

Naloge iz fizike II za FMT

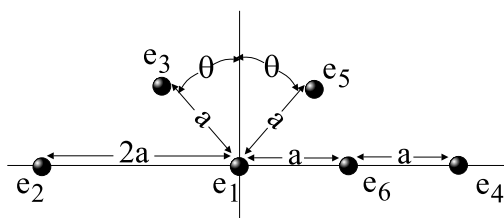
Aleš Mohorič

Fakulteta za matematiko in fiziko

21. oktober 2004

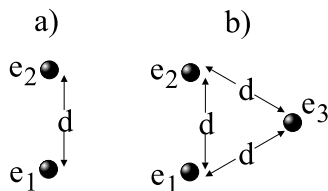
1 Električni naboj

1. Kovinsko kroglo nabijemo z nabojem e . Kroglo nato s prevodno žico povežemo z enako kroglo, na kateri ni naboja. Žico potem odstranimo in krogli postavimo tako, da sta njuni središči na razdalji d . Kolikšna je tedaj sila, s katero prva krogla deluje na drugo? ($e^2/16\pi\epsilon_0 d^2$)
2. Šest nabojev je razporejenih tako, kot kaže slika 1. Kolikšna sila deluje na naboj e_1 ? Velikosti vseh nabojev so $3,0 \times 10^{-6}$ C, a je 2 cm in $\theta = 30^\circ$. (komponenta sile v levo je 289 N, komponenta v smeri navzdol je 697 N, velikost sile je 750 N)



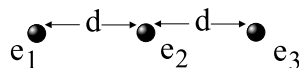
Slika 1:

3. Britanski kovanec za en peni je narejen iz bakra in ima maso 3,11 g. Koliko je v peniju pozitivnega (negativnega) naboja? Molska masa bakra je 63,54 kg/kmol. (0,134 MC; -0,134 MC)
4. Kolikšna sila deluje med nabojema, če zberemo ves pozitivni naboj enega penija 100 m od negativnega naboja? ($1,69 \times 10^{16}$ N)
5. Povprečna razdalja med elektronom in jedrom vodikovega atoma je $5,3 \times 10^{-11}$ m. Kolikšna je velikost sile, s katero jedro privlači elektron? Kolikšna je velikost gravitacijske sile, ki privlači jedro in elektron? Masa elektrona je $9,11 \times 10^{-31}$ kg, masa jedra je $1,67 \times 10^{-27}$ kg. ($8,2 \times 10^{-8}$ N; $3,6 \times 10^{-47}$ N)
6. V jedru atoma železa je 26 protonov. Kolikšna odbojna sila deluje med dvema protonoma v jedru, če sta $4,0 \times 10^{-15}$ m narazen? (14 N)
7. Kolikšna je elektrostatska sila med dvema nabojema 1 C, če sta naboja 1 m ali 1 km narazen? ($8,99 \times 10^9$ N; 8990 N)
8. Kolikšna mora biti razdalja med točkastima nabojema velikosti 26 μ F in -47 μ F, da je velikost privlačne sile 5,7 N? (1,39 m)
9. Pri streli teče 20 μ s tok velikosti $2,5 \times 10^4$ A. Koliko naboja se pri tem pretoči? (0,50 C)
10. Dva delca z enako velikima, a nasprotnima nabojema sta v začetku pri miru in 3,2 mm narazen. Ko ju spustimo, opazimo, da je začetni pospešek prvega delca 7 m/s², drugega pa 9 m/s². Kolikšna je masa drugega delca in kolikšna je velikost naboja na obeh delcih, če je masa prvega delca 630 μ g? ($4,9 \times 10^{-7}$ kg; $7,1 \times 10^{-11}$ C)
11. Na sliki 2 a) sta prikazana naboja e_1 in e_2 na razdalji d . Kolikšna je velikost sile na naboj e_1 , če je $e_1 = e_2 = 20$ μ C in $d = 1,5$ m? Tretji naboj $e_3 = 20$ μ C dodamo tako, kot kaže slika b). Kolikšna je zdaj velikost elektrostatske sile na naboj e_1 ? (1,6 N; 2,8 N)
12. Dve enaki izolirani kovinski krogli sta postavljeni na razdalji, veliki v primerjavi z njunima polmeroma. Na obeh je enako velik naboj. Druga krogla deluje na prvo s silo F . Prve krogle se dotaknemo s tretjo, enako veliko in nenabito kroglo, ki jo držimo na neprevodni palici. Tretjo kroglo nato odmaknemo in se z njo dotaknemo druge krogle, potem pa jo odmaknemo daleč stran. Kolikšna je zdaj sila, s katero druga krogla deluje na prvo? ($3F/8$)



