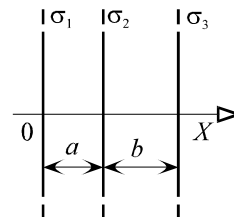
1.25. V in ob krogelni lupini s prostorsko gostoto $\rho = konst.$ določite vektor \mathbf{E} ! Narišite funkcijski potek radialne komponente polja (E_r) v odvisnosti od r ! Razmislite tudi o primeru, ko je $d = r_2 - r_1$ precej manjši od r_2 in moremo naboj v tanki lupini opisati s ploskovno gostoto $\sigma = \rho d$.



1.26. Gostota prostorsko porazdeljenega naboja je podana s funkcijo:

$\rho(r) = \rho_0 \exp(-(r/r_0)^3)$. Določite jakost $\mathbf{E} = (E_r, 0, 0)$ na splošni oddaljenosti r od centra oblaka!

1.27. Dani so trije ravninski sloji s ploskovnimi gostotami $\sigma_1 = -\sigma$, $\sigma_2 = 3\sigma$ in $\sigma_3 = -2\sigma$. Določite jakost \mathbf{E} v vseh štirih podprostorih!



1.28. Dve naelektreni kovinski kroglici z nabojema Q in $-Q$ sta mehansko povezani z izolacijskim distančnikom dolžine d , vse skupaj pa se nahaja v homogenem polju jakosti \mathbf{E}_0 . Zapišite navor \mathbf{M}_e , ki deluje na tak, togo povezan par nabojev (t.i. točkasti električni dipol)!

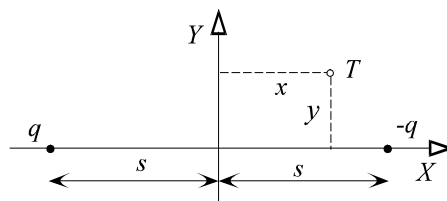
1.29. Enaki vzporedni premi naboji so v prerezni ravnini razmeščeni v oglišča enakostraničnega mnogokotnika. Določite silo \mathbf{f}_e (silo na dolžinski meter) na enega od teh nabojev!

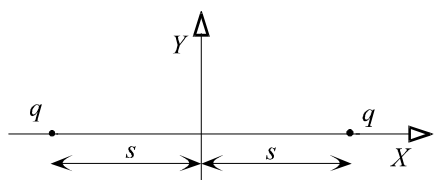
1.30. Vprašanja iz nalog 1.18, 1.19 in 1.20 pokomentirajte v luči potencialne energije in potencialne funkcije – potenciala!

1.31. Določite funkcijska poteka električnega potenciala pri nalogah 1.25 in 1.27!

1.32. Kolikšen je upadek potencialne energije elektrinskega para (dipola) v nalogi 1.28, ko se ta – pod vplivom polja – »postavi« v smer polja \mathbf{E} ! »Sestavite« izraz za potencialno energijo dipola v takšnem (homogenem) polju!

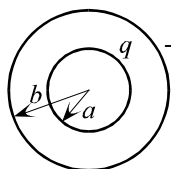
1.33. Opredelite funkciji $V(x, y)$ in $\mathbf{E}(x, y)$ v splošni točki $T(x, y)$ v okolici dveh premih ($\pm q$ – tim. »raznoimenskih«) nabojev! Poenostavite zapisa za *potencial* in *jakost*, ko je s krepko pod $\sqrt{x^2 + y^2}$ oz., ko je vprašanje po daljnem polju para premih nabojev!





1.34. V preseku para »istoimenskih« premih nabojev skicirajte družino ekvipotencialk! (Dobljene so tim. Cassinijeve krivulje – med njimi je tudi krivulja, oblikovana kot ležeča »osmica«, imenovana leminiskata. Takšno potencialno sliko srečamo v okolici »dvojčka« kot izvedbe faznega vodnika npr. na našem 400 kV daljnovodu.

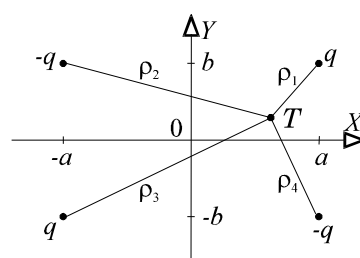
1.35. Dva raznoimenska točkasta naboja sta vsaksebi na oddaljenosti l . Q_1 Q_2
Opredelite lego ekvipotencialke s potencialom nič voltov, ko je $|Q_1| \geq |Q_2|$!



1.36. V medprostoru soosnih valjev s polmeroma a in b ter raznoimenskima nabojema/m ($\pm q$) določite družino devetih ekvipotencialnih ploskev!

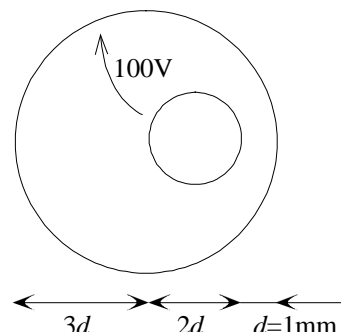
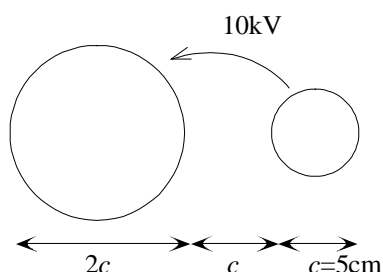
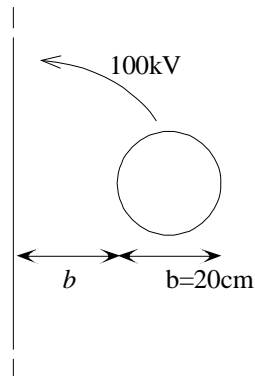
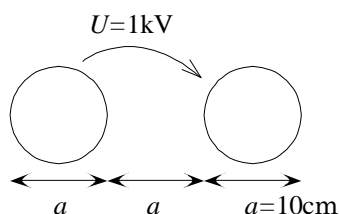
1.37. Dani sta dve tanki koncentrični krogelni lupini (polmerov $r_1 = r_0$ in $r_2 = 2r_0$) z nabojema Q_1 in Q_2 . Določite relacijo med njima, da bo potencial znotraj notranje krogle enak nič!

1.38. V okolici štirih premih nabojev izrazite potencial $V(T)$ z razdaljami ρ_1, ρ_2, ρ_3 in ρ_4 ter skicirajte nekaj ekvipotencialk!



1.39. Premememu dipolu (Zgled 16.5 v OE) določite družino ekvipotencialk in skicirajte vektor \mathbf{E} v nekaj izbranih točkah! Izrazite tudi E^2 ; kaj ugotavljate? Kolikšen je $\int E^2 dv$ zunaj valja polmera a na dolžini l ? (Glejte nalogo 1.5.)

1.40. V prerezni (X, Y) ravnini so dani štirje primeri parov ekvipotencialk. Pri vsakem od njih določite



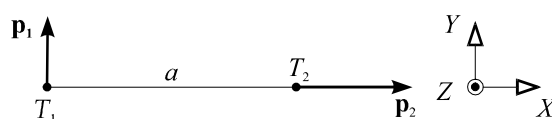
lego in velikost premih nabojev ($\pm q$), ki med ekvipotencialkama »generirata« podano napetost U ! Izpeljite si tudi formule, ko sta geometrija in napetost splošno podana (oznake za geometrijo si izberite sami).

1.41. Potencial V podaja linearna funkcija: $V(x, y, z) = ax + by + cz + d$. (Homogeno polje!) Določite \mathbf{E} in $E = |\mathbf{E}|$ ter razmak med ekvipotencialkama s potencialno razliko U !

1.42. V (X, Y) ravnini, v ravnini $z = konst.$, je potencial podan z enačbo: $V(\varphi) = V_0(1 - |\varphi|/\pi)$, $|\varphi| \leq \pi$. Skicirajte nekaj ekvipotencialk in vektor \mathbf{E} v nekaj izbranih točkah! Naloga nikakor ni izmišljena; takšno porazdelitev potenciala srečamo ob dveh trakovih (mikrotrakasti liniji npr.), ki ležita na ravnem substratu in se ravno še ne dotikata.

1.43. Dva vzporedna vodnika polmerov a in b ter medosne razdalje c oblikujeta nesimetričen dvovod. Izrazite ekscentričnosti e in f , ki določata električni osi dvovoda oz. določite ekscentrično lego pomožnih linijskih nabojev ($\pm q$), ki sta matematični nadomestek za naboja na obeh vodnikih!

1.44. Izrazite navora na oba točkasta dipola! Ali velja za navora načelo vzajemnosti – recipročnosti?



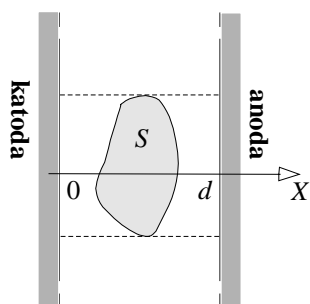
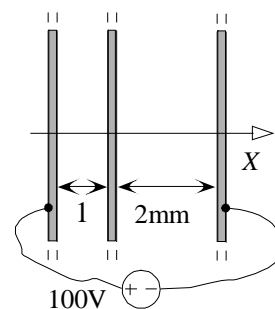
1.45. Kovinsko kroglico (polmera r_0) z nabojem Q postavimo v homogeno polje jakosti E_0 . Kolikšen mora biti Q , da bo ploskovna gostota σ v vseh točkah površine kroglice nenegativna, $\sigma \geq 0$? (Zgled 18.3 v OE.)

1.46. Koaksialni kabel dolžine $l = 100$ m, polmera žile $\rho_n = 1$ mm in polmera plašča $\rho_z = 3$ mm, priključimo na vir z napetostjo $U = 1$ kV. Določite funkciji $V(\rho)$ in $E_\rho(\rho)$, gostoto σ na stenah žil ter sumarni naboj na žili oz. plašču kabla!

1.47. Izračunajte mejno množino naboja na kovinski kroglici polmera 1 cm, da v zraku, kjer ta je, še ne pride do preboja! (Mejna jakost za zrak je pri normalnih atmosferskih pogojih okrog 29 kV/cm.)

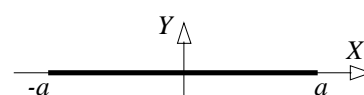
1.48. Na kolikšnem potencialu je z množino Q naelektrena prevodna krogla polmera r_0 , če je koncentrično »objeta« z nevtralno sferično prevodno lupino polmerov $2r_0$ in $3r_0$? Kolikšen potencial zavzame lupina? Skicirajte tudi poteka $V(r)$ in $E_r(r)$! (Zgled 18.4 v OE.)

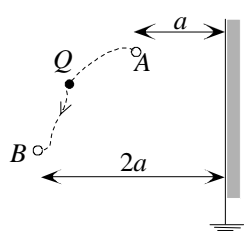
1.49. Določite polji $\mathbf{E}(x)$ in $V(x)$! Ugotovite tudi, kako je s tema količinama, ko je vir priključen med srednjo in obe krajni plošči, ki sta takrat galvanjsko povezani in ozemljeni – na potencialu nič voltov?



1.50. Med katodo in anodo je potencial podan z enačbo: $V(x)/U = (x/d)^{4/3}$. Določite količino naboja (prostih elektronov, ki se od katode pospešeno gibljejo k anodi) v curku prereza S ! Kolikšen je el. tok v curku? Kako je ta v relaciji z napetostjo U ? Rezultat je vsekakor zanimiv: enačba razkriva (U, I) karakteristiko vakuumске diode, ki je sorazmerno blizu izmerjeni; bistveno odstopanje je v področju nasičenja, katerega pa zgornja enačba ne »pokriva«.

1.51. Po obeh straneh dolgega naelektrenega traku širine $2a$ in zanemarljive debeline je ploskovna gostota naboja podana z izrazom: $\sigma(x) = \sigma_0(1 - (x/a)^2)^{-1/2}$. Določite množino naboja /m oz. q !

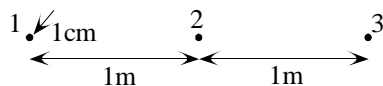




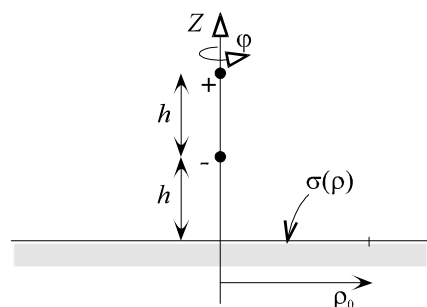
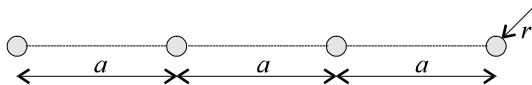
1.52. Zunanja sila povleče majhno naelektreno kroglico (z nabojem Q) na dvojno oddaljenost od ozemljene prevodne stene; koliko dela opravi pri tem premiku? – S potencialom zrcalnega naboja si tu nimamo kaj pomagati!

1.53. Potencial je podan z enačbo: $V(x, y) = Kxy$, $K = 10^6 \text{ V/m}^2$. Določite navor na dipol z el. momentom $\mathbf{p} = (1, 2) \cdot 10^{-9} \text{ C.m}$, če je ta v $T(x = 1 \text{ m}, y = 1 \text{ m})$!

1.54. Tri vzporedne žice enakih polmerov so mestoma galvanjsko povezane in naelektrene z nabojem $q_1 + q_2 + q_3 = 2q_1 + q_2 = q$. Določite razmerji q_1/q oz. q_2/q oz. procentualne deleže celotnega naboja, ki jih prevzamejo posamezne žice!

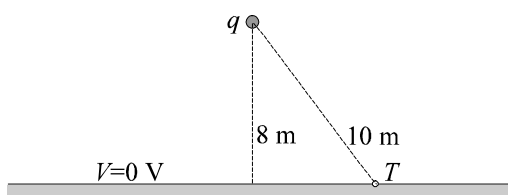


1.55. Štiri vzporedne žice enakih polmerov, $r = 2 \text{ cm}$, dolžine $l = 100 \text{ m}$ in enakomernega razmaka $a = 20 \text{ cm}$ so galvanjsko povezane in naelektrene. Kolikšen odstotek celotnega naboja je na posameznih žicah?



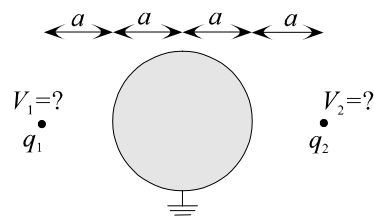
1.56. Dve kovinski kroglici zanemarljivega polmera »nosita« naboja $\pm Q$ in se nahajata ena vrh druge nad ozemljeno prevodno podlago. Določite radij ρ_0 krožnice na podlagi, na kateri se zamenja predznak funkcije $\sigma(\rho)$! Koliko naboja je znotraj te krožnice?

linijskim nabojem $q = 10^{-7} \text{ C/m}$ se nahaja na višini $h = 8 \text{ m}$ nad zemljo. Določite ploskovno gostoto naboja (σ) v točki T na površini zemlje, ki je od žice oddaljena za 10 m !

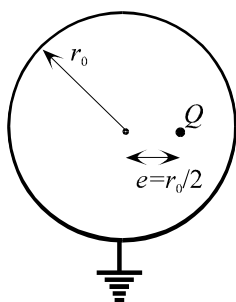


1.58. Določite funkcijski potek gostote σ na prevodni podlagi (zemlji), če je vzporedno nad njo na višini h obešen vodnik polmera ρ_0 s potencialom $V = U$ do zemlje! (Polmer je glede na višino zanemarljivo majhen.)

1.59. Tanki naelektreni žici ($q_1 = q$ in $q_2 = -2q$) polmera $\rho_0 = a/10$ ležita ob ozemljenem valju polmera a . Kolikšna sta potenciala žic?



1.60. Z nabojem $q = 18 \text{ nC/m}$ naelektreno tanko žico debeline 1 mm približamo k nevtralnemu prevodnemu valju premera 50 mm na oddaljenost 25 mm . Izračunajte napetost med žico in valjem! (Ekscentričnost v žici je zanemarljiva.)

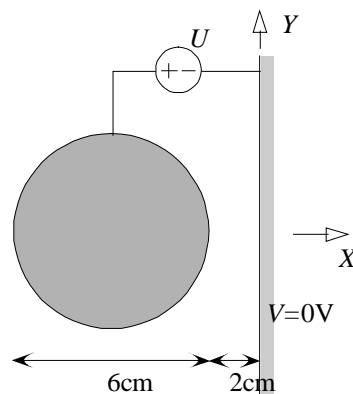


1.61. Določite razmerje med $\sigma_{\max.}$ in $\sigma_{\min.}$ na notranji steni tanke prevodne in ozemljene krogelne lupine, ko ta »objema« točkast naboj (Q)! Kolikšna je gostota σ v splošni točki notranjega dela stene? Kolikšna je sila na naboj? Kolikšen potencial bi zavzela krogelna lupina, če bi ne bila ozemljena, bila pa bi nevtralna? Bi naboj Q za to kaj »vedel«? – Če morda ne, zakaj ne?

1.62. Ravni plošči kondenzatorja sta na medsebojni oddaljenosti d in ozemljeni; med njiju vstavimo tretjo ploščo z nabojem Q , da je od ene oddaljena za x , od druge pa za $d - x$. Določite potencial te plošče in naboja na krajnih dveh, če je površina vsake S ! (d je mnogo manj kot \sqrt{S} .)

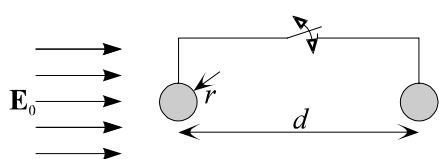
1.63. Nevtralna prevodna krogla ima središče v osi naelektrenega prstana z nabojem $Q = 13 \text{ nC}$. Kolikšen potencial ima krogla, če sta radija obeh enaka in enaka 50 mm , težišči obeh pa sta 120 mm vsaksebi?

1.64. Med kovinskim valjem in vzporedno prevodno ozemljeno steno je priključen vir z napetostjo $U = 1 \text{ kV}$. Določite potek $\sigma(y)$ na steni in ugotovite razmerje med σ_{\max} in σ_{\min} na valju! Koliko naboja je na steni oz. valju na dolžini desetih metrov? Kolikšen odstotek množine naboja valja je na prednji in kolikšen na hrbtni strani njegove površine?



1.65. Določite električno silo/m, delujočo na premi naboj q , če leži ta simetrično v oddaljenosti a do obeh sten ozemljenega 90° -skega kovinskega vogala! Izrazite tudi funkcijski potek σ na stenah vogala!

1.66. Nadzemni vod premera 3 cm je obešen na višini 10 m in ozemljen. Atmosferska poljska jakost je usmerjena k zemlji in znaša 500 V/m . Določite gostoto naboja q na vodniku!



1.67. Vzporedna nevtralna vodnika polmerov $r = 1 \text{ cm}$, medsebojne oddaljenosti $d = 1 \text{ m}$ in dolžin $l = 100 \text{ m}$ ležita prečno v polju jakosti $E_0 = 1 \text{ kV/m}$. S kratkotrajnim vklopom dosežemo, da se vodnika naelektrita z nabojema $\pm Q = \pm ql$. Kolikšen je ta Q , ki med preklopnim manevrom

steče skozi stikalo? Bi s takšno pripravo mogli meriti jakost polja? Bi bila kakšna druga geometrija prevodnikov ugodnejša, primernejša? Kaj ko bi stikalo nadomestili z ampermetrom, zgornji dvovod pa enakomerno vrteli okrog težišča (in ga verjetno skrajšali za kak meter)? Bi tako morda dobili generator(?) in kakšen?

1.68. Kolikšna sila deluje na točkast naboj, če se ta nahaja pred kroglo z enakim nabojem in v oddaljenosti, ki je enaka njenemu polmeru? Koliko dela bi bilo opravljenega, če bi »zadevo« prepustili težnji sile?

1.69. Zamislimo si razsežen »plavajoč« atmosferski oblak nabojev enakomerne gostote in debeline 100 m na višini 500 m nad morjem. Nad morsko gladino izmerimo jakost enega MV/m . Kolikšen je potencial vrhnje plasti oblaka (na 600 metrih), če predpostavimo, da nad njim ni polja (jakost polja je nič); kolikšna je prostorska gostota nabojev v oblaku?

1.70. Za krogelni kondenzator, ki ga priključimo na napetost U , izpeljite funkcijsko odvisnost $E(r_1) = f(r_1, r_2, U)$ in pri $r_2 = 2 \text{ cm}$ poiščite tisti r_{10} , ki zagotavlja minimalno jakost ob površini notranje krogle!

1.71. V razmaku d med vzporednima ozemljenima ravninama se nahaja prostorski oblak nabojev konstantne gostote ρ . Določite **jakost** in **potencial** v oblaku! Kolikšna je gostota σ na stenah?

1.72. Četvorček, štirje enaki vodniki polmerov b so vzporedni in razmeščeni tako, da tvorijo njihove osi v preseku oglišča kvadrata s stranico a . Kolikšna je napetost med dvema sosednjima žicama, ko je med drugi dve priključen generator z napetostjo U ? Kako je s to stvarjo, ko prerezna slika osi ni »lepa«, ampak so njihove osi na prerezni ravnini »razmetane«? – Vpeljite potrebne oznake in priredite račun! Je izražena napetost kdaj nič; in če, zakaj?

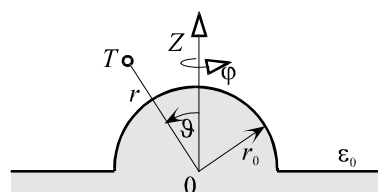
1.73. Točkasti dipol se nahaja nad ozemljeno prevodno podlago, njegov moment pa je nanjo vertikalen. Izrazite ploskovno gostoto naboja na podlagi! Bo kaj matematičnih »težav«, ko bo njegova orientacija na podlago horizontalna?

1.74. Pred ozemljeno kovinsko steno ($x \geq 0$) se v točki $T_1(-1\text{ dm}, 0, 0)$ nahaja točkasti dipol z momentom $\mathbf{p} = 10^{-9} \mathbf{e}_x \text{ Cm}$. Določite gostoto ploskovno porazdeljenega naboja na steni!

1.75. Elektronski curek določene debeline in elektrinske gostote je »naciljan« soosno skozi primerno debelejši ozemljen cilindar. Izrazite **jakost** in *potencial* v in ob curku!

1.76. Nad prevodno podlago s polkrožno izboklino je podan potencial z izrazom: $V(r, \vartheta) = E_0 r \left(1 - \left(\frac{r_0}{r} \right)^3 \right) \cos \vartheta$.

Določite ploskovno gostoto naboja na podlagi in na polkrožnem delu! Kje nad podlago je jakost polja največja in kje najmanjša – kolikšna je?

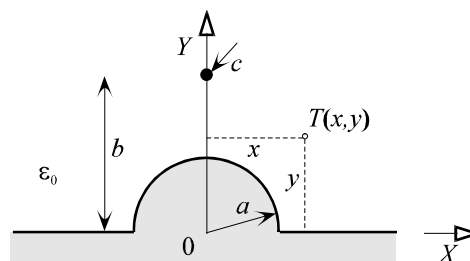


1.77. Vodni (kroglasti) kapljici polmera 2 mm sta predhodno nabiti in precej narazen ter imata – vsaka zase – potencial 100 V. Kolikšen je potencial kapljice, ki nastane z združitvijo obeh?

1.78. V 1D prostoru je potencial podan s splošno funkcijo $V(x)$. Izrazite \mathbf{E} in ρ na splošnem mestu! Kako je s tem v 2D, ko je pot. podan kot $V(x, y)$, in v 3D, ko je potencial zapisljiv kot $V(x, y, z)$?

1.79. Trasa nadzemnega voda s potencialom V_0 do zemlje poteka nad dolгим nasipom polkrožnega profila. Izrazite V in \mathbf{E} v splošni točki nad zemljo!

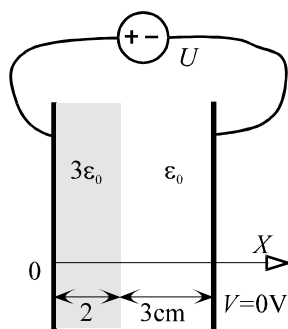
1.80. Dimenzionirajte simetričen zračni dvovod oz. določite razmerje $k = d / \rho_0$, da bo – pri stalni napetosti U med vodoma – največja poljska jakost $|\mathbf{E}|$ minimalna! (Na smiselno podoben način kot pri koaksialnem kablu v OE, list 79/80, ali pri nalogi 1.70.)



1.81. Naelektreno telo z nabojem Q oblikujeta dva odrezana in na ravni delih spojena dela kovinskih krogel polmera r_0 . Določite potencial novega telesa, če je midsrediščna razdalja ravno $\sqrt{2}r_0$!

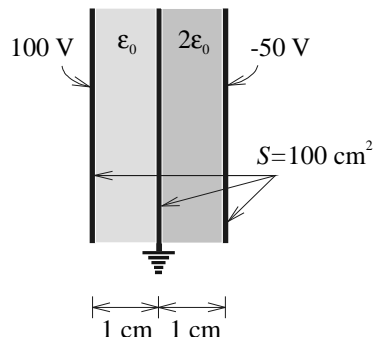
1.82. V ploščni kondenzator, z razmakom plošč $d = 2 \text{ cm}$, je vstavljen izolacijski listič relativne dielektričnosti $\epsilon_r = 3$ in debeline $d/2$. Določite električno poljsko jakost v zraku (med zgornjo ploščo in lističem), če je kondenzator priključen na vir napetosti 1000 V!



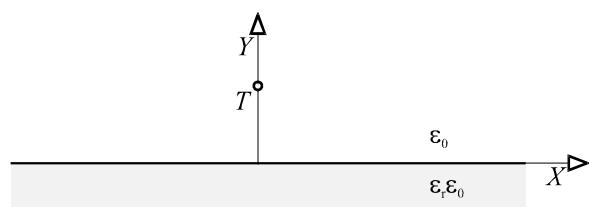


1.83. Določite potek potenciala $V(x)$ med ploščama kondenzatorja in jakost polja v obeh dielektrikih (v gumi, $\epsilon_r = 3$ in v zraku, $\epsilon_r = 1$)! Pri kolikšni napetosti U bi prišlo do preboja v zraku? (Prebojna jakost zraka je 29 kV/cm .) Določite ploskovne gostote vezanih nabojev na stenah gume in ploskovno gostoto prostih nabojev na kovinskih ploščah!

1.84. Določite množino naboja na srednji, ozemljeni plošči ($V=0$), če krajnima dvema (ploščama) vsilimo potenciala 100 V in -50 V !

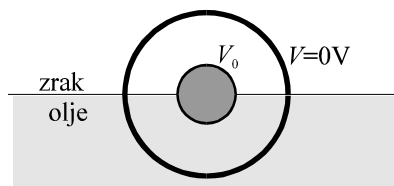


1.85. Med ploščama kondenzatorja je zaporeden niz izolacijskih slojev debelin d_1, d_2, \dots, d_n in dielektričnosti $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$; Površina plošč je S . Plošči sta na potencialni razliki U . Določite razmerje ϕ_e / U ! Razmislite tudi o primeru, ko bi se dielektričnost ϵ med levo ($x_1 = 0$) in desno ploščo ($x_2 = d$) zvezno spreminjala po funkciji $\epsilon(x) = \epsilon_0 \exp(x/d)$. Določite koordinato x_k ekvipotencialne ravnine s potencialom $V(x_k) = kU$, $k < 1$, če je desna plošča ozemljena!



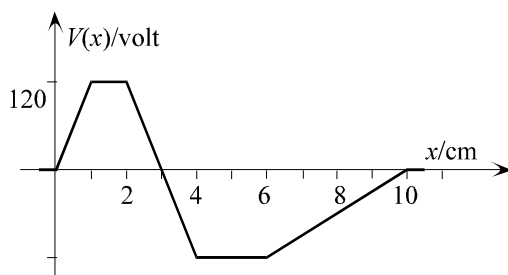
1.86. V dielektriku z $\epsilon_r = 3$ je podan potencial z izrazom: $V(x, y) = (x + 2y + 0,3) \cdot 10^3 \text{ V}$. Določite potencial v točki $T(0, 1 \text{ cm})$ nad dielektrikom!

1.87. Kovinska palica polmera a , s potencialom V_0 , ter ozemljen koncentričen oklop (cev) notranjega polmera b sta do polovice potopljena v olje ($\epsilon_r = 4$). Določite polja \mathbf{E} , \mathbf{P} , \mathbf{D} in V v olju in zraku!



1.88. Kovinska kroglica polmera r_0 ima presežni naboj Q in je ovita v dielektrik debeline $d = r_0$ in z $\epsilon_r = 2$. Določite polja \mathbf{E} , \mathbf{D} in V !

1.89. Opredelite elektrostatični sistem (lego prevodnikov, izolantov in potrebne vire), da bo njemu pripadajoč potek potenciala ustrezal podanemu diagramu $V(x)$!



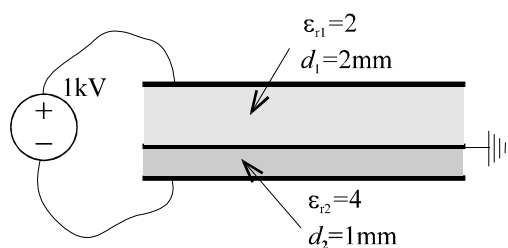
1.90. Za dielektrično palico, z $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$ in radijem ρ_0 , ki jo položimo poprek v homogeno električno polje jakosti E_0 – ta je v smeri X osi –, je na voljo rešitev za potencial:

$$V(\rho, \varphi) = \begin{cases} C_0 - \left(1 - \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^2\right) E_0 \rho \cos \varphi & \rho \geq \rho_0 \\ C_0 - \frac{2}{\epsilon_r + 1} E_0 \rho \cos \varphi & \rho \leq \rho_0 \end{cases}$$

Preverite, ali rešitev zadošča mejnim pogojem na/ob stiku palice in okoliškega zraka?

1.91. V nalogi 1.49 določite polja \mathbf{E} , \mathbf{P} , \mathbf{D} in V , če je ožji presledek (med levima ploščama) izpolnjen z dielektrikom susceptibilnosti $\chi_1 = 2$, širši presledek (med desnima ploščama) pa z dielektrikom susceptibilnosti $\chi_2 = 4$! Kolikšne so ploskovne gostote prostih nabojev na posameznih stenah prevodnih plošč?

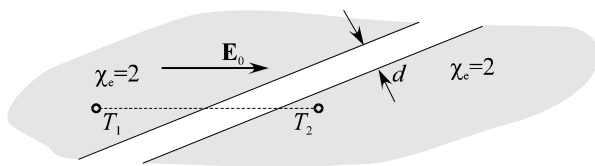
1.92. K nalogi 1.48 obdelajte – v smislu teksta – primer, ko je med kroglo in lupino izolant dielektričnosti ϵ , zunaj lupine pa je dielektrik zrak! Na kaj spominja potek potenciala – $V(r)$ –, ko ϵ »limitira« k neskončnosti?



1.93. Imamo tri razsežne prevodne plošče z vmesnima dielektrikoma. Zunanji dve priključimo na vir, notranjo pa ozemljimo. Kolikšna sta potenciala krajnih plošč?

1.94. V izolantu dielektričnosti $4\epsilon_0$ je zračni mehurček premera 1 mm, v njem pa je poljska jakost 10 MV/m. Določite vektor el. poljske jakosti v izolantu tik ob mehurčku! – To izrazite v primernem k.s.

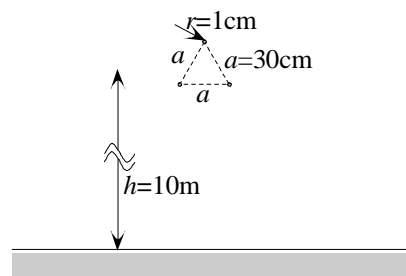
1.95. Ravnina $z = 0$ je meja dveh izolantov; prvi, v $z < 0$, ima dielektričnost $2\epsilon_0$, drugi, v $z > 0$, ima dielektričnost $4\epsilon_0$. Električno polje v prvem je homogeno z jakostjo $\mathbf{E} = (1, 2, 2)$ kV/m. Izračunajte napetost med točkama T_1 in T_2 , ki sta si zrcalni preko meje in od nje oddaljeni za 5 mm!



1.96. V izolatorju – njegova el. susceptibilnost je enaka 2 – se je pojavila razpoka širine d . Izrazite el. napetost med označenima točkama, če sta ti na oddaljenosti $6d$, homogeno polje \mathbf{E}_0 pa vstopa na mejo pod kotom 60° glede na normalo reže!

1.97. Pod katerim kotom mora vstopati homogeno električno polje v izolacijski listič z dielektričnostjo ϵ_r , da bo gostota energije povsod (pred, v in za lističem) enaka!

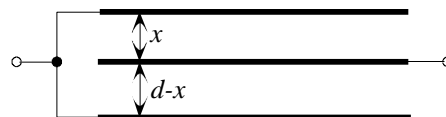
1.98. Izračunajte dozemno kapacitivnost galvansko povezanega daljnovodnega trojčka! – Privzetek: naboji na vrhah so enaki. Čim višje je obešanje, toliko bolj je to res.



1.99. Določite modelno kondenzatorsko vezje nadzemnega dvovoda polmera žic 1 cm, če sta vrvi obešeni ena vrh druge na višinah 5 in 6 m in sta dolgi po 1000 m! Koliko naboja/m je na obeh žicah in koliko na zemlji, če med žici priključimo napetostni vir ($U_g = 100$ kV), spodnjo pa ozemljimo? Kolikšen potencial zavzameta žici do zemlje, če spodnje ne ozemljimo?

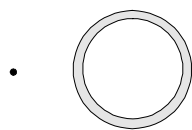
1.100. Dve daljnovodni vrvi premera 3 cm in dolžine 50 km sta obešeni na višini 5 m nad zemljo v medsebojni oddaljenosti 5 m. Določite naboja na vrhah, če med njiju priključimo vir napetosti 100 kV!

1.101. Določite funkcijsko odvisnost $C(x)$ triploščenega kondenzatorja pri premakljivi srednji plošči! Plošče so enake, s površino S .



1.102. Za koliko procentov se poveča kapacitivnost ploščnega kondenzatorja s površino plošč S in medsebojnega razmaka d , če vzporedno med njiju položimo dielektrični listič debeline $d/2$ in el. susceptibilnosti $\chi_e = 3$?

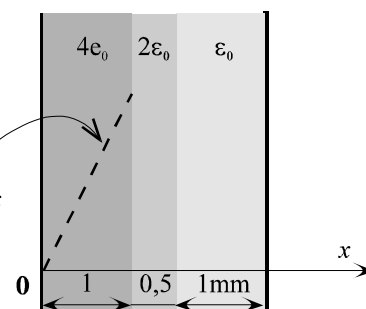
1.103. Določite potencial desne plošče! Kolikšna je gostota σ na desni plošči? Kolikšna je kapaciteta tega triplastnega kondenzatorja, če je površina plošč 1 dm^2 ?



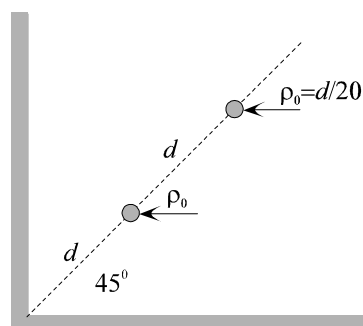
- 1.104. Za koliko odstotkov se poveča kapacitivnost dvovoda z razmakom d , če med žici polmera $d/100$ simetrično položimo

nevtravno kovinsko cev premera $d/2$?

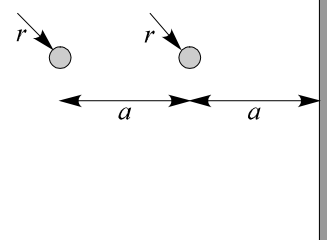
$$V(x) = 10^6 x$$



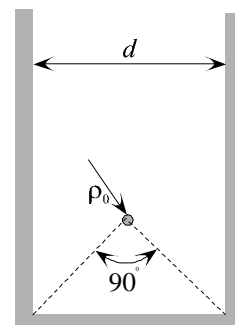
1.105. Izrazite kapacitivnost dvovoda dolžine l , če se ta nahaja vzporedno ob razsežni (visoki) ozemljeni bakreni pločevini in je $r \ll a$!



- 1.106. Izračunajte kapacitivnost 10 m dolgega dvovoda, ki se nahaja simetrično ob ozemljenem kovinskem vogalu! Koliko procentov je ta večja od tiste, pri kateri vogala ne bi upoštevali?

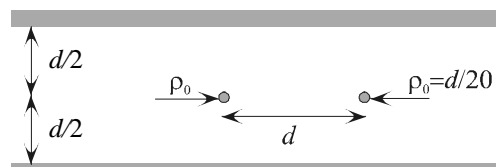


- 1.107. Vodnik je položen vzdolž globokega ozemljenega žlebu. Določite kar najboljšo aproksimacijo kapacitivnosti! – Neskončno



zrcaljenje.

1.108. Dve žici polmerov 2 cm in 2 mm in medosne oddaljenosti 1 metra tvorita dvovod. Kolikšna je kapacitivnost na dolžinski meter? V katerem procentualnem deležu bi se razdelil naboj med obe žici, če bi ju na koncih kratkostično spojili, celotno zanko pa naelektrili z nabojem Q ?



- 1.109. Dvovodu, ki se nahaja simetrično med dvema razsežnima ozemljenima ploščama, izračunajte kapacitivnost/m!

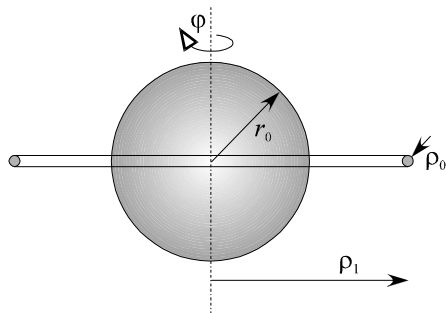
1.110. Dva vodnika premera 3 cm sta obešena nad zemljo na višini 5 m v medsebojni oddaljenosti 5 m in sta ozemljena. Kolikšen bo naboj na vodnikih, ko bo sistem izpostavljen vertikalnemu atmosferskemu polju jakosti 50 kV/m in kolikšna bo takrat jakost polja v točki, ki je tik nad zemljo in je enako oddaljena od obeh vodnikov?

1.111. Krogla polmera 40 cm je za 10 cm dvignjena nad prevodno podlago. Določite kapacitivnost takšnega sistema!

1.112. Kovinske cevi z notranjimi radiji 10, 12, 14, 16 in 18 cm in debelinami sten po 1 cm, enakih dolžin (4 m), so koncentrično vstavljene ena znotraj druge. Kolikšna je nadomestna kapacitivnost med notranjo in zunanjo cevjo?

1.113. Koaksialni kabel dolžine 100 m, z radijem žile 2 mm in radijema oklopa 4 mm in 5 mm, ki ni ozemljen, ima izolator dielektričnosti $3\epsilon_0$. Tak kabel je položen nad ozemljeno prevodno podlago, da je os kabla 13 mm nad podlago. Izračunajte nadomestno kapacitivnost med žilo in podlago!

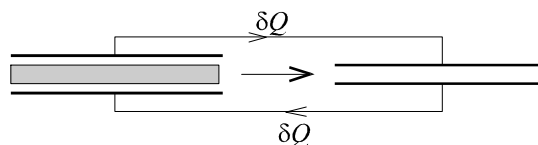
1.114. Vodnik premera 3 mm je ekscentrično položen v kovinsko cev notranjega premera 8 cm. Določite kapacitivnost takšnega sistema, ki je dolžine 54 m, vodnik pa je iz osi cevi izmaknjen za polovico njenega radija! – Ekscentričnost znotraj žice je zanemarljiva.¹



1.115. Ocenite kapacitivnost sistema, ki ga tvorita kovinska krogla polmera $r_0 = 20$ cm in koncentričen krožni ovoj polmera $\rho_1 = 40$ cm ter debeline žice $2\rho_0 = 1$ mm, če vemo za kapacitivnost samega ovoja; ta je:

$$C_{\text{ovoja}} \cong 4\pi^2 \epsilon_0 \rho_1 / \ln(8\rho_1 / \rho_0).$$

1.116. Kolikšen procent celotne elektrine Q obeh kondenzatorjev se izmenja med paroma plošč kondenzatorjev, ko dielektrični listič potegnemo iz levega v desni kondenzator? – Razmak levih plošč je za dve debelini lističa, razmak desnih pa za eno.



1.117. V homogenem polju jakosti E_0 leži dielektrični listič susceptibilnosti $\chi_e = 1$ tako, da oklepa normala lističa s smerjo polja kot 45° . Ugotovite faktor povečanja gostote energije v lističu glede na gostoto energije izven njega! Pri katerem vpadnem kotu (glede na normalo lističa) bi bil ta faktor enak ena?

1.118. Med dvema vzporednima ozemljenima kovinskima ploščama je elektronski oblak. Prva plošča je na $x = -x_0$, druga pa na $x = x_0$. Potencial med ploščama je podan z izrazom: $V(x) = V_0[(x/x_0)^2 - 1]$. Določite naboj na ploščah in energijo med njima, če je S površina plošč!

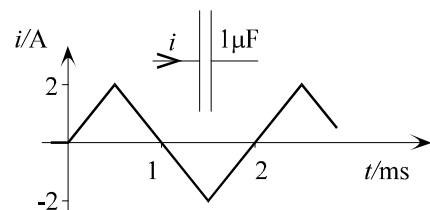
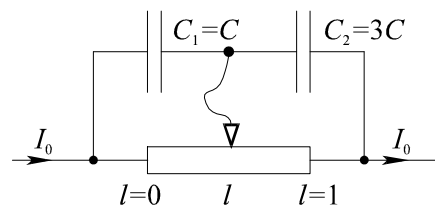
1.119. Osamljeno prevodno telo ima kapacitivnost C do neskončne okolice; je naelektreno in na potencialu V_0 . Koliko el. energije je akumulirano znotraj ekvipotencialke s potencialom V_1 , ki to telo obkroža?