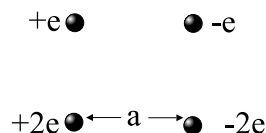
Slika 2:

13. Na sliki 3 vidimo tri naboje, poravnane v vrsto. Naboj e_1 in e_2 se ne moreta premikati. Izrazi e_1 z e_2 , če na naboj e_3 ne deluje elektrostatska sila! ($e_1 = -4e_2$)



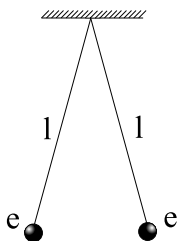
Slika 3:

14. Naboj e_1 in e_2 ležita na osi x v točkah $x = -a$ in $x = a$. V kakšni zvezi morata biti e_1 in e_2 , da je sila na naboj e , ki leži v točki $x = a/2$, enaka nič? Kaj pa, če je naboj e v točki $x = 3a/2$? ($e_1 = 9e_2$; $e_1 = -25e_2$)
15. Kolikšni sta vertikalna in horizontalna komponenta sile, ki deluje na naboj v spodnjem levem kotu kvadrata na sliki 4, če je $e = 1,0 \times 10^{-7}$ C in $a = 3$ cm? ($F_v = -59$ mN; $F_h = 540$ mN)



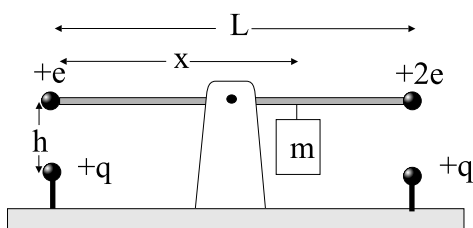
Slika 4:

16. Dve majhni pozitivno nabiti prevodni krogli imata skupni naboj 5×10^{-5} C. Kolikšen je naboj na vsaki od krogel, če se krogli odbijata s silo 1 N, ko sta 2 m narazen? ($1,2 \times 10^{-5}$ C in $3,8 \times 10^{-5}$ C)
17. Dve enaki prevodni krogli sta pritrjeni na razdalji 50 cm in se privlačita s silo 0,108 N. Krogli nato za nekaj časa povežemo s prevodno žico. Ko žico odstranimo, se krogli odbijata s silo 0,036 N. Kolikšna sta bila naboja krogel v začetku? ($2,3 \mu\text{C}$ in $-0,32 \mu\text{C}$)
18. Dva naboja po $1 \mu\text{C}$ in $-3 \mu\text{C}$ sta 10 cm narazen. Kam lahko postavimo tretji naboj, da nanj ne bo delovala elektrostatska sila? (14 cm od pozitivnega in 24 cm od negativnega naboja)
19. Dva naboja ležita v ravnini xy : $e_1 = 3 \mu\text{C}$, $x_1 = 3,5$ cm, $y_1 = 0,5$ cm in $e_2 = -4 \mu\text{C}$, $x_2 = -2$ cm, $y_2 = 1,5$ cm. Kakšna je sila na naboj e_2 ? Kam lahko postavimo tretji naboj $e_3 = 4 \mu\text{C}$, da nanj ne bo delovala elektrostatska sila?
20. Dva prosta naboja e in $4e$ sta d narazen. Kam moramo postaviti tretji naboj, da bodo vsi trije naboji pri miru v ravnovesju? Kolikšen mora biti naboj in njegov predznak? Dokaži, da je ravnovesje nestabilno! (na zveznico med naboja postavimo naboj $-4e/9$, $d/3$ od naboja $+e$)
21. Koliko naboja bi morali postaviti na Zemljo in Luno, da bi izničili njun gravitacijski privlak? Koliko ton vodika bi potrebovali, da bi pridobili potrebni naboj?
22. Naboj Q postavimo v nasprotni oglišči kvadrata. V preostali oglišči postavimo naboj q . Izrazi Q s q , če je sila, ki deluje na naboj Q , v tem primeru enaka nič! ($Q = -2\sqrt{2}q$)
23. Naboj Q razdelimo na naboja q in $Q - q$, ki ju razmaknemo za d . Kolikšen mora biti q , da je odbojna sila največja?
24. Dve drobni prevodni kroglici z maso m visita na neprevodnih vrvicah dolžine l , kot kaže slika 5. Kroglici sta nabiti z enakim nabojem e . Kolikšna je ravnotežna razdalja med njima, če je kot, ki ga oklepata vrvici z navpičnico, majhen? ($\sqrt[3]{\frac{e^2 l}{2\pi\epsilon_0 m g}}$)
25. Kaj se zgodi s kroglicama iz prejšnje naloge, če eno razelekrimo? Kolikšna je zdaj ravnotežna razdalja? (Kroglici trčita skupaj in polovica naboja z nabite kroglice se pretoči na nenabito. Kroglici sta potem narazen toliko, kot ustreza novemu naboju)