1.120. Koliko električne energije bo akumulirano na 10 km dolgi trasi nadzemnega vodnika polmera 2 cm, ki je obešen na višini 10 m od tal, ko ga priključimo na napetost 100 kV?

1.121. Izrazite množino električne energije v kroglastem elektronskem oblaku enakomerne gostote ρ in polmera r_0 !

1.122. Simetričen zračni dvovod (d, ρ_0, l) je naelektren z nabojem $\pm Q$. Akumulacija el. energije je odvisna od medosne razdalje, torej: $W_e = W_e(d)$. El. silo med vodnikoma dvovoda določite s pomočjo odvoda te (energije)! – Upoštevajte tudi ekscentričnost.

1.123. V kateri legi l drsnika linearnega uporovnega delilnika bo skupna akumulirana energija v polju kondenzatorjev ekstremna? Je to minimum ali maksimum?

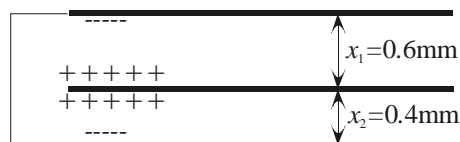


1.124. Polnilni tok kondenzatorja ima »žagast« časovni potek. Določite časovna poteka napetosti na in energije v polju kondenzatorja ter njuni časovni poprečji! Kdaj je režim kondenzatorja porabniški in kdaj generatorski?

¹ $\ln 20 \cong 3$

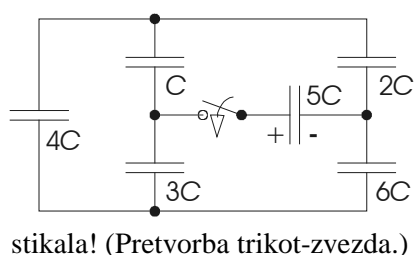
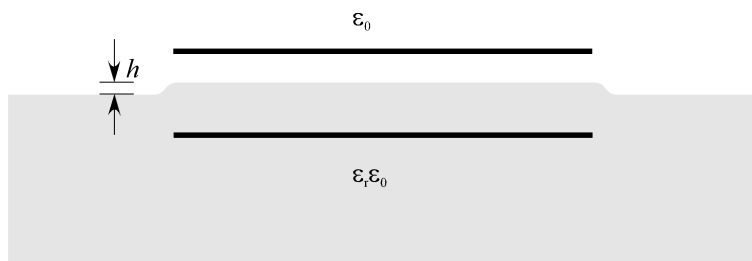
1.125. Simetrični trifazni daljnovod dolžine 100 km, medosnih razdalj 5 m (osi so v ogliščih enakostraničnega trikotnika) in polmera žic 2 cm je napajen s simetričnim sistemom medfaznih napetosti (frekvence 50 Hz in efektivne medfazne napetosti $U_m = 400 \text{ kV}$): $u_{12} = \sqrt{2} U_m \cos \omega t$, $u_{23} = \sqrt{2} U_m \cos(\omega t + 2\pi/3)$ in $u_{31} = \sqrt{2} U_m \cos(\omega t - 2\pi/3)$. Določite poprečno akumulacijo el. energije na trasi! – Zanimarite vpliv zemlje! Kolikšni so polnilni tokovi posameznih faznih vodnikov na generatorski strani, če so na koncu trase vodniki »odprti«?

1.126. V (U, Q) diagramu opredelite tale gibalni proces. Imamo triploščni kondenzator; krajni dve sta



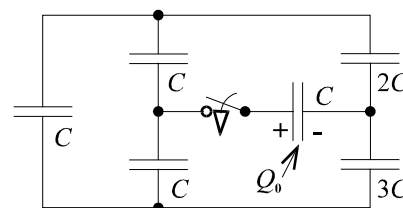
galvansko spojeni. Naboj kondenzatorja je $\pm 60 \mu\text{C}$. Pod vplivom polja el. sile se srednja plošča približa spodnji na oddaljenost $x_2/2$. Koliko dela opravi polje, če je kapacitivnost v začetni legi srednje plošče enaka 50 nF?

1.127. En centimeter pod gladino olja ($\epsilon_r = 5$) se nahaja ena plošča, en centimeter nad gladino pa druga plošča kondenzatorja. Določite dvig (h) gladine olja v polju kondenzatorja, med ploščama, ko je naboj na njiju privzet s konstantno gostoto $\pm \sigma = \pm 20 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$. Gostota olja je 900 kg/m^3 !

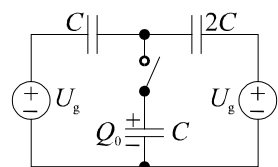


1.128. Edino kondenzator kapacitivnosti $5C$ je predhodno nabit z nabojem $\pm Q$. Koliko naboja steče s plošč tega kondenzatorja po preklopu stikala?

1.129. Določite naboje na kondenzatorjih po preklopu

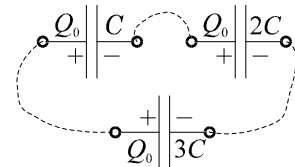


stikala! (Pretvorba trikot-zvezda.)



1.130. V narisani situaciji vezja sta zgornja kondenzatorja prazna, brez naboja, spodnji pa je nabit ($U_g = 1000 \text{ V}$, $C = 1 \mu\text{F}$, $Q_0 = 3 \text{ mC}$). Nato stikalo za kratek čas sklenemo in spet odpremo. Kolikšne so zatem napetosti na posameznih kondenzatorjih?

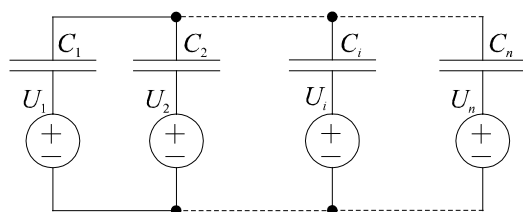
1.131. Tri naelektrene kondenzatorje povežemo v sklenjeno verigo. Opredelite nove (Q, U) razmere na njih! Kolikšen je energijski »defekt«?

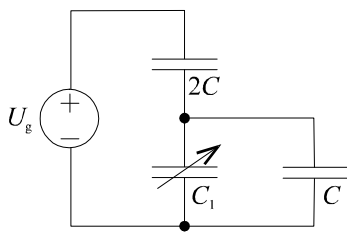


1.132. Kondenzatorje s kapacitivnostmi $C_1 = C_0$, $C_2 = 2C_0$ in $C_3 = 3C_0$

predhodno naelektrimo z virom napetosti 1100 V, nato pa jih povežemo v sklenjeno zanko: plus sponko prvega kondenzatorja z minus sponko drugega, plus sponko drugega z minus sponko tretjega in še plus sponko tretjega kondenzatorja z minus sponko prvega. Določite nove napetosti na kondenzatorjih!

1.133. Koliko naboja, napetosti in energije je na/v i -tem kondenzatorju?

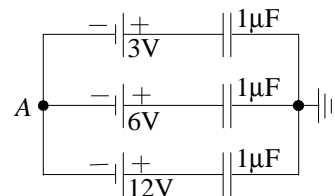




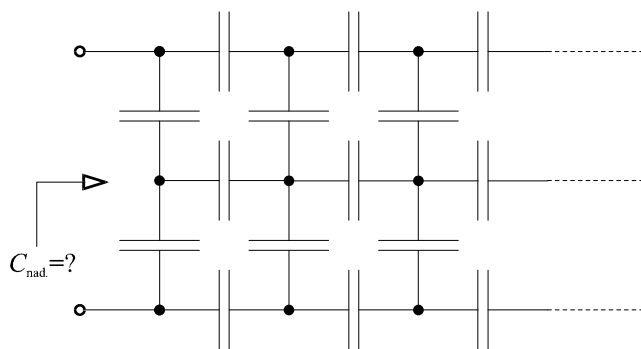
1.134. Vrtilnemu kond. se s kotom zasuka od 0^0 do 90^0 kapacitivnost C_1 linearno spreminja od C do $10C$. V začetni legi (0^0) je naboj na $2C$ enak $\pm 10 \mu C$. Za koliko stopinj moramo zavrteti os, da bo na omenjeni kondenzator priteklo $\pm 15 \mu C$ naboja?

kondenzatorjih!

1.135. Izračunajte potencial spojišča A in naboje ter napetosti na



1.136. Določite razmerje r kapacitivnosti dveh kondenzatorjev, da bosta nadomestni kapacitivnosti njune vzporedne oz. zaporedne vezave v razmerju k ! So za voljen k kakšne omejitve?



1.137. Izračunajte nadomestno kapacitivnost »neskončne verige« enakih kondenzatorjev!

1.138. Sosednja oglišča šestkotnika (A, B, C, D, E, F) so med seboj povezana s kondenzatorji, hkrati pa tudi s kondenzatorji do centra (S) šestkotnika. – Vseh kondenzatorjev je torej dvanajst, kapacitivnosti teh so enake in znašajo po $1 \mu F$. Določite nadomestne kapacitivnosti:

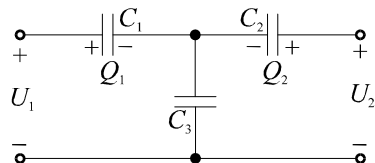
C_{AB} , C_{AC} , C_{AD} in C_{AS} !

1.139. Med sosednja oglišča kocke je povezanih dvanajst enakih kondenzatorjev kapacitivnosti $C = 1 \mu F$. Med dve najbližji oglišči (spojišči) pritisnemo napetost 1 kV. Kolikšni naboji so na posameznih kondenzatorjih?

1.140. Med oglišča kocke povežemo (po robovih) dvanajst enakih kondenzatorjev kapacitivnosti $3 \mu F$. Določite nadomestne kapacitivnosti med ogliščema (krajščema) ali robu ali ploskovne ali prostorske diagonale!

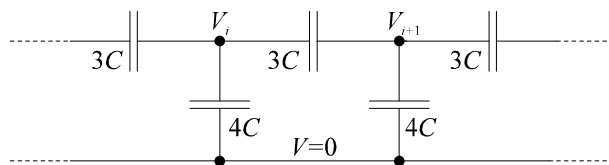
1.141. Koliko energije je na metru dolžine dielektričnega valja iz naloge 1.90?

1.142. V nalogi 1.88 določite razmerje, v katerem se celotna energija polja razdeli med dielektrik in okoliški zrak!

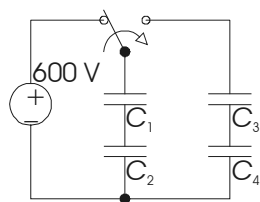


1.143. V danem četveropolu T izrazite napetosti U_1 in U_2 z nabojema Q_1 in Q_2 !

1.144. V neskončni verigi kondenzatorjev tvorijo potenciali spojišč geometrično zaporedje: $V_{i+1} = k V_i$. Za k se dobita dve rešitvi; kaj katera pomeni? V katerem deležu se razdeli energija med vzdolžne in prečne kondenzatorje?

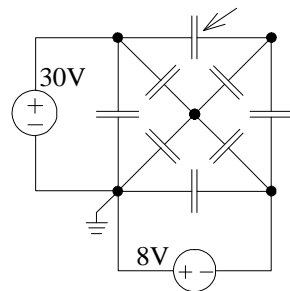


1.145. »Neskončna« veriga celic L, ki imajo v vzdolžni veji enake kondenzatorje kapacitivnosti C_1 , v prečni veji pa enake kondenzatorje kapacitivnosti $C_2 = C_1 / 2$, je na začetku priključena na vir napetosti U_g . Skupaj koliko energije vsebujejo vzdolžni kondenzatorji in skupaj koliko energije vsebujejo prečni kondenzatorji? Za kater faktor manjšo energijo vsebuje vsaka naslednja celica?

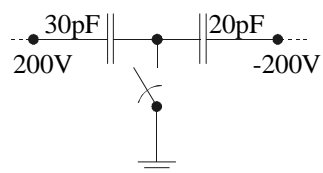


1.146. Kolikšne so napetosti na kondenzatorjih po preklopu stikala? ($C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = 1,5\mu\text{F}$ in $C_3 = C_4 = 6\mu\text{F}$.)

1.147. Vsi kondenzatorji imajo kapacitivnost $C = 10\text{ nF}$. Koliko energije je v označenem kondenzatorju? Koliko naboja je steklo skozi vsak vir, če so bili predhodno (pred priključitvijo virov) vsi kondenzatorji prazni?

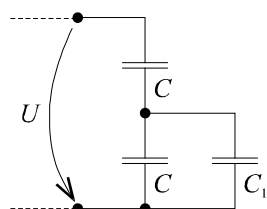
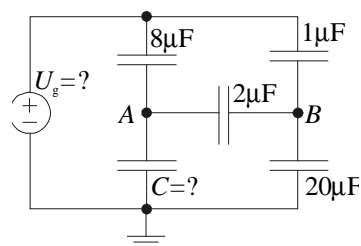


1.148. Dva kondenzatorja sta vezana zaporedno na napetostni vir. Seštevek njunih kapacitivnosti je C_0 . Kolikšni morata biti njuni kapacitivnosti, da bo skupna električna energija v njiju $3/4$ največje možne?



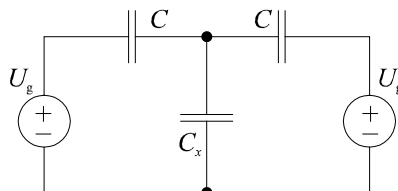
1.149. Koliko naboja odteče v zemljo po vklopu stikala?

1.150. Kolikšna sta C in U_g , če sta $V_A = 6\text{ V}$ in $V_B = 1\text{ V}$?



1.151. Določite razmerje C/C_1 , da bo na kond. C_1 napetost kU ; $k < 0,5$!

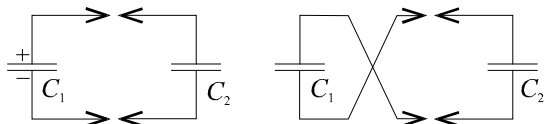
1.152. Določite C_x , da bodo el. energije v vseh treh kondenzatorjih enake?



1.153. Simetričen trovod enakih vodnikov premerov 3 cm in medosnih oddaljenosti 6 m je naelektren z naboji $q = 2 \cdot 10^{-6}\text{ C/m}$, $-q/2$ in $-q/2$. Koliko električne energije je akumulirano na 100 km trase trovoda? – Učinek zemlje zanemarimo!

1.154. Dielektrični listič susceptibilnosti 5 leži vzporedno med ploščama predhodno naelektrenega kondenzatorja in zapolnjuje 70% medploščne oddaljenosti. Za koliko % se poveča akumulacija el. energije v kondenzatorju, ko listič v celoti izvlečemo iz njega?

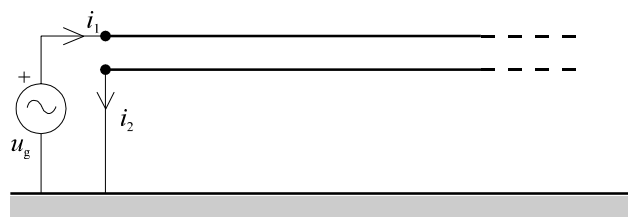
1.155. Dva enaka zračna kondenzatorja povežemo vzporedno in naelektrimo z nabojem $\pm Q$. Enega od njiju nato potopimo v kad z oljem električne susceptibilnosti $\chi_e = 3$. Določite množino naboja, ki se pri tem izmenja med kondenzatorjema! Za koliko procentov se pri tem zmanjša akumulacija električne energije v polju obeh kondenzatorjev skupaj?



1.156. Kondenzatorja, od katerih je levi predhodno nabit s $\pm Q$, vezemo najprej v »stik«, nato pa v »protistik«. Kolikšen del začetne energije ostane na koncu še v polju obeh kondenzatorjev?

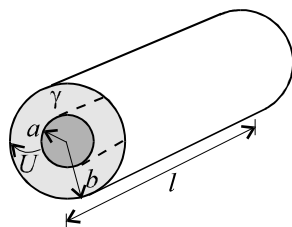
1.157. Imamo tri kondenzatorje. Prvi, s kapaciteto C_1 , je naelektren, druga dva pa sta prazna. S prvim naelektrimo drugega, z naelektrenim drugim pa naelektrimo še tretjega. Kolikšni sta kapacitivnosti C_2 in C_3 , da bo na koncu obeh postopkov el. energija v polju vseh treh kondenzatorjih enaka? – Zaradi lažjega fizikalnega razmisleka si k drugemu kondenzatorju mislite zaporedno vezan upornik!!

1.158. Pri nalogi 1.99 določite vstopno/iztopna tokova v enostransko odprt nadzemni dvovod! Napetost vira je harmonična časovna funkcija: $u_g(t) = U_{g\ m} \cos 100\pi t$, $U_{g\ m} = 30\text{ kV}$. Kje teče razlika obeh tokov? Kolikšni so ti tokovi na 100, 200, ..., 1000 metrih trase?



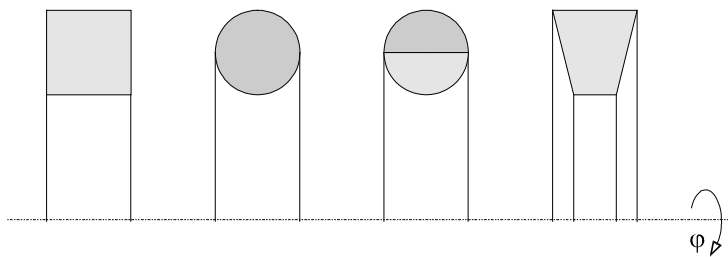
2. Časovno konstantno tokovno polje

2.1. Izračunajte upornosti krožnim ovojem (toroidom) danih presekov! (Oznake za geometrijo in snovnost si izberite sami.)



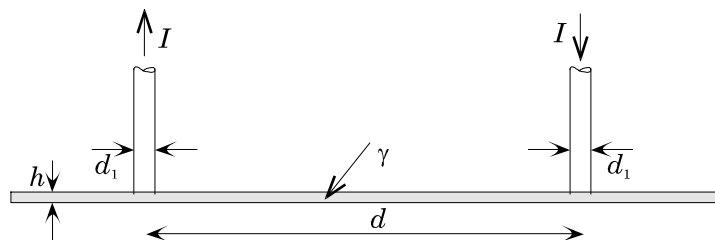
2.2. Skozi izolacijo

koaksialnega kabla teče tok v radialni smeri od žile proti plašču. Na dolžini l kabla je ta tok enak I . Določite napetost U med žilo in plaščem, če je polmer žile a ter plašča b ! Specifična prevodnost izolacije med žilo in plaščem je γ .



2.3. Za koliko procentov se poveča upornost bakrenemu navitju ($\alpha_{Cu} = 0,0039 \text{ K}^{-1}$), ko se njegova temperatura dvigne s 40°C na 100°C ?

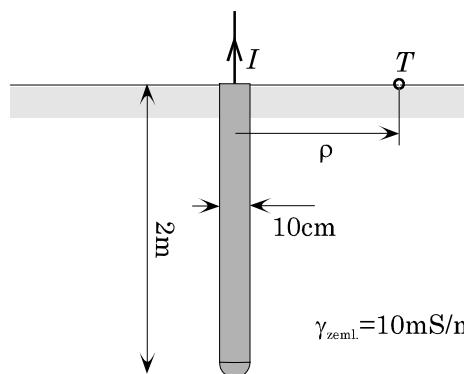
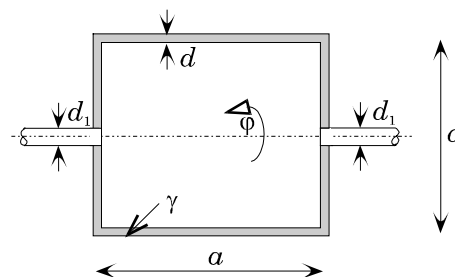
2.4. Vz dolž en meter dolge Fe žice s presekom S se njena temperatura linearno spreminja od 20°C do 120°C . Za koliko odstotkov je upornost tega kosa žice večja kot v primeru, ko je vsa žica na temperaturi 20°C , če je temperaturni koeficient $\alpha_{Fe} = 0,0045 \text{ K}^{-1}$?



2.6. Določite upornost stene pločevinastega lončka med priključnima žičama!

2.7. Krogelna lupina iz pločevine ($\gamma = 10^7 \text{ S/m}$) ima polmer $0,5 \text{ m}$ in debelino 2 mm . Priključni žici polmera 1 mm sta prispajkani diametralno na kroglo. Kolikšna je upornost med priključkoma?

2.5. Določite izraz za el. upornost »razsežne« kovinske plošče med priključkoma žic okroglega preseka!



2.8. Določite potencialni lijak – $V(\rho)$ – na površini zemlje ob paličastem ozemljilu, ko iz zemlje v ozemljilo in odvod teče tok 100 A ! Kolikšne so »napetosti koraka«, če je ta (»vojaški«) dolg $0,75 \text{ m}$? (Glejte Zgled 34.4 v OE.)

2.9. Izračunajte ozemljitveno upornost zakopanega krogelnega ozemljila, katerega središče je na globini 1 m , ima pa polmer 1 m ; $\gamma_{zemlje} = 10^{-2} \text{ S/m}$.

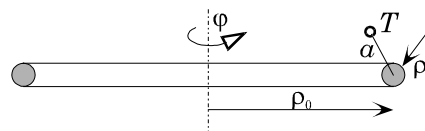
2.10. Dve votli kovinski krogli polmerov $r = 1 \text{ m}$ plavata do polovice potopljeni na morski gladini v medsebojni oddaljenosti $d = 50 \text{ m}$. Izračunajte električno upornost konduktivne poti med kroglama, če znaša specifična prevodnost $\gamma_{morja} = 3,5 \text{ S/m}$!

2.11. V nalogi 1.125 (ali 1.158) določite toplotne izgube v Cu vrveh zaradi polnilnega toka, če upada jakost toka na trasi linearno od vrednosti vztopnega toka (na začetku) proti vrednosti nič (na koncu trase)! Kolikšno je časovno poprečje te moči?

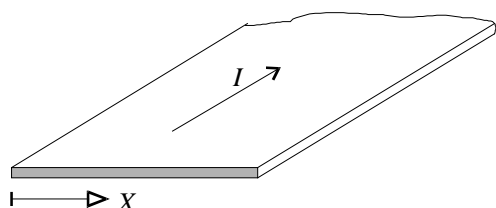
2.12. Skozi upornik upornosti $10\ \Omega$ povečujemo v časovnem intervalu ene minute tok linearno od 0 do 20 A, potem pa tok izklopimo. Koliko toplote se sprosti na njem do trenutka, ko skozi njega steče že polovica celotnega naboja?

2.13. V bližini naelektrenega prstana je potencial podan s temle aproksimativnim izrazom:

$$V(T) \cong \frac{Q}{4\pi^2 \epsilon_0 \rho_0} \ln \frac{8\rho_0}{a},$$

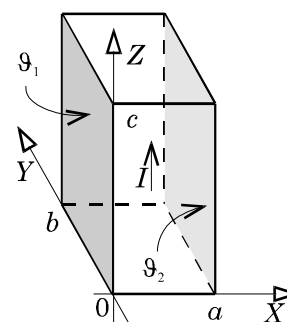


ob pogoju, da je razdalja $a \ll \rho_0$. Z njegovo pomočjo določite ozemljitveno upornost krožnega ovoja polmera 10 m, ki je vkopan v globino 0,5 m, žica pa ima polmer 1 cm; $\gamma_{\text{zemlje}} = 0,003\text{ S/m}$.



2.14. Ploščati vodnik širine a in debeline b vodi tok I . Določite porazdelitev tokovne gostote $J(x)$, če je (zaradi temperaturnega gradienta med roboma traku) specifična električna upornost nehomogena in podana z izrazom $\rho(x) = Ax + B$!

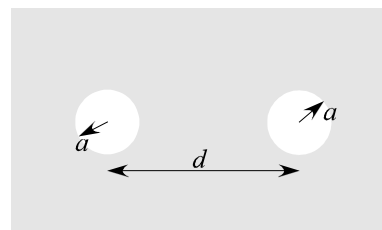
2.15. V prevodnem kvadru z robovi a, b in c je temperatura podana po funkciji: $\vartheta(x) = (\vartheta_2 - \vartheta_1)x/a + \vartheta_1$ – se linearno spreminja od ϑ_1 do ϑ_2 . Pri izhodiščni temperaturi $\vartheta_0 = 20^\circ\text{C}$ je specifična upornost prevodnika ρ_0 , temperaturni koeficient pa je α . Izrazite upornost kvadra, ko teče tok vzdolž osi Z ! – Kolikšna bi bila upornost kvadra, če bi bila sp. prevodnost podana s funkcijo: $\gamma(x) = f(x)$, npr. $f(x) = \sin(\pi/a)x$?



2.16. Med ravnima ploščama, $x=0$ in $x=d=1\text{ cm}$, je uporovna masa z $\gamma(x) = \gamma_0 e^{-x/d}$, $\gamma_0 = 5 \cdot 10^{-3}\text{ S/m}$. Desna plošča ($x=d$) je ozemljena, leva pa je na potencialu 20 V. Določite koordinato ekvipotencialke s potencialom 10 V! Išcite podobnosti z nalogo 1.85!

2.17. Izrazite upornost grelnice spirale, ki je podana z enačbo v polarni obliki: $\rho(\varphi) = f(\varphi)$! – Npr. Arhimedova ali logaritmčna spirala z N zavoji. Potrebne podatke oz. oznake si izberite sami!

2.18. Določite upornost zelo razsežne plošče debeline h in specifične prevodnosti γ med krožnima luknjama polmerov a , ki sta na midsrediščni oddaljenosti d ?

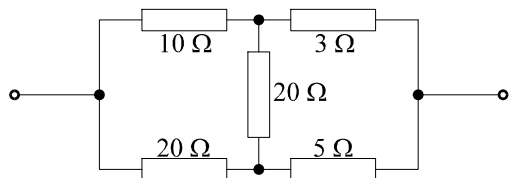


2.19. Koaksialni kabel je priključen na napetost 10 kV. Radij žile je 0,3 cm, radij plašča pa 1 cm. Specifična prevodnost izolacije je 10^{-10} S/m . Določite gostoto izgubnega (prečnega) izolacijskega toka ob plašču kabla in celoten izgubni tok na dolžini desetih kilometrov! Kolikšne so izolacijske izgube?

3. Enosmerna električna vezja

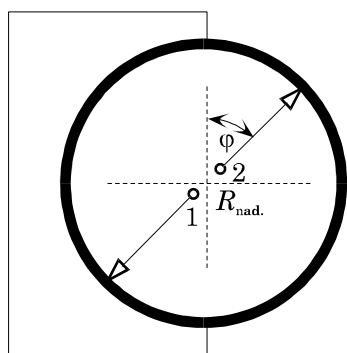
3.1. Najmanj koliko baterij z napetostjo U_g in notranjo upornostjo R_g moramo povezati vzporedno, da bo pri napajanju bremena $R_b = R_g / 2$ napetost na njem večja od 91% U_g ?

3.2. Dve gredi vezemo prvič vzporedno, drugič pa zaporedno na napetostni vir. Določite razmerje njunih upornosti, da bosta moči obeh gred skupaj pri prvi oz. drugi vezavi v razmerju 5:1!



3.3. Izračunajte nadomestno upornost mostičnega vezja!

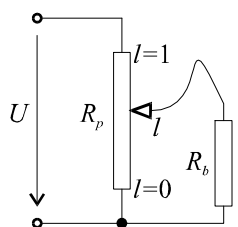
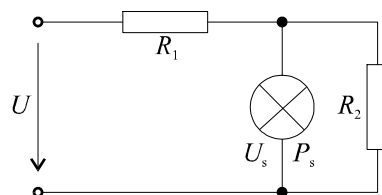
3.4. Sosednja oglišča šestkotnika (A, B, C, D, E, F) so med seboj povezana z enakimi uporniki, hkrati pa tudi z enakimi uporniki do centra (S) šestkotnika. – Vseh skupaj je dvanajst. Določite nadomestne upornosti: R_{AB} , R_{AC} , R_{AD} in R_{AS} !



3.5. Določite in skicirajte funkcijsko odvisnost upornosti $R_{nad.}(\varphi)$ med sponkama (vedno) diametralno ležečih drsnikov na obodu električno kratko premoščenega uporovnega obroča upornosti R !

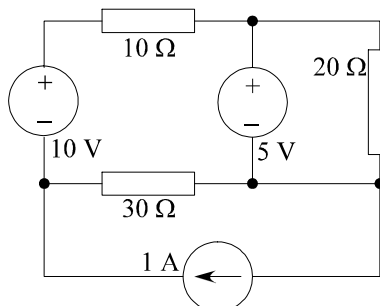
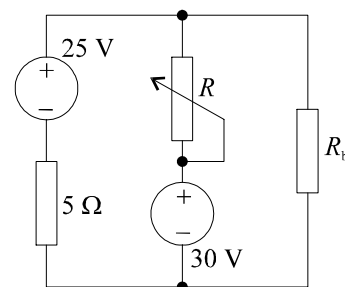
3.6. Dva realna (izgubna) kondenzatorja z enakima izmerama in različnima izolacijskima snovema ($\epsilon_1 \neq \epsilon_2$ in $\gamma_1 \neq \gamma_2$) vezemo zaporedno in priključimo na napetostni vir. Kakšno je nadomestno vezje? Ali je to kondenzatorski ali uporovni delilnik?

3.7. Določite upornosti R_1 in R_2 , da bo žarnica pravilno napajana, pri tem pa bosta moči na njej enaki! Podatke za U , U_s in P_s si izberite sami.



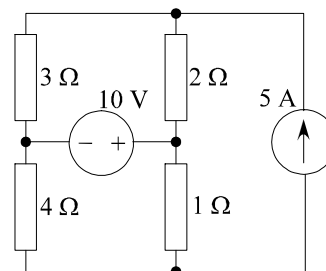
3.8. Določite funkcijsko odvisnost $U_b(l, k)/U$ linearnega potenciometra, če podaja l lego drsnika, k pa je razmerje R_p/R_b ! Kako si stojita »nasproti« linearnost delilnika in izkoristek ($P_b(l, k)/P_{cel.}$)?

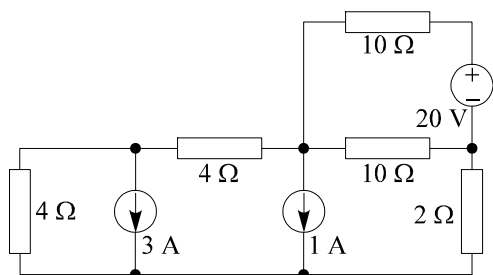
3.9. Pri kateri vrednosti spremenljivega upornika bo moč na bremenu ($R_b = 10 \Omega$) enaka 40 W?



3.10. Koliko energije dajo v eni minuti v vezje posamezni generatorji? Je katera od njih negativna; in če, kaj to pomeni?

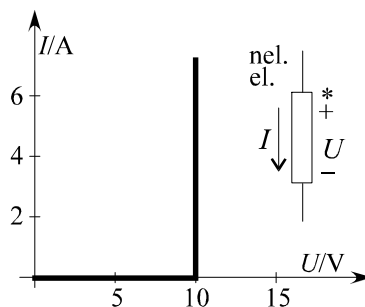
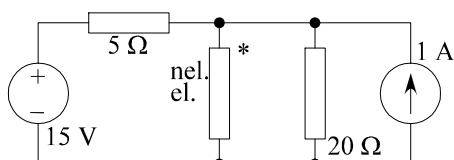
3.11. Določite moč na uporniku upornosti 1Ω !



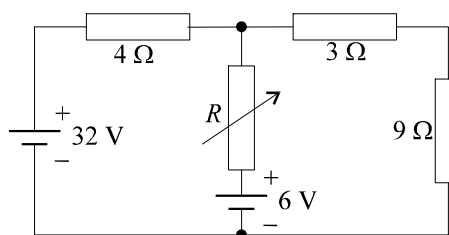


3.12. Določite moči na posameznih pasivnih elementih v narisanim vezju!

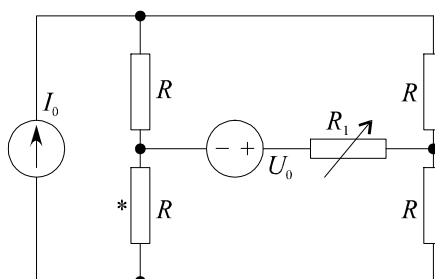
3.13. V vezje je vključen nelinearen element (Zener dioda) z dano karakteristiko. Določite moči obeh generatorjev in moči na posameznih pasivnih elementih!



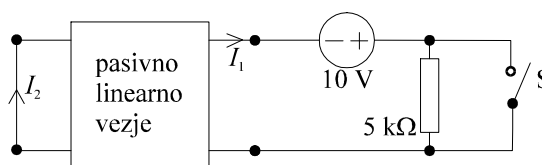
3.14. Pri kateri vrednosti spremenljivega upora R_1 bo moč na R^* enaka nič? ($R = 1 \text{ k}\Omega$, $I_0 = 10 \text{ mA}$, $U_0 = 20 \text{ V}$)



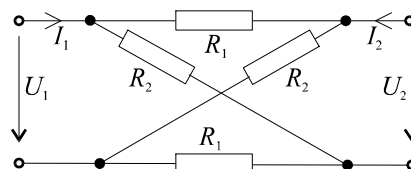
3.15. Upornost R nastavimo tako, da je moč na njem maksimalna; kolikšna je?



3.16. Poiščite enačbi, ki povežeta tokova z napetostima – in obratno! ($R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$)

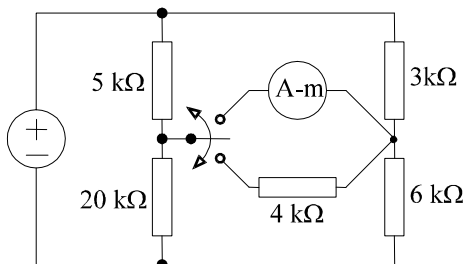


3.17. Pri sklenjenem stikalu sta: $I_1 = 5 \text{ mA}$, $I_2 = 1 \text{ mA}$. Določite I_2 , ko je stikalo (S) odprto!

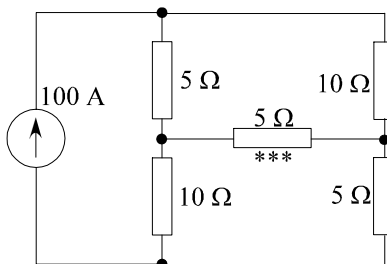


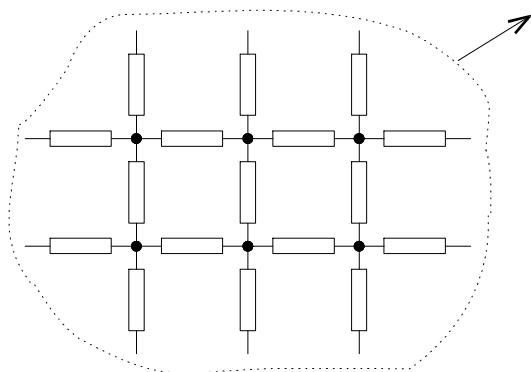
3.18. V zgornjem položaju stikala kaže A-meter ($R_A \approx 0 \Omega$) tok 2 mA. Kolikšen bo tok skozi stikalo v spodnjem položaju?

3.19. Razmislite o Theveninovem nadomestnem vezju dvovoda nad zemljo, ko je med eno žico in zemljo priključen vir napetosti U_g , druga žica pa je prosta! – Eno sponko nadomestnega vezja predstavlja prosta žica, drugo pa zemlja.



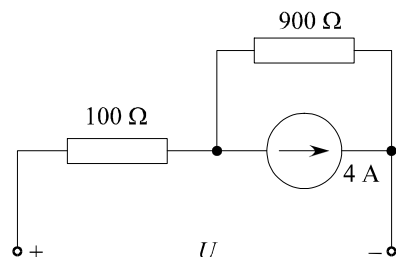
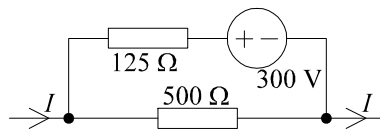
3.20. Kolikšna je napetost na označenem uporniku?





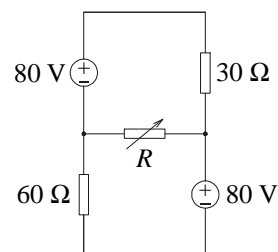
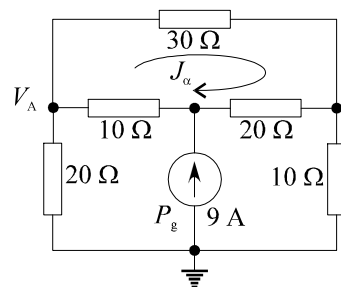
3.21. »Neskončno« upornikov upornosti R je planarno povezanih med kvadratno mrežo spojišč. Določite nadomestno upornost med sosednjima spojiščema! Kolikšna je ta, ko je mreža trikotna ali šestkotna? Kolikšna je ta, ko je mreža upornikov prostorska: kubna, tetraedrska, ... – prostorsko simetrična »zloženka«?

3.22. Določite I , da bosta moči na upornikih enaki!



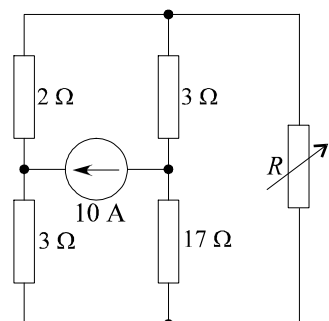
3.23. Določite priključno napetost U , da bosta moči na upornikih enaki!

3.24. Izračunajte V_A , J_α in P_g !



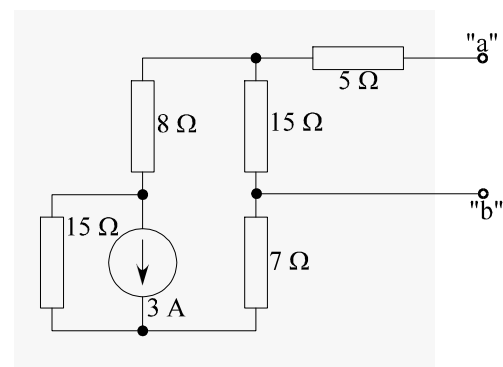
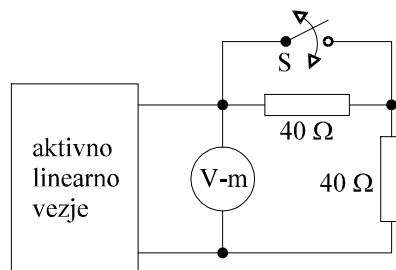
3.25. Določite največjo moč, ki jo more prejemati spremenljiv upornik R !

3.26. Enosmernemu linearnemu viru smo izmerili (U, I) karakteristiko: tok kratkega stika je 1 A, napetost odprtih sponk je 3 V. Pri kateri bremenski upornosti bo moč na bremenu $(3/4)P_{\max}$?



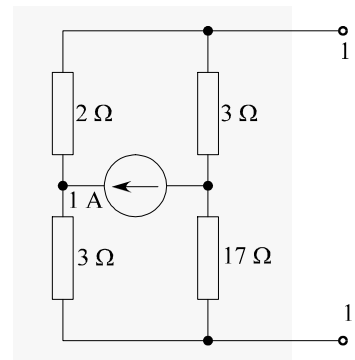
3.27. Določite vrednost maksimalne možne moči na spremenljivem uporniku!

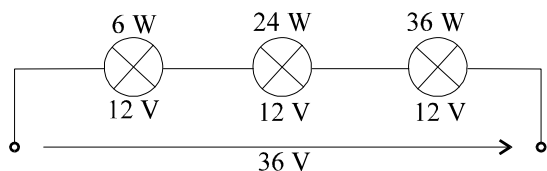
3.28. Pri odprtem stikalu (S) kaže V-meter 48 V, pri zaprtem pa 40 V. Določite Nortonov oz. Theveninov nadomestni vir k danemu aktivnemu linearnemu vezju!



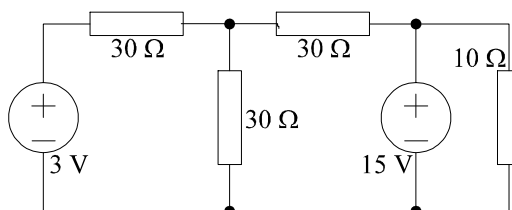
3.29. Dano vezje med sponkama »a« in »b« nadomestite s Theveninovim in Nortonovim ekvivalentnim generatorjem!

3.30. Danemu dvopolnemu linearnemu vezju določite ekvivalentno Theveninovo nadomestno vezje!

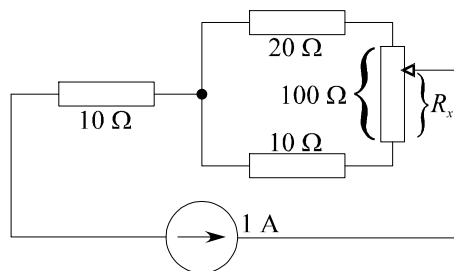




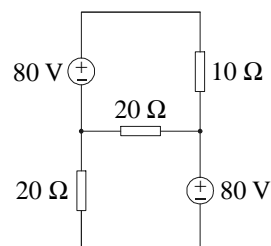
3.32. Pri kateri legi drsnika bo moč v vezju največja?