Slika 5:

26. Dolga lahka palica z dolžino L na sliki 6 je vpeta v sredini in uravnotežena z utežjo mase m na razdalji x od levega roba. Na levem koncu palice je pritrjena majhna lahka kroglica z nabojem e , na desnem koncu pa enaka kroglica z nabojem $2e$. Na razdalji h navpično pod vsako od kroglic je pritrjena kroglica z nabojem q . Kolikšna mora biti razdalja x , da je palica v ravnovesju v vodoravnem položaju? Kolikšna mora biti višina h , da je sila, s katero palica pritiska na ležaj, na sredini enaka nič? $(\frac{L}{2} (1 + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 m h^2 g}); \sqrt{\frac{2}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{mg}}$



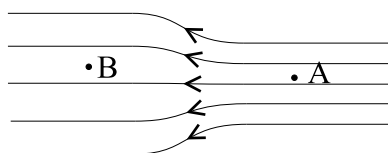
Slika 6:

27. Kolikšna je velikost elektrostatske sile med natrijevim kationom Na^+ in klorovim anionom Cl^- v kristalu soli, kjer je razmik med ionoma $2,82 \times 10^{-10}$ m?
28. Nevtron je sestavljen iz kvarka *up*, ki ima naboj $+2e_0/3$, in dveh kvarkov *down*, ki imata naboj po $-e_0/3$. Kolikšna je velikost odbojne elektrostatske sile med obema kvarkoma *down*, če je njuna medsebojna razdalja v nevtronu $2,6 \times 10^{-15}$ m? (3,8 N)
29. Kolikšen je naboj 75 kg elektronov?
30. Koliko pozitivnega naboja je v enem molu nevtralnega vodikovega plina? (0,19 MC)
31. Velikost elektrostatske sile med enakima ionoma, ki sta $5,0 \times 10^{-10}$ m narazen, je $3,7 \times 10^{-9}$ N. Kolikšen je naboj posameznega iona? Koliko elektronov moramo dodati ionu, da ga nevtraliziramo?
32. Dve drobni okrogli vodni kapljici z enakima nabojema $-1,00 \times 10^{-16}$ C sta 1 cm narazen. Kolikšna je elektrostatska sila, s katero delujeta druga na drugo? Koliko dodatnih elektronov je na vsaki od kapljic, da imata takšen naboj? ($8,99 \times 10^{-19}$ N; 625)
33. Koliko elektronov moramo odstraniti s kovanca za en peni, da bo naboj kovanca $+1,9 \times 10^{-7}$ C? Kolikšen del vseh elektronov v kovancu predstavlja to število to število? Potrebne podatke najdeš v nalogi 3.
34. Kolikšna mora biti razdalja med protonoma, da bo elektrostatska sila med njima po velikosti enaka njuni teži na površini Zemlje? (11,9 cm)
35. Skozi žarnico z močjo 100 W, priključeno na napetost 220 V, teče tok 0,45 A. Koliko časa mora miniti, da skozi žarnico steče en mol elektronov? (59 ur)
36. Iz vesolja prihaja v Zemljino atmosfero stalen tok protonov. Kolikšen je ta tok, če vsako sekundo pade na vsak kvadratni meter Zemljine površine 1500 protonov?
37. Koliko coulombov pozitivnega naboja je v 250 cm^3 nevtralne vode? ($1,3 \times 10^7$ C)
38. V okviru natančnosti meritev vemo, da sta pozitivni naboj protona in negativni naboj elektrona po velikosti enaka. Kaj pa, če predpostavimo, da se razlikujeta za 0,00010 %? S kolikšno silo bi se odbijala dva bakrena penija, postavljena 1 m narazen? ($1,7 \times 10^8$ N)