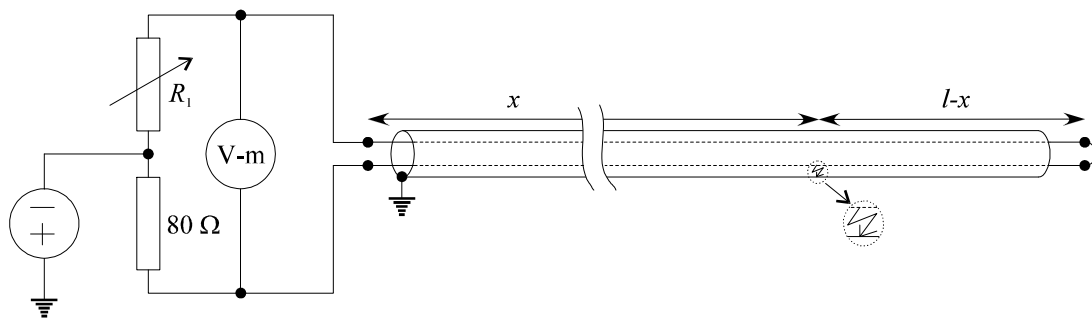
3.33. S kolikšnima močema obratujeta generatorja?



3.34. Določite moči na upornikih!

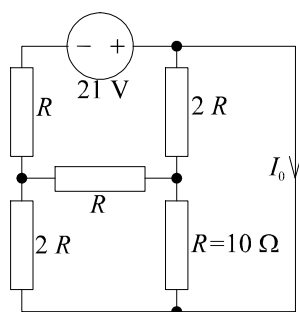


3.35. Dvožilni kabel dolžine $l = 6400$ m ima stik na ozemljen oklop. S spremenljivim upornikom uravnotežimo Wheatstonov mostič pri $R_1 = 222 \Omega$. Koliko metrov od merilnega mesta se nahaja kratek stik?

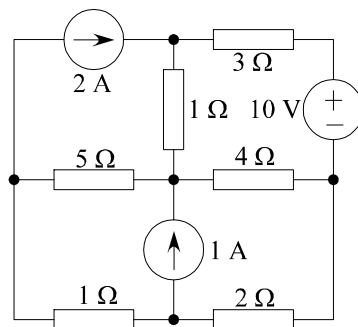


3.36. Linearna vira z napetostima odprtih sponk, $U_{o1} = 20$ V, $U_{o2} = 10$ V, in tokoma kratkih stikov, $I_{k1} = 1$ A, $I_{k2} = 2$ A, vežemo enkrat vzporedno, drugič zaporedno; katere karakteristike imajo tako pridobjeni novi viri?

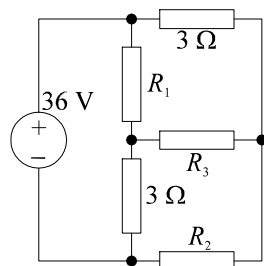
3.37. Izračunajte moč napetostnega generatorja!



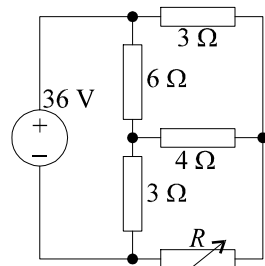
3.38. Izračunajte tok I_0 !



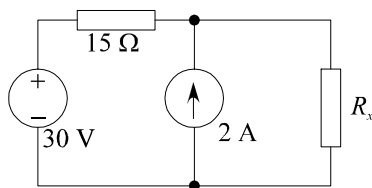
3.39. Določite maksimalno moč na spremenljivem uporniku!



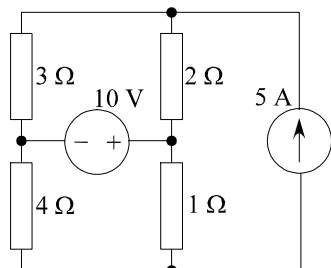
3.40. Pri katerih vrednostih upornosti R_1, R_2 in R_3 bodo moči na vseh petih upornikih mostičnega vezja enake? – Podobno vprašanje bi si postavili pri C vezju (s kondenzatorji) in vprašali: kolikšni naj so C_1, C_2 in C_3 , da bodo energije v polju vseh petih »kondijev« enake(?); ko seveda dana upornika zamenjamo s kondenzatorjema npr. kapacitete $C = 1$ mF; in še: kolikšna bi bile energije v kondenzatorjih?



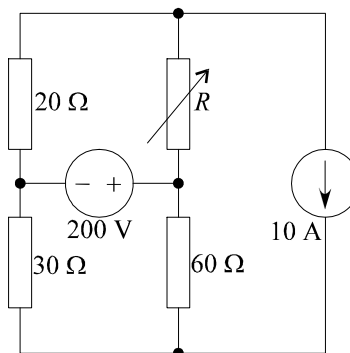
3.41. Največ koliko toplote se more sprostiti na spremenljivem uporniku v eni uri?



upornikov enaki?



3.42. Pri katerem R_x bo napetost na njem 20 V? Ali še: napetostni vir naj ima 100 V, neznanega zamenjamo s 50 ohmskim, drugega pa z dvesto ohmskim. Kolikšen tok naj ima tokovni vir, da bosta moči na

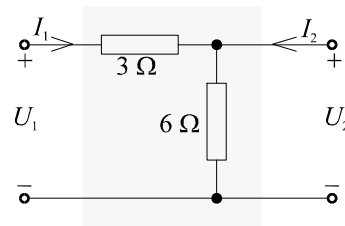


3.43. Določite moči, s katerima obratujeta generatorja!

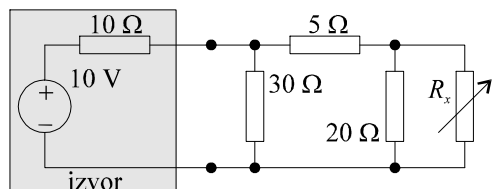
3.44. Dimenzionirati želimo takšen uporovni delilnik, celico L, da bo vhodna upornost polovica bremenske upornosti, bremenska napetost pa polovica vhodne napetosti. Kolikšna sta iskana upora te celice? In še splošno: kako je s tem, ko je prvo razmerje enako a , drugo razmerje pa je enako b !

3.45. Četverpol X iz naloge 3.16 je na vhodni strani priključen na tokovni vir s tokom I_g . Določite Nortonov nadomestni generator za sponki na izhodu!

3.46. Danemu četverpolu (delilniku) določite koeficiente upornostne, prevodnostne in verižne matrike!



3.47. Določite vhodne upornosti neskončnih verig enakih četverpolov T ali Π ali X! Kako je pri njih s tokovnim, napetostnim in močnostnim slabljenjem?



3.48. Pri katerem R_x bo izvor oddajal največjo moč?

3.49. Pasivni linearni četverpol je podan s parametri oz. z upornostmi R_{11} , R_{12} in R_{22} . Izrazite razmerje moči, $P_2 / P_1 = U_2(-I_2) / U_1 I_1$, če je $U_2 / U_1 = \alpha$!

3.50. Dimenzionirajte četverpola T in Π, ki bosta na vходу nudila prilagoditev na upornost R_{10} , na izhodu na upornost R_{20} , pri tem pa bo slabljenje (U_2 / U_1) zavzelo predpisano vrednost a . Ali so za R_{10} , R_{20} in a kakšne omejitve in katere?

3.51. »Neskončno« dolg kabel z vzdolžno upornostjo r (ohm/m) in prečno prevodnostjo g (mho/m) je na enem koncu priključen na vir z napetostjo U_g . a) Kolikšen je vhodni tok; ali: kolikšna je vhodna upornost? b) Na katerih dolžinah kabla je napetost med žilama le še 90, 80, 70, ..., 10% U_g ? c) Kolikšna bi bila vhodna upornost, če bi na omenjenih dolžinah napravili med žilama kratek stik?

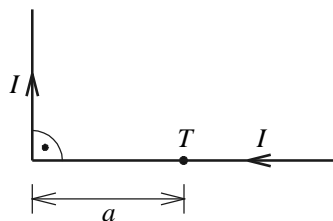
4. Magnetostatično polje

4.1. Primerjalno opišite polji \mathbf{E} in \mathbf{B} elektronskega curka gostote ρ_e in debeline d , ki se giblje premočrtno vzdolž osi Z s hitrostjo \mathbf{v} !

4.2. Zapišite polje \mathbf{B} v točki $T(x, y)$ na opni pravokotne tokovne zanke s stranicama a in b ; ta leži na ravnini $z = 0$!

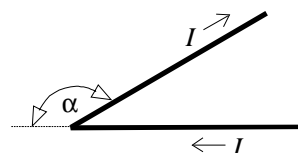
4.3. Določite \mathbf{B} v težišču enakostranične trikotne tokovne zanke s tokom I ! Kolikšno je to polje v točkah na osi, ki gre skozi težišče in je pravokotna na ravnino ovoja?

4.4. Ovoj s tokom I je oblikovan v elipso s polosema a in $b < a$. Kolikšen je \mathbf{B} v obeh goriščih elipse?



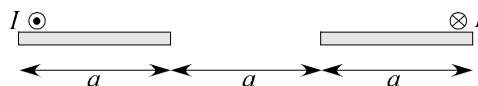
4.5. Določite vektor sile \vec{f} na dolžinsko enoto v točki T pravokotno lomljenega vodnika, po katerem teče tok I !

4.6. Opredelite silo $\mathbf{f}_m = d\mathbf{F}_m / dl$ v točki T , ki je za a oddaljena od pregiba tokovodnika!

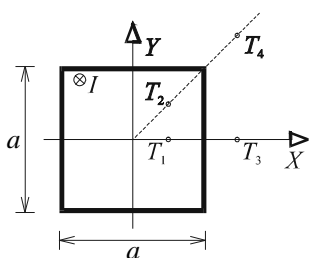
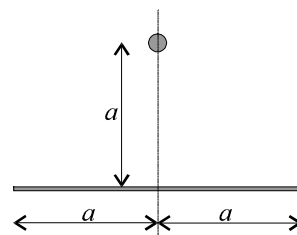


4.7. Daljnovidni sistem ima fazne vrvi razporejene ali (prvič) v oglišča enakostraničnega trikotnika s stranico a ali (drugič) vodoravno v razponih a , a in $2a$. Kolikšna je poprečna sila $\langle \mathbf{f}_m \rangle$ na posamezne vrvi v prvem in drugem primeru, če je sistem faznih tokov simetričen – enakih amplitud $I = 2000$ A in faznih premikov po $2\pi/3$ –, razdalja a pa je 2 m?

4.8. Tanka žica in tanek trak tvorita vodnika dvovoda, ki vodi tok I . Določite izraz za njuno odbojno magnetno silo na dolžinskem metru!

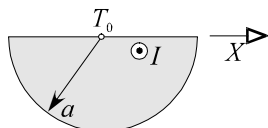
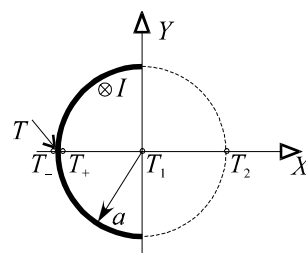


4.9. Izpeljite izraz za magnetno silo med vodnikoma tračnega dvovoda! Kako bi bilo s to silo, ko bi vodnika ležala eden vrh drugega na oddaljenosti a ?



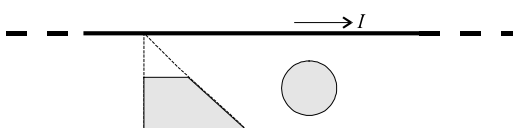
4.10. Tankostenska cev kvadratnega preseka vodi tok I ; določite \mathbf{B} v točkah T_1 , T_2 , T_3 in T_4 !

4.11. Vzdolž polkrožnega žlebu teče tok I ; kolikšen je \mathbf{B} v označenih točkah?

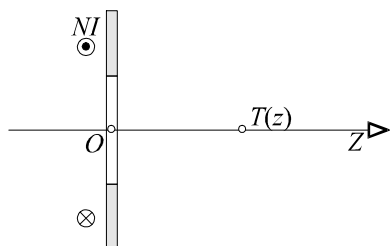


4.12. Tokovodnik toka I ima polkrožen presek; kolikšen je \mathbf{B} v točki T_0 ?

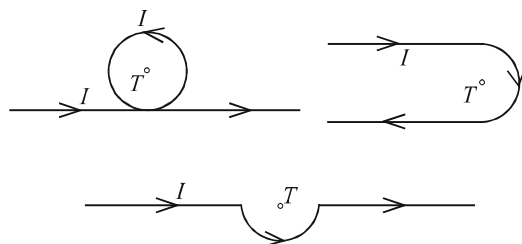
4.13. Izrazite pretoka magnetna polja ravnega tokovodnika skozi trapezno in krožno ploskev, če leže vsi na isti ravnini! Potrebne oznake geometrije si izberite sami!



4.14. Za posamezne primere oblikovanosti tokovodnikov iz ravnih in krožnih delov polmera a določite gostoto \mathbf{B} v označenih točkah!



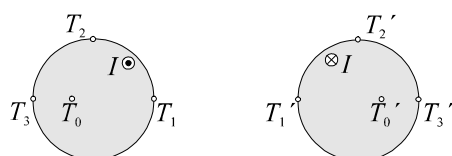
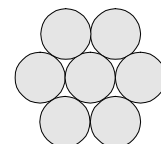
4.15. Gostemu spiralnemu navitju – kratki in visoki tuljavi s polmeroma a in $b - z$ N ovoji in tokom I določite \mathbf{B} v osi! Kolikšen je (integral) $\int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ od $z_1 = 0$ do $z_2 \rightarrow \infty$ vzdolž osi Z ?



4.16. Določite \mathbf{B} v osi zračne tuljave z N ovoji in tokom I , če ima tuljavnik dolžino l , notranji polmer a in zunanji b !

4.17. Z enoslojno supraprevodno tuljavo dolžine 2 m in premera 1 m, ki ima 100 ovojev, želimo v njenem centru doseči gostoto 1,8 T. Kolikšen tok mora teči skozi tuljavo?

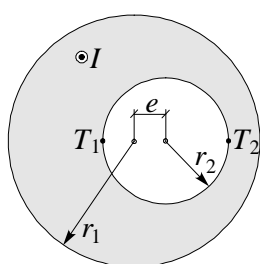
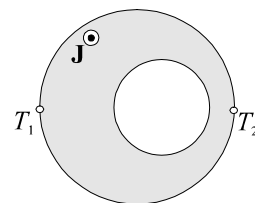
4.18. Snop sedmih žic vodi tok I ; določite \mathbf{B} s katerimi tiščijo obodne žice skupaj, če je a njih polmer!



4.19. Simetričen dvovod vodi tok I ; določite legi točk T_0 in T_0' v obeh žicah, kjer je $B = 0$.

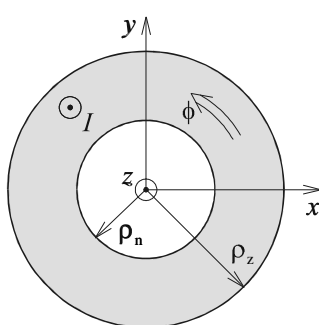
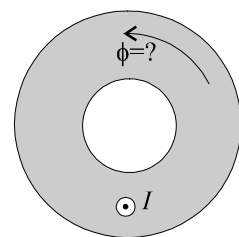
Kolikšen je magnetni fluks/m med T_0 in T_0' in kolikšni so ti med T_1 in T_1' , T_2 in T_2' ter med T_3 in T_3' ? Razmislite o vprašanju: kolikšen je fluks dvovoda? Ali ima smisel govoriti o poprečnem fluksu(?); v mislih imamo seveda induktivnost(!).

4.20. Izrazite \mathbf{B} v luknji, v prerezu in izven ravnega ekscentričnega cevastega tokovodnika, ki vodi tok enakomerne gostote J . Izračunajte tudi fluks skozi pravokotno zanko dolžine l med T_1 in T_2 ! Polmera sten (notranjega in zunanjega radija) sta a in b , izmik njunih središč pa je e . Kaj imamo, ko je $a=b$?

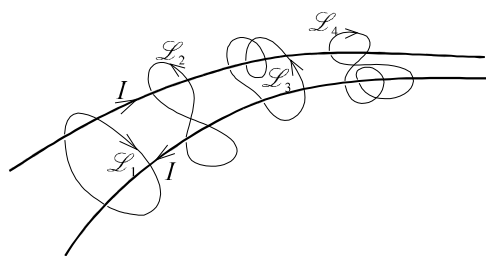


4.21. Po cevastem bakrenem vodniku, ki ima ekscentrično luknjo, teče tok $I = 3$ A. Izračunajte magnetni fluks skozi pravokotno zanko dolžine $l = 2$ m med točkama T_1 in T_2 vzdolž vodnika! Polmera vodnika in luknje sta $r_1 = 4$ cm in $r_2 = 2$ cm, ekscentričnost luknje pa je $e = 1$ cm.

4.22. Izrazite magnetni fluks na dolžini l znotraj neferomagnetnega cevastega tokovodnika, če vzdolž njega teče električni tok I ! Notranji polmer cevi je a , zunanji pa je $b = ea$. (Razmerje radijev je osnova naravnega logaritma.)



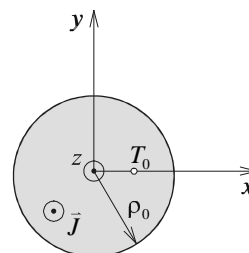
4.23. Cevasti vodnik z notranjim polmerom ρ_n in zunanjim ρ_z vodi tok I z enakomerno gostoto po prerezu. Določite izraz za količino magnetnega pretoka na enoto dolžine v cevi (med polmeroma ρ_n in ρ_z)!



4.24. Kolikšen je (int.) $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ za naznačene pentlje, ki »objemajo« vodnika dvovoda?

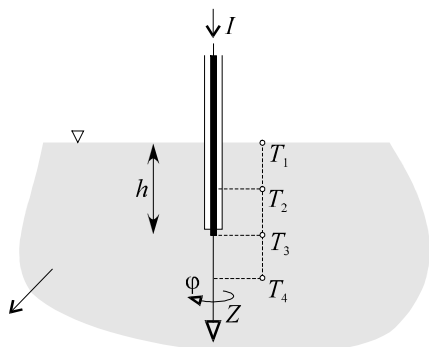
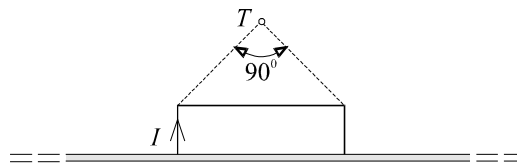
4.25. Izrazite \mathbf{B} v ravnem tokovodniku krožnega preseka, ki vodi enosmerni tok, temperatura v njem pa je nehomogena in funkcija oddaljenosti od osi (je radialna funkcija)!

4.26. Po premem okroglem vodniku polmera ρ_0 teče električni tok I_0 z neenakomerno gostoto po prerezu. Gostota električnega toka je funkcija oddaljenosti od osi vodnika: $\bar{J}(\rho) = \bar{e}_z \frac{3I_0}{2\pi\rho_0^3} \rho$. Določite izraz za vektor gostote magnetnega pretoka \bar{B} v točki T_0 , ki je od osi vodnika oddaljena za polovico njegovega polmera! Vodnik je iz neferomagnetnega materiala.



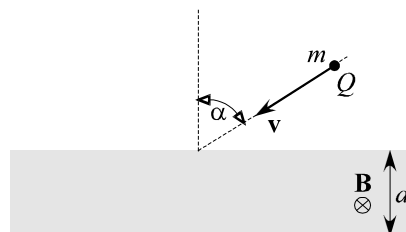
4.27. Izrazite magnetni fluks/m med osjo koaksialnega kabla in zunanjim polmerom plašča, ko ta vodi tok I ! Polmeri kabla ($a < b < c$) so v relaciji: $a^2 + b^2 = c^2$.

4.28. Pravokotno oblikovana žica in ravna, tanka ter »razsežna« plošča tvorita tokokrog enosmernemu toku I ; $|\mathbf{B}(T)| = ?$ Oddaljenost točke T do žice je a , do plošče pa b .

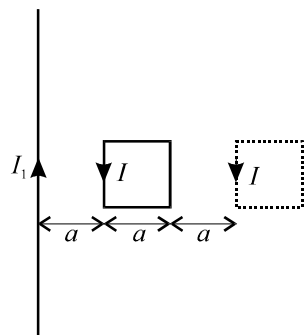


4.29. Skozi izolirano žico vstopa tok v prevodno razstopino. Določite \mathbf{B} v označenih točkah! – Pri določitvi tokovne gostote v razstopini si pomagajte z »zrcalnim izvorom« na višini h nad gladino.

4.30. Delec z nabojem $\pm Q$ in maso m vstopi s hitrostjo v pod kotom α v območje homogenega magnetnega



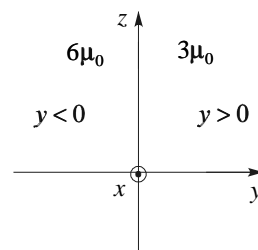
polja gostote B in širine d . Določite nadaljnjo trajektorijo gibanja delca in opredelite pogoje, ko (\pm) delec ne prestopi pasu magnetnega polja!



4.31. Koliko dela bi opravila magnetna sila, da bi kvadratno zanko s tokom I premaknila v črtkano lego, vstran od dolgega ravnega vodnika s tokom I_1 ?

4.32. Kombinirana Al/Fe daljnovodna vrv preseka $120/20 \text{ mm}^2$ vodi enosmerni tok 400 A. Izrazite magnetni fluks ϕ_{Fe} v strženu vrvi in fluks ϕ_{Al} , če sta el. prevodnosti materialov v razmerju 1:4 permeabilnosti pa v razmerju 500:1!

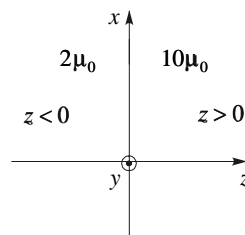
4.33. Ravnina $y = 0$ je meja dveh linearnih feromagnetikov. V območju $y < 0$ je vektor jakosti magnetnega polja $\bar{H} = (50, 100, 50) \text{ A/m}$. Določite vektor gostote magnetnega polja \bar{B} v območju $y > 0$, če je meja $y = 0$ brez tokovne obloge!



4.34. Ravnina $x=0$ je meja dveh snovi. V levi snovi ($x < 0$), z $\mu_1 = 0.1 \text{ Vs/Am}$, je gostota $\mathbf{B} = (100, 100, 100) \text{ mT}$. Določite poljsko jakost \mathbf{H} v desni snovi, z $\mu_2 = 0.01 \text{ Vs/Am}$! Kolikšen bi moral biti ploskovni tok \mathbf{K} na stiku, da bi bil \mathbf{B} v desni snovi brez tangencialne komponente?

4.35. Ravnina $z=0$ je meja dveh linearnih feromagnetikov. V območju $z < 0$ je vektor jakosti magnetnega polja $\vec{H} = (100, 100, 125) \text{ A/m}$. V območju $z > 0$ sta tangencialni komponenti vektorja gostote magnetnega pretoka

$B_x = 8\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$ in $B_y = 2\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$. Določite B_z v območju $z > 0$ ter vektor tokovne obloge \vec{K} na meji $z=0$!



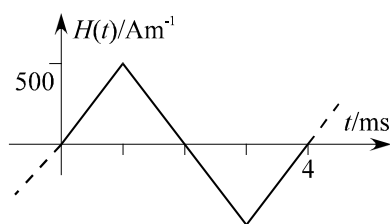
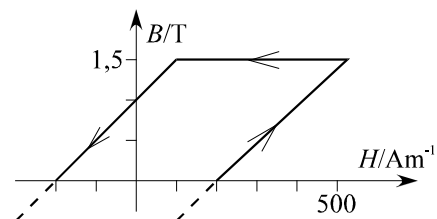
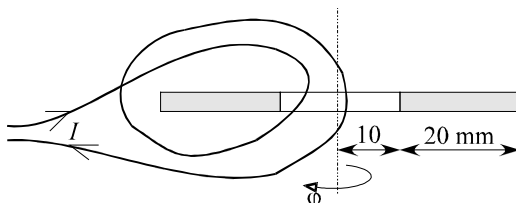
4.36. Določite magnetno polje v okolici tračnega vodnika s pomočjo skalarne magnetnega potenciala!

4.37. Manjša tokovna zanka s polmerom a_1 in tokom I_1 leži soosno v ravnini večje tokovne zanke s polmerom a_2 in tokom I_2 . Najmanj kolikšno silo moramo imeti na voljo, da povlečemo manjšo zanko vzdolž osi daleč stran od večje zanke? – Privzetek: $a_1 \ll a_2$.

4.38. Dani sta dve majhni planarni tokovni zankici z magnetnima dipolskima momentoma \mathbf{m}_1 in \mathbf{m}_2 in težiščnima točkama T_1 in T_2 . Izrazite navora na prvo in drugo zankico!

4.39. Na primarno navitje transformatorja s 150 ovoji (srednje dolžine ovoja 10 cm, prereza žice 2.5 mm^2 in sp. prevodnosti $56 \cdot 10^6 \text{ S/m}$) priključimo vir napetosti 0.5 V . Določite računski (poprečni) B in fluks ϕ v jedru, ki ima srednjo dolžino gostotnice 0.5 m in presek 6 cm^2 , če je ekvivalentna zračna reža stikov pločevine 0.5 mm , polnilni faktor stisnjene pločevine pa je 0.95 ! Kolikšen je poprečen M v pločevini! (magnetilne krivulje so na zadnji strani)

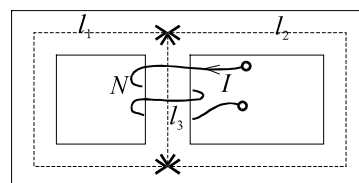
4.40. Koliko fluksa bo v podložki iz transformatorske pločevine debeline 3 mm , če jo ovija žica s tokom 10 A ? (Pomagajte si s Simpsonovo integracijsko formulo.)

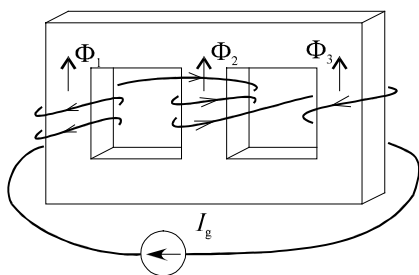


4.41. Dana je magnetilna »kasnilka« (histerezna pentlja) v »grobi«, odsekoma ravni aproksimaciji. Skicirajte časovni potek $B(t)$, če je $H(t)$ »žagaste« oblike! Skicirajte $B(t)$ tudi v primeru, ko bi žago zamenjali s harmonično funkcijo amplitude 500 A/m .

4.42. Dve podkvi, kot dva enaka dela toroidnega jedra iz trans. pločevine, predhodno namagnetimo, nato pa v enakih režah s Hallovo sondo izmerimo $B = 0.5 \text{ T}$. Kolikšna sta H in M v podkvah, če računamo s srednjo dolžino magnetne poti $l_s = 0.1 \text{ m}$, reži pa sta po 1 mm ?

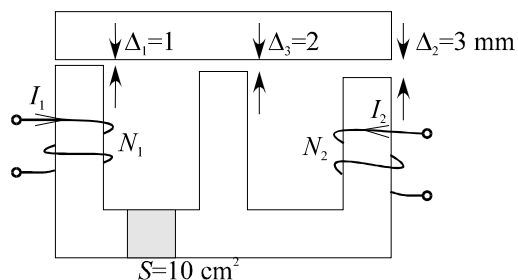
4.43. S kolikšnim tokom I tuljave ($N = 150$) moramo magnetiti tristebno jedro iz trans. pločevine, da bo magnetna gostota v levem stebri 0.6 T ? ($l_1 = 0.9 \text{ m}$, $l_2 = 1.2 \text{ m}$ in $l_3 = 0.3 \text{ m}$) V čem bi bilo drugače, če bi bili stebri različnih presekov?



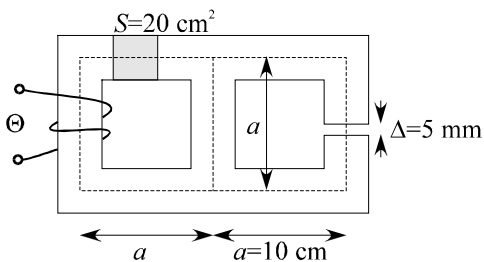


4.44. Tristebrno jedro ovijemo s tokovno pentljo. Določite razmerja $\phi_1 : \phi_2 : \phi_3$, če je magnetna upornost srednjega stebra trikrat manjša od upornosti krajnjih dveh magnetnih poti!

zračni reži 0.4 mWb! Jedro je iz litega železa.



4.45. Določite potrebno magnetno napetost $\theta = NI$, da bo pretok v



4.46. Kolikšne

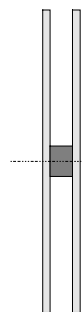
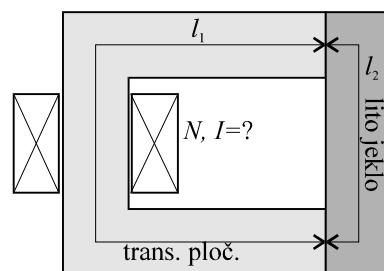
so gostote magnetnega pretoka v posameznih režah v primeru, ko smemo upornosti magnetnih poti fluksa po železu zanemariti? ($I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 1 \text{ A}$, $N_1 = 200$, $N_2 = 100$)

4.47. Na magnetnem jedru s srednjo dolžino magnetne poti $l_s = 0.5 \text{ m}$ in presekom $A = 30 \text{ cm}^2$ je navitje z

2000 ovoji. Magnetilna krivulja jedra je podana z enačbo $B = K\sqrt{H}$, kjer je $K = 0.05 \text{ T}\sqrt{\text{m/A}}$.

Kolikšen mora biti električni tok v navitju, da v jedru dosežemo magnetni fluks $\phi = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$?

4.48. Kolikšen tok magnetenja v tuljavniku z $N = 320$ ovoji moramo imeti na voljo, da v feromagnetnem jedru iz transformatorske pločevine in litega jekla dosežemo fluks $\phi = 1 \text{ mWb}$? Presek obeh delov jedra je $S = 10 \text{ cm}^2$, srednji magnetni poti pa sta: $l_1 = 40 \text{ cm}$ in $l_2 = 10 \text{ cm}$.

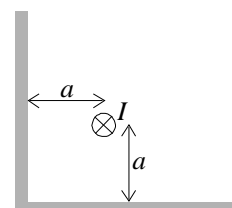


4.49. Med dve krožni plošči polmera b iz mehkomagnetnega materiala zanemarljive magnetne upornosti je koncentrično vstavljen trajni magnet v obliki kratkega valjčka dolžine c in polmera a . Glede na dano geometrijo izrazite odnose med B_1 , H_1 in M_1 v valjčku in B_2 ter H_2 v reži! – Robni efekt stresanja polja ob obodih plošč zamemarimo.

4.50. Raven vodnik s tokom I leži vzporedno na oddaljenosti a od feromagnetne stene relativne permeabilnosti μ_r . Magnetno polje \mathbf{B} pred steno je mogoče matematično opisati s tokom I in njemu »zrcalnim« I_1 v steni – na globini a –, magnetno polje \mathbf{B} v steni pa s tokom I_2 na mestu samega tokovodnika; obakrat kot da je ves prostor permeabilnosti μ_0 , medtem ko je \mathbf{H} pred steno enak \mathbf{B}/μ_0 , v steni pa $\mathbf{B}/\mu_r\mu_0$. Kolikšna sta ta, pomožna tokova? Kolikšna je sila na tokovodnik?

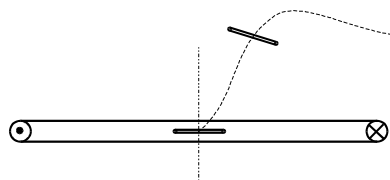
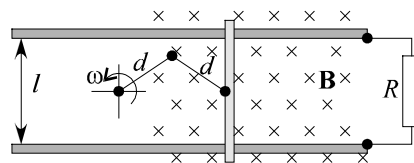
4.51. Glede na ugotovitve iz prejšnje naloge razmislite o primerih, ko je pred feromagnetno steno ali dvovod ali večja ali manjša tokovna zanka (magnetni dipol)! Kako je z magnetnim poljem (potencialom in **jakostjo**) in silami v takšnih primerih?

4.52. Vodnik s tokom I leži simetrično ob razsežnem feromagnetnem vogalu visoke relativne permeabilnosti. Izrazite magnetno silo na dolžinski meter tokovodnika!



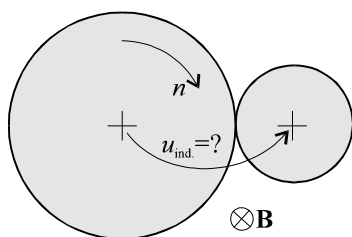
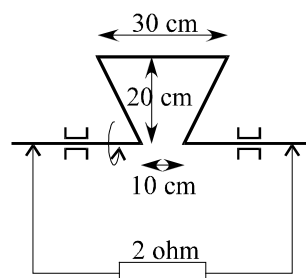
5. Dinamično elektromagnetno polje

5.1. Izračunajte poprečno moč na uporniku – pri zanemaritvi samoindukcije –, ko mehanizem z enako dolgima ročicama pretvarja kroženje v translatorsno drsenje palice po vodilih v homogenem magnetnem polju! – Kako bi bilo s to rečjo, ko bi bila ročica ob vrtilišču krajša od one pri palici?



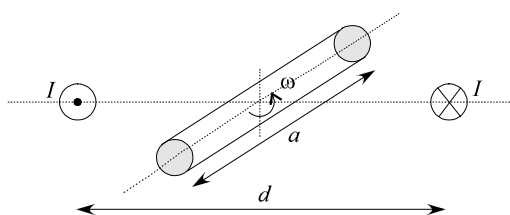
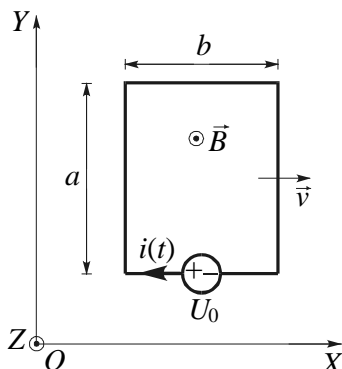
5.2. Majhno zanko polmera a_1 in upornosti R_1 povlečemo iz ravnine veliko večje zanke – s tokom I_2 in polmerom a_2 – »daleč stran«. Koliko naboja steče skozi presek žice prve zanke v času potega te zanke?

5.3. Trapezno (ali kako drugače) oblikovana žica enakomerno rotira s frekvenco 25 Hz v homogenem magnetnem polju gostote 100 mT; smer polja oklepa z osjo vrtenja kot 60° . Koliko toplote se sprosti na uporu v eni minuti, če efekt samoindukcije zanemarimo? Kolikšen tok bo tekkel po vrtečem okviru, ko upornik zamenjamo s kondenzatorjem kapacitete 1 mF. V kateri legi okvira je W_e v polju kondenzatorja največja?



5.4. Levi kolut ženemo z n obrati na minuto, desni pa se brez drsenja vrti ob njem v obratni smeri. Polmer prvega je a , polmer drugega pa $a/2$. Izrazite inducirano napetost med osema kolutov, če se ta dva vrtita v homogenem magnetnem polju gostote B , ki vpada pravokotno nanju!

5.5. Pravokotna zanka ($a \times b$), v kateri se nahaja enosmerni vir z napetostjo U_0 , se giblje s hitrostjo $\vec{v} = \vec{e}_x v_0$. Ohmska upornost zanke je R . Vektor gostote magnetnega pretoka je v območju gibanja zanke enak $\vec{B}(x) = \vec{e}_z B_0 e^{-x/b}$. Določite časovno odvisnost toka $i(t)$ v zanki, če ob $t = 0$ leva stranica zanke sovpada z osjo Y ! (Samoindukcijsko zanemarite.)



5.6. Pravokotna zanka dolžine l in širine a enakomerno rotira s frekvenco ω v polju dvovoda z medosno razdaljo d in tokom I . Določite u_{ind} v zanki oz. amplitude višjih harmonikov v njej! (Opirajte se na formulo z dna strani 356 v Osnovah elektromagnetike.)

5.7. S trifaznimi tokovi vzbujana simetrična trifazna navitja statorja generirajo v rotorskem področju vrtilno magnetno polje $\mathbf{B} = (B_x, B_y, 0)$ – konstantnega iznosa, $|\mathbf{B}| = \text{konst.} = B_0$ –, ki rotira z $\mathbf{e}_z \omega_1$. Rotorska zanka je planarna, površine S , in rotira z $\mathbf{e}_z \omega_2$. Določite inducirano napetost v njej z vidika odnosa med obema kotnima hitrostima!

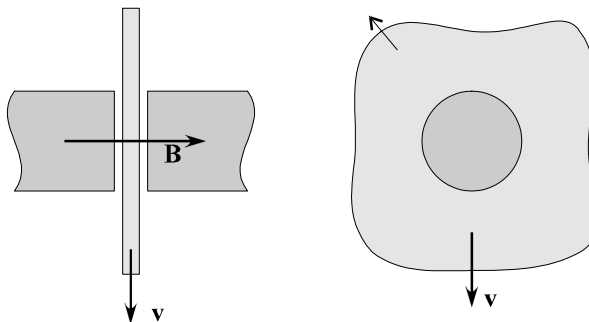
5.8. Kovinska krogla se giblje enakomerno in pravokotno na homogeno magnetno polje. Določite $\mathbf{E}_{\text{statični}}$ znotraj in zunaj krogle!

5.9. Določite $\mathbf{E}_{\text{statični}}$ in $\mathbf{E}_{\text{inducirani}}$ v obroču iz dveh kovin okrog feromagnetnega stebra s harmoničnim fluksom $\phi(t) = \phi_0 \cos \omega t$, če samoindukcijo zamemarimo! Radij obroča je a , sp. prevodnosti delov obroča sta v razmerju $\gamma_1/\gamma_2 = b$, kota zapolitve obroča pa sta v razmerju $\alpha_1/\alpha_2 = c$.

5.10. Določite vrtnične tokove v tanki krožni Cu plošči debeline h in polmera a , ko se magnetno polje – pravokotno nanjo – harmonično spreminja in je učinek samoindukcije še zanemarljiv! Izrazite tudi poprečno sproščeno toploto v njej!

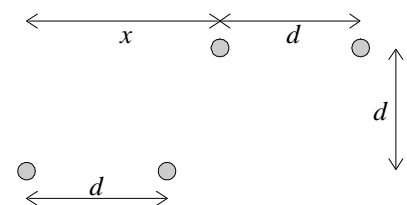
5.11. Določite porazdelitev vrtničnih tokov v tanki Fe pločevini debeline d , ko ta »vodi« harmonično spremenljiv magnetni fluks z amplitudo gostote B_0 in kotne frekvence ω , če je pojav samoindukcije neizražen! Toplotne izgube (moč) v njej izrazite v W/kg!

5.12. Razmislite o zaviralni sili na razsežno prevodno ploščo debeline d , če bi jo povlekli s hitrostjo \mathbf{v} skozi režo elektromagneta krožnega preseka, polmera a , ki ima tam gostoto \mathbf{B} ! Ali se more kaj tega tudi izračunati, ko privzamemo, da je povratni učinek magnetnega polja inducirane vrtničnega toka v plošči zanemarljiv glede na primarno polje \mathbf{B} ?



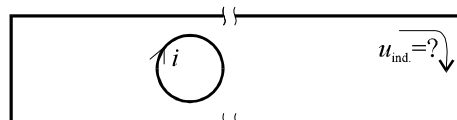
5.13. Kolikšen sklep ψ bi priredili navitju iz naloge 4.44, ko bi tega izrazili z linarno kombinacijo posameznih fluksov?

5.14. Sistem štirih enakih vodnikov je enkrat povezan vzporedno v cepljen dvovod, drugič pa zaporedno v dvojno zanko. Izračunajte nadomestne induktivnosti za obe postavitvi in obe povezavi! – Geometrijske oznake si postavite sami!



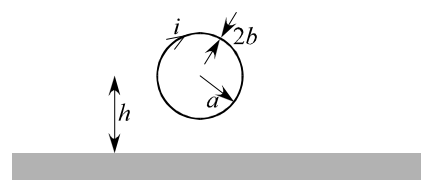
5.15. Določite izmik x med dvema enakima dvovodoma, da bo njuna medsebojna induktivnost enaka nič!

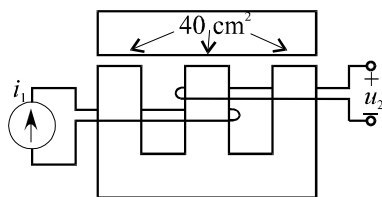
5.16. Izrazite inducirano napetost v dolgi pravokotni zanki, ko se tok v središčno položeni krožni spreminja po zakonitosti $i(t) = Ie^{-\alpha t} \cos(\beta t + \gamma)$! – Izberite si potrebne geometrijske oznake!



5.17. Izrazite induktivnost prvega in drugega dvovoda nad idealno feromagnetno podlago! Koliko fluksa »povleče« na sebe podlaga pri toku I dvovoda? (Splošne mere.)

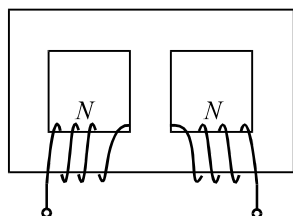
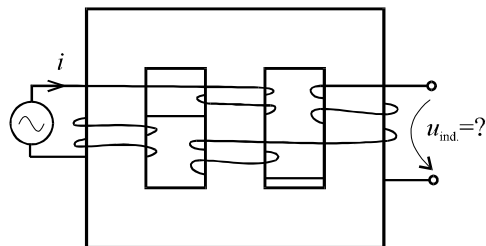
5.18. Koliko fluksa krožne tokovne zanke doseže idealizirano ravno feromagnetno podlago? – Za samo nalogo nepotrebna informacija je približek za induktivnost zanke: $L/H \cong \mu_0 a (\ln(8a/b) - 7/4)$.