39. Pri radioaktivnem razpadu urana U^{238} je središče helijevega jedra He^4 , takoj po razpadu, oddaljeno $9,0 \times 10^{-15}$ m od središča jedra torija Th^{234} , uranovega potomca. Kolikšna je v tem trenutku elektrostatska sila, ki deluje na helijevo jedro, in kolikšen je njegov pospešek? (510 N; $7,7 \times 10^{28}$ m/s²)

2 Električno polje

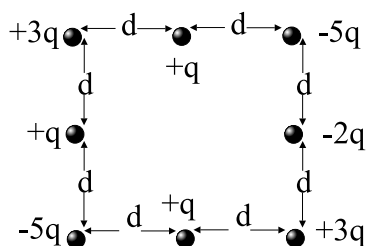
- Kako se električna poljska jakost spreminja z oddaljenostjo od središča enakomerno nabite krogle polmera R ? ($Qr/4\pi\epsilon_0 R^3$ za $r < R$ in $Q/4\pi\epsilon_0 r^2$ za $r > R$; Q je celotni naboj krogle)
- Kako se električna poljska jakost spreminja z oddaljenostjo od središča nabite prevodne krogle polmera R ? (0 za $r < R$ in $Q/4\pi\epsilon_0 r^2$ za $r > R$; Q je celotni naboj krogle)
- Točkasta naboja ($4e$ in $-e$) sta ločena za L . Kje v prostoru je električno polje enako nič? (v točki na zveznici obeh nabojev, oddaljeni za L od $-e$ v smeri stran od $4e$)
- Jedro uranovega atoma ima polmer $6,8$ fm. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti na površini jedra, če predpostavimo, da ima jedro obliko enakomerno nabite krogle? ($2,9 \times 10^{21}$ N/C)
- Električno polje molekule vodne pare ima obliko polja električnega dipola velikosti $p = 6,2 \times 10^{-30}$ Asm. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti $1,1$ nm od molekule na osi dipola? ($8,4 \times 10^7$ N/C)
- Enakomerno nabito plastično palico ukrivimo v krožni lok polmera R . Kolikšna je velikost električne poljske jakosti v krivisču loka? Dolžina palice je l , velikost naboja je e . ($0,83e/4\pi\epsilon_0 R^2$)
- Na zgornji stranici diska s premerom $2,5$ cm je površinska gostota naboja $5,3$ $\mu\text{C}/\text{m}^2$. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti na osi diska, 12 cm stran od središča? ($6,3 \times 10^3$ N/C)
- Okrogla kapljica olja polmera $2,76$ μm ima tri elektrone viška. V kakšnem električnem polju bo kapljica lebdela? Gostota olja je 920 kg/m³. (v smeri navpično navzdol; $1,65 \times 10^6$ N/C)
- Električno polje molekule vodne pare je polje dipola velikosti $p = 6,2 \times 10^{-30}$ Asm. Kolikšna je razdalja med središčema pozitivnega in negativnega naboja? Kolikšna je lahko največja velikost navora na molekulo vode, če je molekula v polju $1,5 \times 10^4$ V/m? Koliko dela moramo opraviti, da molekulo iz ravnovesne lege obrnemo na glavo? ($3,9$ pm; $9,3 \times 10^{-26}$ Nm; $1,9 \times 10^{-25}$ J)
- Na sliki 7 je prikazano električno polje. Razdalja med silnicami na desni strani je pol manjša od razdalje na levi strani. Kolikšna sila deluje na proton v točki A , če je tam velikost električne poljske jakosti 40 V/m? Kolikšna je velikost električne poljske jakosti v točki B ? ($6,4 \times 10^{-18}$ N; 20 N/C)