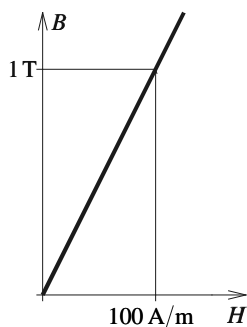
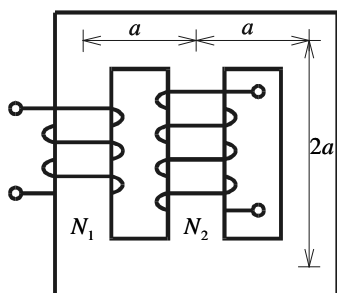
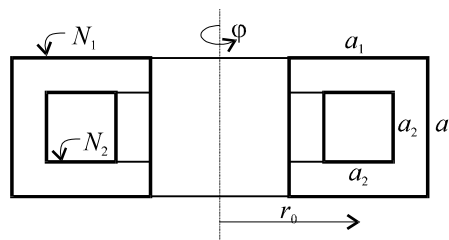
5.19. Izrazite napetost u_2 med sponkama drugega »navitja«, če je prvo »navitje« vzbujano s tokom $i_1(t)/A = 10 \cos 400t$, magnetna upornost železa pa je zanemarljiva glede na upornosti špranj širine 1 mm!

5.20. Izrazite inducirano napetost v drugem navitju, če se v prvem spreminja tok po harmonični zakonitosti: $i(t)/A = 10 \cos(400t + \alpha)$! Magnetne upornosti stebrov so: $R_1 = 3R_2 = R_3 = 10^3 \text{ A/Vs}$.



5.21. Izrazite induktivnost dvodelnega navitja na tristeternem jedru, če sta magnetni upornosti stranskih dveh magnetnih poti trikrat večji od magnetne upornosti R_m srednjega stebra! – Pozorni bodite na smer navijanja!

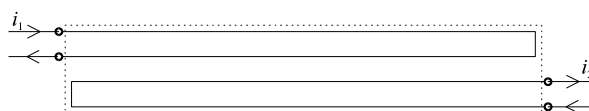
5.22. Prvo enakomerno gosto toroidno navitje z N_1 ovoji objema drugo enakomerno gosto toroidno navitje z N_2 ovoji. Določite izraz za njuno medsebojno induktivnost, če sta preseka toroidov kvadrata s stranicama a_1 in a_2 , srednji polmer toroidov pa je r_0 !



5.23. Dano je magnetno jedro z dano linearno magnetilno krivuljo, $N_1 = 200$, $N_2 = 400$, $a = 10 \text{ cm}$ in presek jedra $A = 10 \text{ cm}^2$. Izračunajte medsebojno induktivnost navitij L_{12} !

5.24. Izrazite medsebojno induktivnost med dvema majhnima tokovnimi zankicama – magnetnima dipoloma!

5.25. Za par magnetno sklopljenih dvovodov oblikujte nadomestno električno vezje! – Upoštevajte induktivnosti in upornosti, če so žice krožnih presekov!



5.26. Razmislite o modelnem vezju koaksialnega kabla ali kako drugače oblikovane homogene linije, ko želimo upoštevati vse štiri porazdeljene parametre: vzdolžno upornost, prečno prevodnost, induktivnost in kapacitivnost! Razmislite še o potrebni kritičnosti oz. vprašljivosti modela pri visokih frekvencah!

5.27. 40% fluksa prve tuljave doseže drugo in 90% druge tuljave doseže prvo. Kolikšen je faktor sklopa?

5.28. Določite poprečno množino magnetne energije/meter v Cu cevi krožnega preseka s polmeroma 2 in 2,5 cm, ki vodi tok $i(t)/A = 3000 \cos 100\pi t$!

5.29. Feromagnetno jedro s srednjo dolžino magnetne poti $l = 30 \text{ cm}$, presekom $S = 10 \text{ cm}^2$ ter z zračno režo $\delta = 1 \text{ mm}$ namagnetimo do gostote $B_0 = 1 \text{ T}$. Kolikšen je energijski vložek v magnetenje takšne strukture, če je magnetilna krivulja feromagnetika podana z izrazom $H = kB^2$, $k = 900 \text{ A/(m.T}^2\text{)}$?

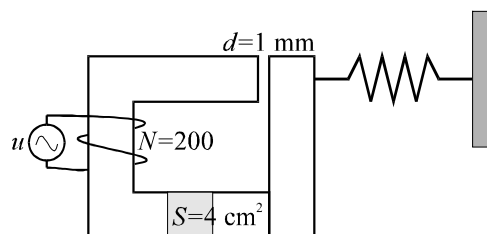
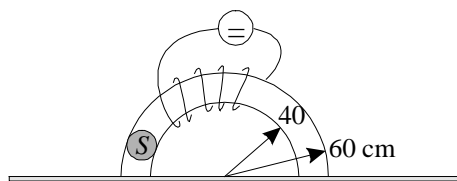
5.30. Funkcijska odvisnost magnetizacije v nelinearnem feromagnetnem jedru prostornine 1 dm^3 je podana z izrazom $M(H) = \frac{B_1}{\mu_0} \arctan(H/H_2)$ in sta $B_1 = 1,2 \text{ T}$ ter $H_2 = 10\,000 \text{ A/m}$. Kolikšen je potreben energijski vložek v magnetenje jedra od nič do jakosti $H_3 = 20\,000 \text{ A/m}$?

5.31. Feromagnetno jedro preseka 5 cm^2 in srednje dolžine magnetne poti 40 cm namagnetni vir s počasi monotono naraščajočim tokom od 0 do 1 A skozi tuljavo s 180 ovoji. Koliko energije (brez joulskih izgub v žici) je v magnetni sistem vnesel vir, če je magnetilna krivulja jedra podana z aproksimativnim izrazom: $B = \sqrt{H}/30$?

5.32. Na magnetnem jedru s srednjo dolžino magnetne poti $l_s = 0,5 \text{ m}$ in presekom $A = 30 \text{ cm}^2$ je navitje z 200 ovoji. Tok v navitju je časovno odvisen in podan kot $i(t) = I_0(1 - e^{-t/\tau})$, kjer sta $I_0 = 0,4 \text{ A}$ in $\tau = 1 \text{ ms}$. Magnetilna krivulja jedra je podana z enačbo $B = K\sqrt{H}$, kjer je $K = 0,05 \text{ T}\sqrt{\text{m/A}}$. Kolikšen je energijski vložek v magnetenje jedra v časovnem intervalu $[0, \tau]$?

5.33. C-jedro je sestavljeno iz dveh »C« delov in vzbujano tako, da je v jedru gostota 1 T ($\mu_r = \text{konst.}$). Kolikšna sila je potrebna za razsklenitev delov jedra preseka 10 cm^2 ?

5.34. Kolikšna je poprečna sila v vzmeti, ki drži kotvo v narisani legi, če je $u(t)/\text{V} = 10 \cos 400t$? – Upornost navitja in magnetna upornost jedra s kotvo sta zanemarljivi.

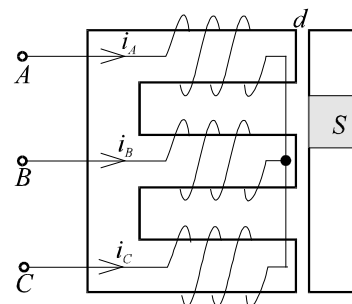


5.35. Podkev dvižnega

elektromagneta je polkrožna in ima krožni presek. Kolikšno magnetno napetost moramo imeti na voljo, da bi magnet dvignil 5-tonsko železno ploščo debeline 3 cm ?

Permeabilnost jedra in plošče je $10^4 \mu_0$. Kako bi bilo s stvarjo, če bi bila med ploščo in podkvijo določena zračna reža (oksidirana površina pločevine)?

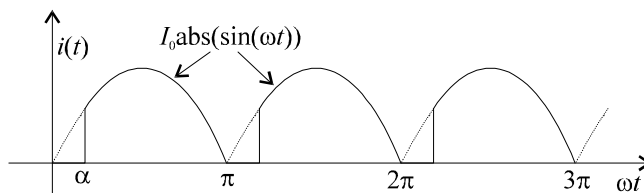
5.36. Določite poprečno silo na kotvo, če je jedro trifazno vzbujano, gostota polja v režah ($S = 1 \text{ cm}^2$, $d = 0,5 \text{ mm}$) pa doseže vrednost 1 T ! Kolikšna bi bila ta sila, če bi bilo vzbujano le eno navitje, npr. srednje?



6. Električna vezja spremenljivih tokov

6.1. Danemu toku določite srednjo in efektivno vrednost v odvisnosti od kota α !

6.2. Tuljava z induktivnostjo $L = 100 \text{ mH}$ je priključena na tokovni generator $i_g(t) / \text{A} = 100 \sin 10^3 t$. Določite trenutno napetost na tuljavi ter trenutno in poprečno energijo v polju tuljave!



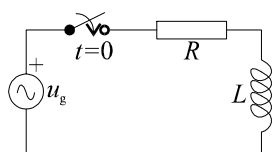
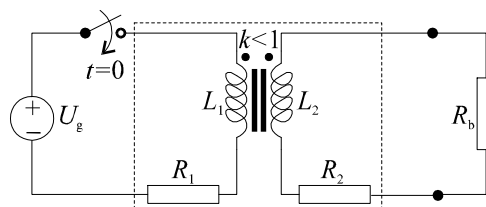
6.3. Kondenzator s kapacitivnostjo $C = 10 \mu\text{F}$ je priključen na generator napetosti $u_g(t) / \text{V} = 10^4 \sin 10^3 t$. Določite trenutni tok skozi kondenzator in maksimalni naboj na ploščah ter trenutno in poprečno energijo v polju kondenzatorja!

6.4. Tuljava induktivnosti L in zanemarljive notranje upornosti je priključena na napetostni vir žagaste napetosti s srednjo vrednostjo nič voltov. Določite časovni potek toka in magnetne energije, če je $i(t = 0) = 0$.

6.5. Realen kondenzator z izgubno upornostjo 10 Mohm in kapacitivnostjo $1 \mu\text{F}$ priključimo na tokovni vir jakosti 1 mA za 10 ms . Kolikšna je napetost na kondenzatorju 10 s za tem?

6.6. Dva enaka kondenzatorja kapacitivnosti C predhodno naelektrimo: prvega z nabojema $\pm Q$, drugega pa z nabojema $\pm 2Q$. Nato ju staknemo v zanko preko zaščitnega upornika upornosti R . Določite funkcijo toka v C - R - C zanki! – Izberite si enega od dveh možnih stikov!

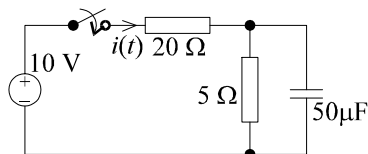
6.7. Označen četverpol predstavlja nadomestno vezje magnetno nepopolno sklopljenih navitij na linearnem neizgubnem jedru. Določite toka $i_1(t)$ in $i_2(t)$ po vklopu – z R_b obremenjenega četverpola – na vir enosmerne napetosti! Kolikšne so izgube na R_b v času prehodnega pojava?



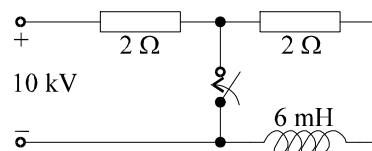
6.8. Analizirajte vklop R - L dvopola na harmonični vir napetosti; $u_g(t) = U_g \cos(\omega t + \varphi_g)$!

6.9. Enožilni kabel dolžine 2 km ima kapacitivnosti 150 nF in izgubno upornost $1 \text{ G}\Omega$. Ob odklopu kabla je bila napetost med žilama 60 kV . V kolikšnem času se napetost med žilo in plaščem zmanjša na »nenevarnih« 50 V ?

6.10. Kolikšen je tok skozi stikalo v prvi milisekundi po vklopu stikala?

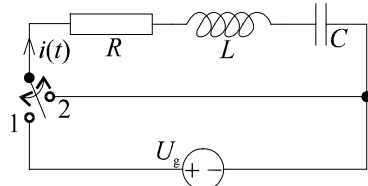


6.11. Določite $i(t)$ po vklopu stikala!

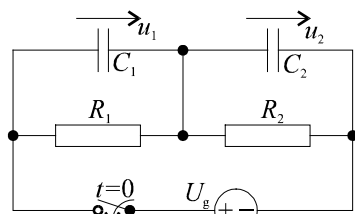
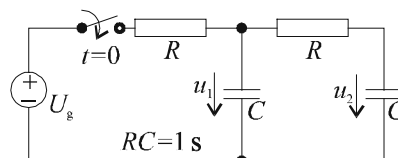


6.12. Zaporedni R - C člen s časovno konstanto $\tau = RC$ je vzbujan napetostnim impulznim generatorjem: čas trajanja impulza je T_1 , čas pavze je T_2 , napetost impulzov pa je U_0 . Določite mejne vrednosti U_1 in U_2 , med katerima »niha« napetost na kondenzatorju, ter izgube na uporniku v času ene periode ($T = T_1 + T_2$)?

6.13. Določite $u_1(t)$ in $u_2(t)$ na kondenzatorjih po vklopu stikala! Koliko toplote se pri tem sprosti na uporih?



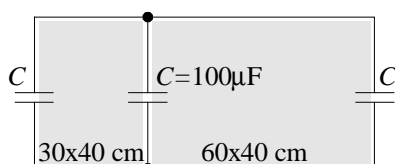
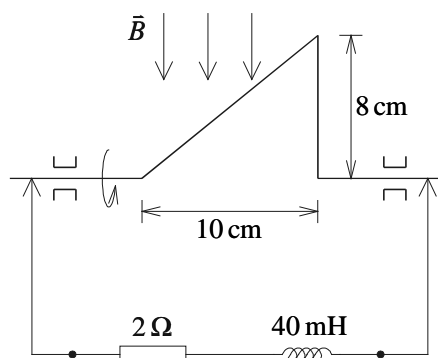
6.14. Določite $i(t)$ po vklopu zaporednega nihajnega kroga na enosmerni napetostni vir; ugotovite stacionarno stanje; določite $i(t)$ po preklopu stikala! V obeh primerih dopustite možnost, da ima karakteristična enačba realna ali kompleksna korena.



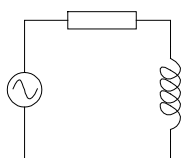
6.15. Določite $u_1(t)$ in $u_2(t)$ po vklopu stikala!

6.16. Trikotno oblikovana žica enakomerno rotira s krožno frekvenco $\omega = 25 \text{ rad/s}$ v

homogenem magnetnem polju gostote $B = 100 \text{ mT}$; smer magnetnega polja je pravokotna na os vrtenja. Med koncema žice je priključeno breme, ki je sestavljeno iz zaporedne vezave upora $R = 2 \Omega$ in tuljave $L = 40 \text{ mH}$. Določite kompleksor moči na bremenu!

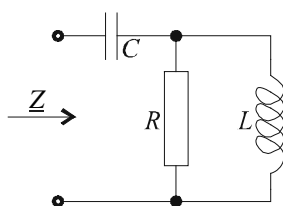


6.17. Pravokotno na ravnino vezave treh enakih kondenzatorjev kapacitivnosti $C = 100 \mu\text{F}$ je usmerjeno homogeno magnetno polje gostote $B(t)/\text{T} = 0,3 \cos 10^3 t$. Določite poprečno akumulacijo električne energije v kondenzatorskem vezju, če njihove priključne vezi oblikujejo pravokotne zanke danih izmer! Upornost žic in samoindukcija sta zanemarljiva!



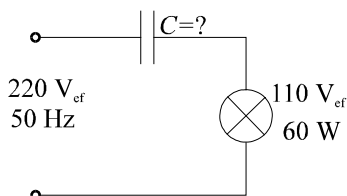
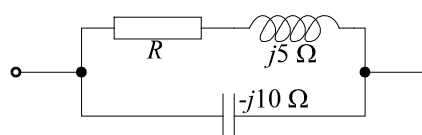
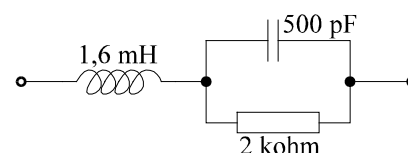
6.18. Kolikšna je napetost na uporniku 10Ω , ko je napetost na tuljavi induktivnosti 5 milihenrijev enaka nič? ($u(t)/\text{V} = 10 \sin 1000t$)

6.19. Izračunajte impedanco in admitanco dvopola pri $f = 200 \text{ kHz}$!



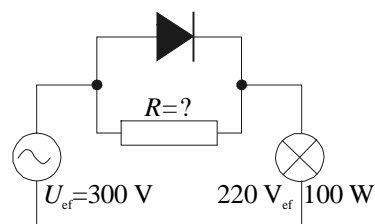
6.20. Izrazite $\underline{Z}(\omega)$ in določite ω' , da bo $\text{Im}\{\underline{Z}\}=0$; kolikšen je $\underline{Z}(\omega')$?

6.21. Določite R , da bo $\text{Im}\{\underline{Z}\}=0$!

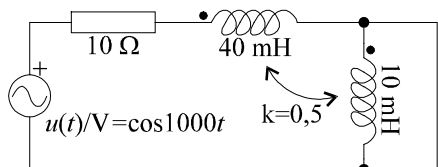
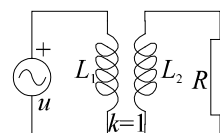


6.22. Določite vrednost kapacitivnosti kondenzatorja, da bo žarnica pravilno napajana! Kolikšna je napetost na žarnici v trenutku, ko je napetost na kondenzatorju enaka nič?

6.23. Določite upornost R upornika, da bo žarnica pravilno napajana! Dioda ima idealno karakteristiko.

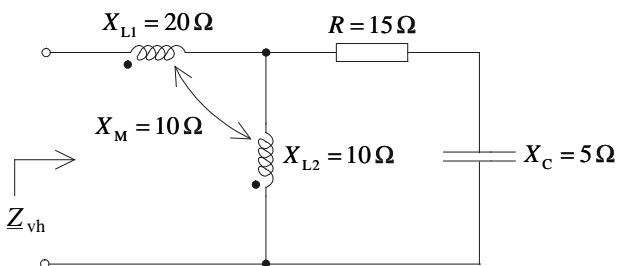
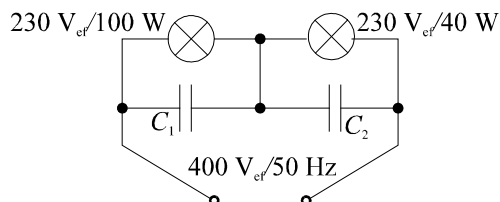


6.24. Izračunajte poprečno moč na bremenu $R = 10 \Omega$! Podatki so:
 $L_1 = 1 \text{ H}$, $L_2 = 4 \text{ H}$, $u(t)/\text{V} = 220\sqrt{2} \cos 100\pi t$!



6.25. Koliko magnetne energije vsebuje vezje v trenutku, ko je $|u(t)|$ maksimalna?

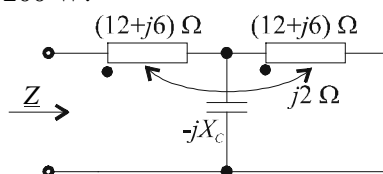
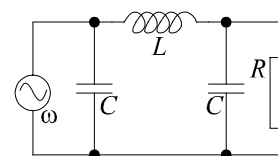
6.26. Določite vrednosti kondenzatorjev, da bosta žarnici pravilno napajani!



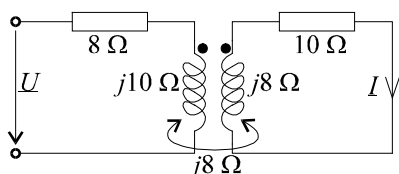
6.27. Določite vhodno impedanco danega vezja!

njihove vrednosti, če je $\omega L = 1/\omega C = R = 100 \Omega$, moč na uporniku pa je 200 W!

6.28. Skicirajte kazalčni diagram tokov in napetosti v vezju ter iz njega odčitajte



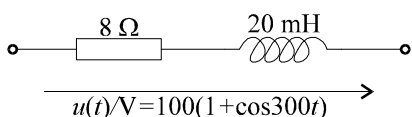
6.29. Določite X_C , da bo impedanca vezja realna!



6.30. Izračunajte poprečno moč na bremenu!

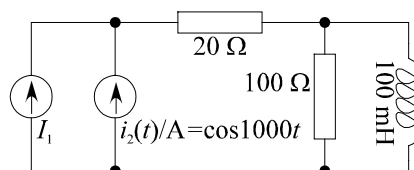
6.31. Določite \underline{U} , da bo $\underline{I} = j2 \text{ A}$!

6.32. Vezju določite impedanco!

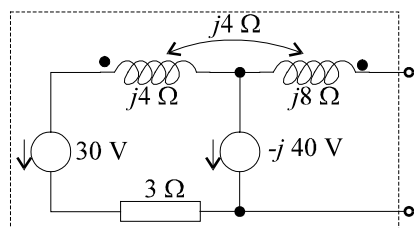


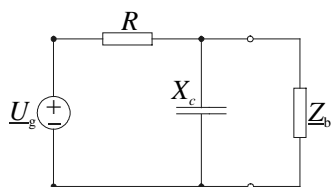
6.33. Izračunajte poprečno moč na uporniku!