Slika 7:

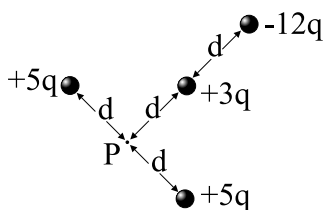
- Skiciraj električno polje dveh točkastih nabojev, ki se ne dotikata drug drugega in katerih velikost je $+e$ in $-2e$!
- Skiciraj silnice električnega polja, ki ga ustvarjata dve koncentrični krogelni lupini! Notranja krogla je enakomerno nabita s pozitivnim nabojem e_1 , zunanja pa enakomerno z negativnim nabojem $-e_2$. Upoštevaj vse možnosti: $e_1 < e_2$, $e_1 > e_2$ in $e_1 = e_2$.
- Skiciraj silnice električnega polja, ki ga ustvari enakomerno nabit tanek krožni disk polmera R !
- Skiciraj silnice električnega polja, ki ga ustvarijo tri dolge vzporedne enakomerno nabite tanke palice, postavljene v robovih prizme z osnovnico v obliki enakostraničnega trikotnika!
- Kolikšen točkast naboj ustvari električno poljsko jakost velikosti 1 V/m na oddaljenosti 1 m od naboja? ($0,111$ nC)
- V oglišča enakostraničnega trikotnika postavimo točkaste naboje. Velikost stranice je a , dva od nabojev imata vrednost 1 μC . Kolikšen mora biti tretji naboj, da bo električno polje v težišču trikotnika enako nič?
- Dva točkasta naboja sta 12 cm narazen. Naboj prvega je $2,0 \times 10^{-7}$ C, naboj drugega pa $8,5 \times 10^{-8}$ C. Kolikšno električno poljsko jakost ustvarja vsak naboj na mestu drugega naboja? Kolikšna elektrostatska sila deluje na vsakega od nabojev?

18. Dva nasprotno enaka točkasta naboja velikosti $2,0 \times 10^{-7}$ sta postavljena 15 cm narazen. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti na sredini med nabojema? Kolikšna bi bila sila na elektron, ki bi bil na tem mestu? ($6,4 \times 10^5$ N/C proti negativnemu naboju; $1,0 \times 10^{-13}$ N proti pozitivnemu naboju)
19. Jedro plutonijevega atoma ima polmer 6,64 fm in 94 protonov. Kakšna je električna poljska jakost na površini jedra, če predpostavimo, da ima jedro obliko enakomerno nabite krogle?
20. Osem nabojev je razporejenih tako, kot vidimo na sliki 8. Kakšna je električna poljska jakost v sredini kvadrata? ($\frac{3q}{4\pi\epsilon_0 d^2}$ v smeri proti $-2q$)



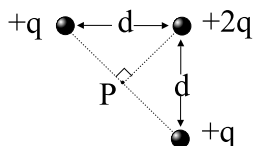
Slika 8:

21. Dva točkasta naboja ležita na osi x . Naboj v izhodišču ima velikost $1 \mu\text{C}$, naboj, ki je od izhodišča oddaljen 10 cm, pa $3 \mu\text{C}$. Nariši električno poljsko jakost v odvisnosti od koordinate x !
22. Točkasta naboja velikosti 2 C in -4 C ležita 50 cm narazen. V katerih točkah je električna poljska jakost enaka nič?
23. Kolikšno je električno polje v točki P na sliki 9? (0; ampak to izračunaj)



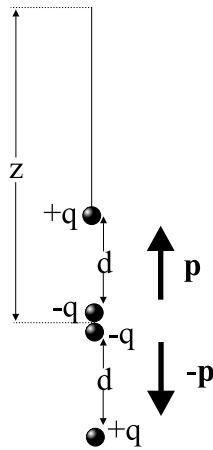
Slika 9:

24. Na obodu številčnice stenske ure je ob urnih oznakah razporejenih dvanajst točkastih nabojev. Na oznaki 1 je naboj z vrednostjo $+q$, na oznaki 2 je vrednost naboja $+2q$ in tako naprej. Ob kateri uri je urni kazalec poravnana s smerjo električnega polja v sredini številčnice? (3:30)
25. V ogliščih enakostraničnega trikotnika tičijo trije elektroni. Stranice so dolge 20 cm. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti na sredini katerekoli stranice? Kolikšna sila bi delovala na elektron, postavljen v tej točki?
26. Izračunaj smer in velikost električne poljske jakosti v točki P na sliki 10! ($\frac{q}{\pi\epsilon_0 d^2}$, stran od $+2q$)



Slika 10:

27. Izračunaj električni dipolni moment elektrona in protona na razdalji 4,30 nm! ($6,88 \times 10^{-28}$ Cm)
28. Izračunaj velikost sile, ki deluje na elektron, ki stoji na osi dipola 25 nm od središča dipola! Upoštevaj, da je dipol mnogo manjši od te razdalje. Velikost dipola je $3,6 \times 10^{-29}$ Cm.
29. Izračunaj električno poljsko jakost dipola v ravnini, ki na sredini pravokotno seka zveznico nabojev dipola! Rezultat izrazi z vektorjem razdalje od osi in vektorjem dipolnega momenta.



Slika 11:

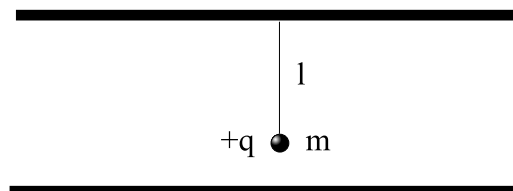
30. Izračunaj velikost električne poljske jakosti v točki, ki leži na osi kvadrupola (slika 11), na oddaljenosti z od središča kvadrupola! Upoštevaj, da velja $z \gg d$. Izrazi rezultat z velikostjo kvadrupolnega momenta $Q = 2qd^2!$ ($\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 z^3}$)
31. Nariši velikost električne poljske jakosti na geometrijski osi enakomerno nabitega prstana, v odvisnosti od razdalje od središča prstana! Polmer prstana je 3 cm. Naboj na prstanu je $1,0 \times 10^{-8}$ C.
32. V kateri točki na osi enakomerno nabitega prstana je električno polje največje? ($R/\sqrt{2}$; R je polmer prstana)
33. Elektron se lahko giblje samo po osi enakomerno nabite zanke. S kolikšno frekvenco zaniha elektron, ki leži v sredini zanke, če ga izmaknemo iz ravnovesne lege?
34. Dve enako dolgi plastični palici sta ukrivljeni v polkroga in združeni na koncih tako, da skupaj tvorita krog. Na eni palici je naboj e , na drugi pa enako velik naboj nasprotnega predznaka. Kolikšni sta velikost in smer električne poljske jakosti na sredini kroga? ($\frac{4e}{4\pi\epsilon_0\pi R^2}$ v smeri proti negativnemu loku)
35. Tanko stekleno palico ukrivimo v polkrog polmera r . Eno polovico nabijemo s pozitivnim nabojem e . Drugo polovico nabijemo z enako velikim nasprotnim nabojem $-e$. Kakšna je električna poljska jakost v središču polkroga?
36. Ravna tanka neprevodna palica je enakomerno nabita. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti v točki, ki leži v bisekcijski ravnini na razdalji y od sredine palice? Dolžina palice je L , velikost naboja je e . ($\frac{e}{2\pi\epsilon_0 y} \frac{1}{\sqrt{L^2+4y^2}}$)
37. Enakomerno nabita ravna tanka neprevodna palica je dolga L . Na palici je e naboja. Kolikšna je dolžinska gostota naboja? Kolikšna je električna poljska jakost v točki, ki leži na osi palice in je od njenega konca oddaljena a ?
38. Enakomerno nabita palica na sliki 12 se na desnem koncu ne konča. Kakšna je električna poljska jakost v točki P ?