6.34. Določite tok I_1 enosmernega generatorja, da bosta poprečni moči na upornikih enaki!



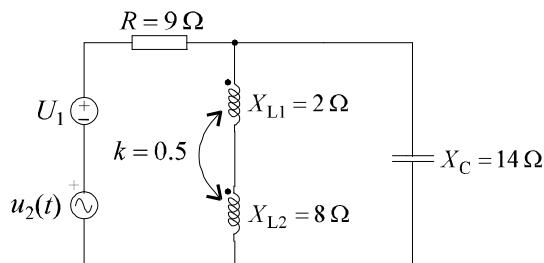
6.35. Določite ekvivalentni Theveninov generator! Katero kompleksno breme na sponkah bo imelo največjo moč? Katero realno breme na sponkah bo imelo največjo moč? Kolikšni sta ti moči?





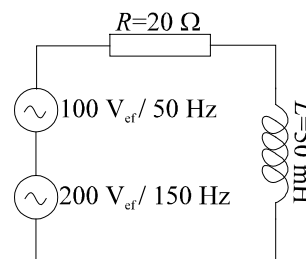
6.36. Pri kateri impedanci \underline{Z}_b bo delovna moč na bremenu največja in kolikšna je ta moč? Upornost upora je $R = 1 \Omega$, reaktanca kondenzatorja je $X_C = 2 \Omega$, kompleksor maksimalne vrednosti napetosti vira je $\underline{U}_g = 4 \text{ V}$.

6.37. Vezje R - L je vzbujano z dvema napetostnima viroma različnih frekvenc. Določite poprečno moč na uporniku $R = 20 \Omega$!



6.38. Določite delovno moč, ki se sprošča v vezju, če sta napetosti neodvisnih virov

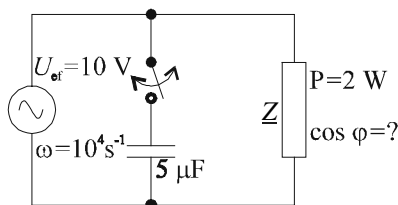
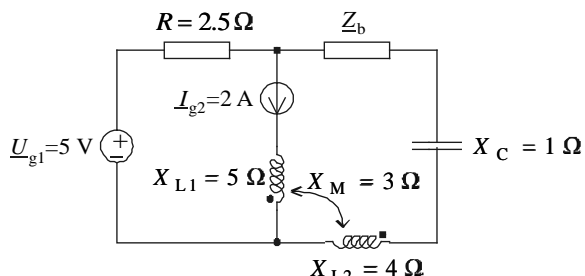
$U_1 = 6 \text{ V}$ in $u_2(t) = 5 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ V}$, krožna frekvenca pa je $\omega = 300 \text{ Hz}$!



6.39. Določite impedanco bremena \underline{Z}_b , tako da se bo na njej sproščala maksimalna delovna moč in določite, kolikšna je ta moč!

6.40. Določite mejni vrednosti kompenzacijskega kondenzatorja, znotraj katerih bo ta motorju, s podatki:

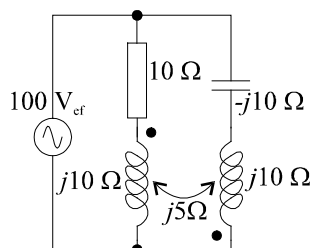
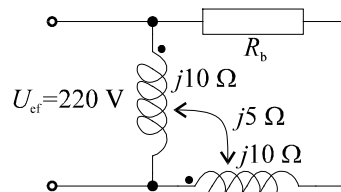
$P = 2,2 \text{ kW}$, $\cos \varphi = 0,75$, $U_{\text{ef}} = 220 \text{ V}$ in $f = 50 \text{ Hz}$, popravil faktor delovnosti nad 0,95!



6.41. Brez kondenzatorja je absolutna vrednost navidezne moči dvakrat večja kot z njim. Določite $\cos \varphi$ impedance \underline{Z} !

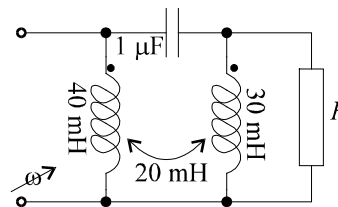
6.42. Kolikšna je moč na $R_b = 10 \Omega$ in kolikšen del te moči

se prenese nanj preko magnetnega sklopa?

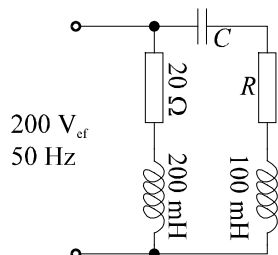


6.43. Kolikšna moč se transformira preko magnetnega sklopa? Kako je s tem, ko sponki ene od tuljav zamenjamo?

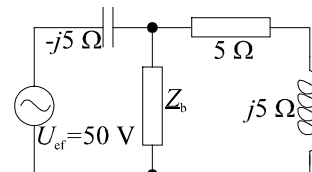
6.44. Določite frekvenco, pri kateri bo vezje čisto reaktivno – in kolikšna bo takrat susceptanca B ?

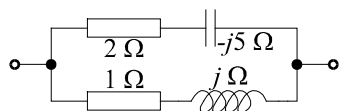


6.45. Določite elementa R in C , da bosta vejska tokova enakih jakosti, med seboj pa bosta fazno premaknjena za $\pi/2$!



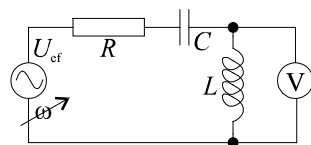
6.46. Določite \underline{Z}_b , da bo delovna moč P na njem maksimalna – in kolikšna bo?



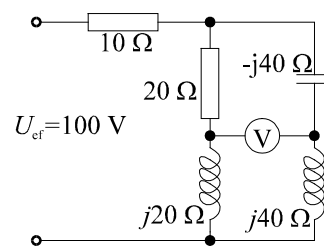


6.47. Določite trikotnik moči oz. $\underline{S} = P + jQ$ dvopola, če je moč na uporniku $2\ \Omega$ enaka $20\ \text{W}$!

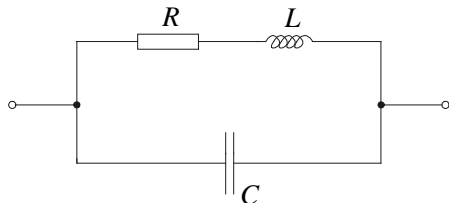
6.48. Koliko kaže idealni V-meter?



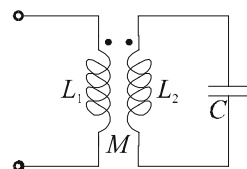
6.49. Harmoničnemu napetostnemu viru spreminjamo frekvenco ω . Določite ω_m , pri kateri bo odklon idealnega V-metra maksimalen – in kolikšen bo?



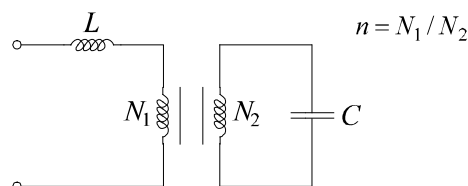
6.50. Vezju določite frekvenco tokovne in frekvenco napetostne resonance!



6.51. Pri kateri frekvenci bo vezje čisto ohmsko?

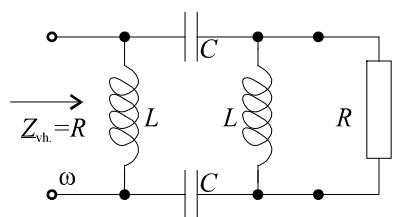


6.52. Dvopolnem vezju na sliki določite frekvenco



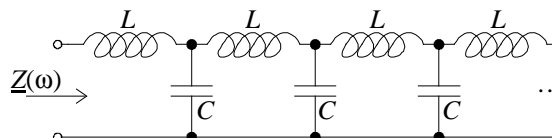
tokovne resonance! Transformator je idealen.

6.53. Opredelite elemente četveropola T, če sta četveropolni enačbi pri $\omega = 10^6\ \text{s}^{-1}$ takile: $\sqrt{2}\underline{U}_1 = \underline{U}_2 + j\underline{I}_2$, $\sqrt{2}\underline{I}_1 = -j\underline{U}_2 - \underline{I}_2$!

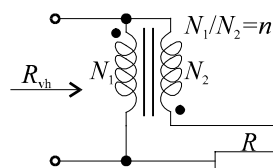


6.54. Katero upornost R »zmore« reaktivni četveropol preslikati »vase« – da bo $\underline{Z}_{vh} = R$ – in kdaj?

6.55. Določite impedanco $\underline{Z}(\omega)$ »neskončne« ve-

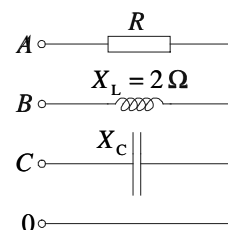


rige enakih L - C celic! Kako fizikalno interpretiramo dejstvo, da je $\text{Re}\underline{Z}(\omega) = R(\omega) \geq 0$?



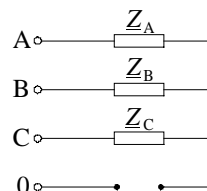
6.56. Določite vhodno upornost; transformator je idealen!

6.57. Pozitivni simetrični trifazni sistem napetosti priključimo na dano trifazno breme v zvezda vezavi s povratnim vodnikom. Efektivna vrednost fazne napetosti trifaznega sistema je $230\ \text{V}$. Kolikšni morata biti upornost R in reaktanca X_c , da bo tok v povratnem vodniku enak nič?

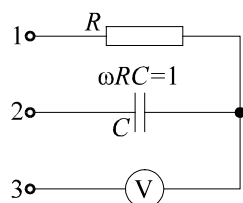


6.58. Izračunajte kompleksorje moči v posameznih fazah trifaznega bremena, ki je priključeno na pozitiven simetrični trifazni sistem napetosti! Fazna napetost trifaznega sistema je $U_f = 220\ \text{V}$, impedance bremen v posameznih fazah so

$$\underline{Z}_A = 100\ \Omega, \quad \underline{Z}_B = 100\left(\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\ \Omega \quad \text{in} \quad \underline{Z}_C = 100\left(\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\ \Omega.$$

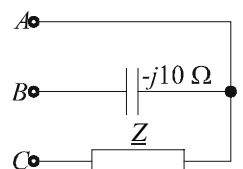


6.59. Kolikšen je odčitek na idealnem ampermetru, ko tripolno vezje priključimo na pozitiven simetričen sistem medfaznih napetosti $3 \times 380 \text{ V}_{\text{ef}}$?



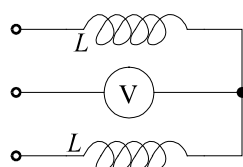
6.60. Kolikšen je odčitek idealnega voltmetra, ko tripolno vezje priključimo na simetričen sistem medfaznih napetosti $3 \times 380 \text{ V}_{\text{ef}}$?

6.61. Kolikšno je razmerje odklonov V-m pri pozitivnem oz. negativnem faznem zaporedju trifaznega sistema napetosti? Kako je s tem, ko V-m zamenjamo z A-m?



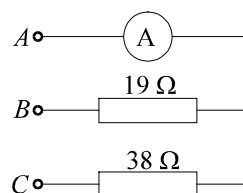
6.62. Določite \underline{Z} , da bo tok v fazi A enak nič!

6.63. Določite odčitke prvih dveh A-metrov, če kaže tretji tok 10 A!



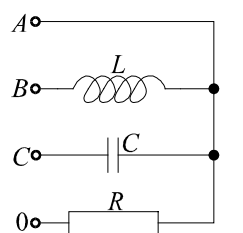
6.64. Kolikšna je medfazna napetost simetričnega trifaznega sistema, če kaže voltmeter $600 \text{ V}_{\text{ef}}$.

6.65. Določite tok v vodniku faze A, če je vezje priključeno na omrežje $3 \times 230/400 \text{ V}_{\text{ef}}$!



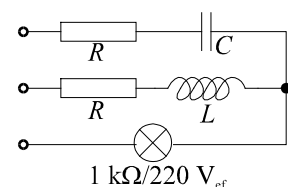
6.66. Določite odčitek A-metra in delovno moč v vezju, ko je to priključeno na trifazen sistem napetosti $3 \times 380 \text{ V}_{\text{ef}}$!

6.67. Določite vrednost kapacitivnosti enakih kondenzatorjev, da bo žarnica, moči 100W pri $U_{\text{ef}} = 220 \text{ V}$, pri priključitvi na simetričen trifazni sistem napetosti $3 \times 220\sqrt{3} \text{ V}_{\text{ef}} / 50 \text{ Hz}$ pravilno napajana!



6.68. Določite tok v fazi A! ($X_L = X_C = \sqrt{3}R$)

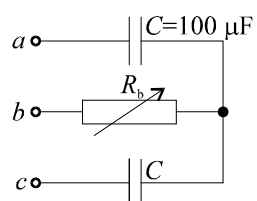
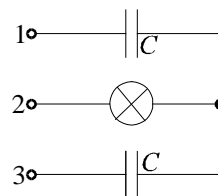
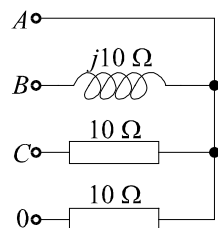
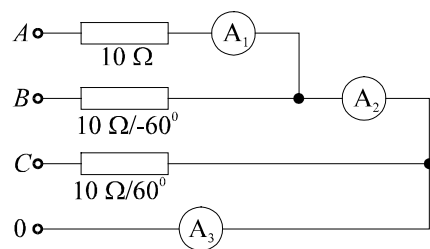
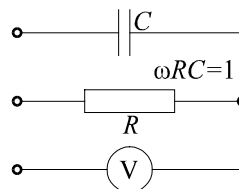
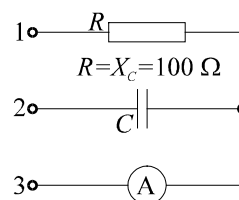
6.69. Določite največjo moč, ki jo more prejeti R_b pri stiku vezja na simetričen trifazni sistem $3 \times 400 \text{ V}_{\text{ef}} / 50 \text{ Hz}$!



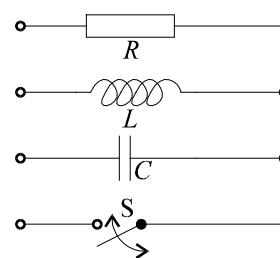
6.70. Določite elemente R , L in C , da bo pri enem faznem zaporedju napetost na žarnici nič, pri drugem faznem zaporedju napetosti $3 \times 380 \text{ V}_{\text{ef}} / 50 \text{ Hz}$ pa bo pravilno napajana z $220 \text{ V}_{\text{ef}}$!

6.71. Določite vrednosti kompenzacijskih kondenzatorjev v zvezda ali trikot stiku, ki bodo povsem kompenzirali jalovo moč trifaznega motorja $3 \times 380 \text{ V}_{\text{ef}} / 50 \text{ Hz}$, $P = 75 \text{ kW}$, $\cos \varphi = 0,85$!

6.72. Opredelite stik, ki bo omogočal priklop predhodno kompenziranega trifaznega motorja moči 2,1 kW na enofazno omrežje $220 \text{ V}_{\text{ef}} / 50 \text{ Hz}$! – Pri stiku uporabimo reaktivne elemente!



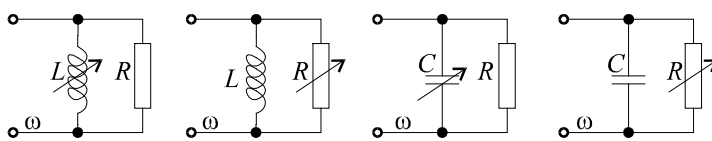
6.73. Določite simetrične komponente faznih tokov, ko je nesimetrično breme enkrat z ničlovodom, drugič pa brez (stikalo S)! Velja še: $R = X_L = X_C = 10 \Omega$ in sistem napetosti je $3 \times 230/400 \text{ V}_{\text{ef}}$.



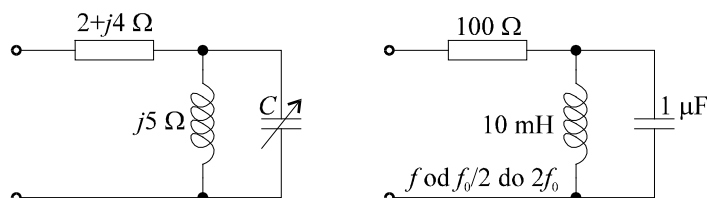
6.74. Simetričen daljnovod – z lastnimi impedancami vrvi $\underline{Z}_l = R + j\omega L$ in medsebojnimi impedancami $\underline{Z}_m = j\omega M$ – povezuje simetrično breme $3 \times \underline{Z}_b$ v zvezda vezavi in simetričen generator trifaznih napetosti. Določite tokove v vrveh!

6.75. Kolikšna je jalova energija na simetričnem daljnovodu, ki je enostransko odprt in vzbujan s $3 \times 400 \text{ kV}_{\text{ef}} / 50 \text{ Hz}$ medfazne napetosti? Polmer vrvi je 2 cm, medosna razdalja je 5 m, dolžina trase pa je 50 km. Kolikšni so »polnilni« tokovi?

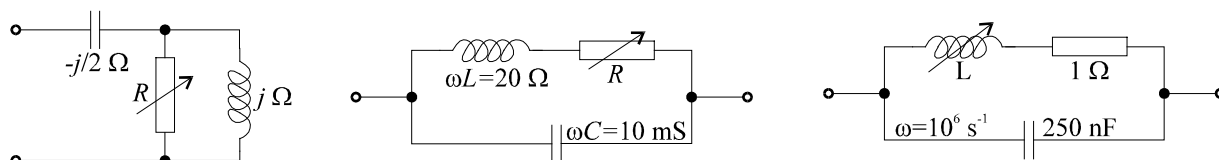
6.76. Določite tirnice impedanc naslednjim dvopolom! Kako je s tirnicami, ko se elementom spreminjajo vrednosti v »realnih« mejah: $R \in (R_1, R_2)$, $C \in (C_1, C_2)$, $L \in (L_1, L_2)$?



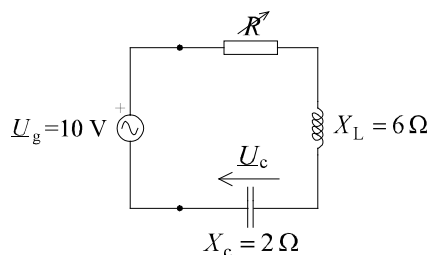
6.77. Dvopoloma določite tirnici admittance! Pri drugem vezju se vzbujalna frekvenca spreminja od polovične do dvojne resonančne frekvence.



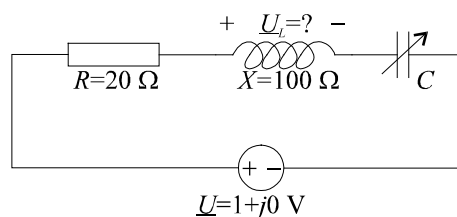
6.78. Spremenljivim elementom določite tiste vrednosti, pri katerih se bodo vezja navzven kazala kot čisto ohmska!



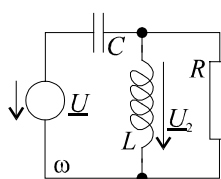
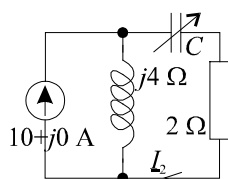
6.79. Določite tirnico napetosti na tuljavi (serijskega nihajnega kroga), ko se vrednost kapacitivnosti kondenzatorja spreminja med skrajnima mejama!



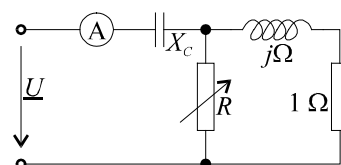
6.80. Določite tirnico napetosti na kondenzatorju (zaporednega nihajnega kroga), ko se vrednost upornosti upora spreminja med skrajnima mejama! Grafično določite še upornost upora R tako, da bo delovna moč vezja največja!



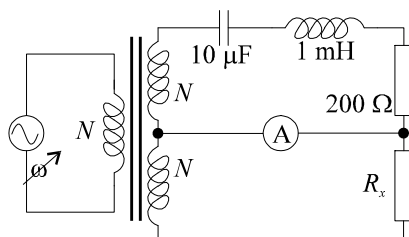
6.81. Določite X_C da bo odčitek A-metra neodvisen od spremenljivega upornika!



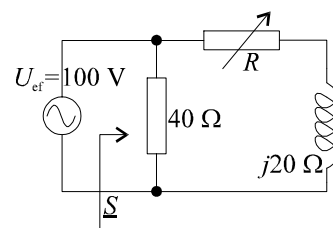
6.82. Pri prvem vezju določite tirnico \underline{I}_2 , pri drugem pa tirnico \underline{U}_2 !



6.83. Določite tirnico kompleksorja moči \underline{S} in ugotovite vrednost upornosti R , pri kateri bo delovna moč P maksimalna – in kolikšna bo!



6.84. Napetostnemu viru ($U_{\text{ef}} = 100 \text{ V}$) spreminjamo krožno frekvenco ω . Določite R_x , da bo odklon A-metra neodvisen od ω ! Kolikšen bo ta odklon? (Transformator je idealen.)



Začetne krivulje magnetenja za mehke magnetne materiale