Slika 12:

39. Dokaži, da je električna poljska jakost na osi enakomerno nabite okrogle plošče enaka električni poljski jakosti točkastega naboja enake velikosti, kadar je razdalja do plošče velika v primerjavi z njenim polmerom!
40. Koliko naboja mora biti na okroglem disku polmera 2,5 cm, da bo velikost električne poljske jakosti na površini diska in v njegovem središču enaka prebojni električni poljski jakosti za zrak ($3,0 \times 10^6$ N/C)? Koliko atomov je na površini diska, če je efektivni presek posameznega atoma $0,015 \text{ nm}^2$? Kolikšen del atomov na površini ima elektron več, če predpostavimo, da naboj sestavljajo samo naboji s površine? ($0,10 \mu\text{C}$; $1,3 \times 10^{17}$; $5,0 \times 10^{-6}$)
41. Na kolikšni razdalji vzdolž osi od središča enakomerno nabitega okroglega diska je velikost električnega polja enaka polovici vrednosti v sredini osnovnice diska?
42. Kolikšen je pospešek elektrona v električnem polju jakosti $2,00 \times 10^4$ N/C, če zanemarimo gravitacijo? ($3,51 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$)

43. Elektron zaradi električnega polja pospešuje proti vzhodu s pospeškom $1,8 \times 10^9 \text{ m/s}^2$. Kakšna je električna poljska jakost?
44. V vlažnem zraku pride do preboja, kadar je električna poljska jakost večja od $3,0 \times 10^6 \text{ N/C}$. Kolikšna je v tem polju velikost sile na elektron in kolikšna na ion, ki mu manjka en elektron? ($4,8 \times 10^{-13} \text{ N}$; $4,8 \times 10^{-13} \text{ N}$)
45. Delec α (helijevo jedro) ima naboj $+2e_0$ in maso $6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Kakšno električno polje uravnoteži težo delca?
46. Nabit oblak je vir električnega polja blizu površja Zemlje. Če v to polje postavimo delec z nabojem $-2,0 \times 10^{-9} \text{ C}$, bo nanj delovala elektrostatska sila velikosti $3,0 \times 10^{-6} \text{ N}$ v smeri navpično navzdol. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti? Kakšna je sila, s katero bi to polje delovalo na proton? Kolikšna je teža protona? Kolikšno je razmerje elektrostatske sile in teže v tem primeru? ($1,5 \times 10^3 \text{ N/C}$; $2,4 \times 10^{-16} \text{ N}$ navpično navzgor; $1,6 \times 10^{-26} \text{ N}$; $1,5 \times 10^{10}$)
47. V električnem polju jakosti 150 N/C , ki kaže navpično navzdol, lebdi kroglica s težo $4,4 \text{ N}$. Kolikšen je naboj na kroglici?
48. Kolikšen je pospešek elektrona v homogenem električnem polju jakosti $1,40 \times 10^6 \text{ N/C}$? Koliko časa potrebuje elektron, da v takem polju iz mirovanja doseže desetino svetlobne hitrosti? Kolikšno razdaljo prepotuje pri tem? Uporabi Newtonovo mehaniko. ($2,46 \times 10^{17} \text{ m/s}^2$; $0,122 \text{ ns}$; $1,83 \text{ mm}$)
49. Elektron ima hitrost $5,00 \times 10^6 \text{ m/s}$, ko pride v področje, kjer ga zavira električno polje jakosti $1,00 \times 10^3 \text{ N/C}$. Kolikšno razdaljo naredi elektron v polju, preden se za trenutek ustavi, in koliko časa preteče pri tem? Kolikšen del kinetične energije izgubi elektron, če polje deluje nanj samo v dolžini $8,00 \text{ mm}$? ($7,12 \text{ cm}$; $28,5 \text{ ns}$; $11,2 \%$)
50. Okrogla dežna kaplja premera $1,20 \mu\text{m}$ lebdi v mirnem zraku, zato ker je nabita in je v električnem polju jakosti 462 N/C navpično navzdol. Kolikšna je teža kapljice? Koliko elektronov več je na kapljici?
51. Telo z maso $10,0 \text{ g}$ in nabojem $+8,00 \times 10^{-5} \text{ C}$ stoji v električnem polju s komponentami $E_x = 3,00 \times 10^3 \text{ N/C}$, $E_y = -600 \text{ N/C}$ in $E_z = 0$. Kakšna sila deluje na telo? Na katerem mestu je telo po treh sekundah, če ga spustimo, da se prosto giblje? ($0,245 \text{ N}$; $11,3^\circ$ pod os x ; $x = 108 \text{ m}$, $y = -21,6 \text{ m}$)
52. Med velikima vzporednima nasprotno nabitima ploščama je homogeno električno polje. Elektron, ki je na začetku ob negativno nabiti plošči, odleti proti pozitivno nabiti plošči. Pozitivna plošča je oddaljena $2,0 \text{ cm}$ in elektron potrebuje $1,5 \times 10^{-8} \text{ s}$, da pride do nje. Kolikšna je hitrost elektrona, ko pride do pozitivne plošče, če je elektron na začetku miroval? Kolikšna je velikost električne poljske jakosti med ploščama?
53. Elektron ima v nekem trenutku hitrost $v_x = 1,5 \times 10^5 \text{ m/s}$ in $v_y = 3,0 \times 10^3 \text{ m/s}$. Elektron se giblje v homogenem električnem polju, ki kaže v smeri osi y in ima jakost 120 N/C . Kolikšen je pospešek elektrona? Kolikšna je hitrost elektrona, potem ko se premakne za $2,0 \text{ cm}$? ($(-2,1 \times 10^{13} \text{ m/s}) \mathbf{e}_y$; $(1,5 \times 10^5 \text{ m/s}) \mathbf{e}_x - (2,8 \times 10^6 \text{ m/s}) \mathbf{e}_y$)
54. Vzporedni veliki bakreni plošči sta 5 cm narazen. Med njima je homogeno električno polje. V trenutku, ko od pozitivne plošče odleti proton, se od negativne plošče začne odmikati elektron. Zanimari medsebojni vpliv elektrona in protona in določi mesto, na katerem se delca srečata!
55. Nihalo obesimo med dve veliki vodoravni prevodni plošči, tako kot vidimo na sliki 13. Nihalo je sestavljeno iz majhne neprevodne kroglice z maso m in nabojem $+q$ ter neprevodne vrvice dolžine l . Kolikšen je nihajni čas takega nihala, če je med ploščama homogeno električno polje jakosti E in je zgornja plošča pozitivna? Kakšen pa je nihajni čas, če je pozitivna spodnja plošča? ($2\pi \sqrt{\frac{l}{g-qE/m}}$; $2\pi \sqrt{\frac{l}{g+qE/m}}$)



Slika 13:

56. V plosčnem kondenzatorju (slika 14) je električna poljska jakost $2,00 \times 10^3 \text{ N/C}$. Dolžina plošč l je $10,0 \text{ cm}$, razmik med ploščama d je $2,00 \text{ cm}$. Spodnja plošča je nabita pozitivno, zgornja pa negativno. Na levem robu spodnje plošče prileti v kondenzator elektron s hitrostjo $v_0 = 6,00 \times 10^6 \text{ m/s}$ pod kotom $\theta = 45,0^\circ$ na spodnjo ploščo. Ali bo elektron zadel katero od plošč? Če da, v kateri točki?

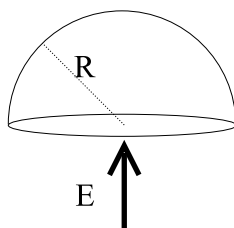


Slika 14:

57. Električni dipol sestavljata naboja velikosti $1,50 \text{ nC}$, $6,20 \mu\text{m}$ narazen. Dipol je v električnem polju jakosti 1100 N/C . Kolikšna je velikost dipolnega momenta? Kolikšna je razlika potencialnih energij med stanjem, ko je dipol vzporeden z električnim poljem, in stanjem, ko kaže dipol v nasprotni smeri? ($9,30 \times 10^{-15} \text{ Cm}$; $2,05 \times 10^{-11} \text{ J}$)
58. Električni dipol sestavljata naboja $+2e_0$ in $-2e_0$, ki sta $0,78 \text{ nm}$ narazen. Dipol je v električnem polju velikosti $3,4 \times 10^6 \text{ N/C}$. Kolikšna je velikost navora na dipol, če je dipol a) vzporeden z električnim poljem; b) pravokoten na električno polje in c) kaže v nasprotno smer električnega polja?
59. Koliko dela moramo opraviti, da v homogenem električnem polju E zavrtimo dipol p za 180° , če je začetni kot, ki ga dipol oklepa z električnim poljem θ_0 ? ($2pE \cos \theta_0$)
60. Kolikšna je frekvenca, s katero niha dipol p v električnem polju E ? Vztrajnostni moment dipola je J . Upoštevaj, da je amplituda nihanja majhna.

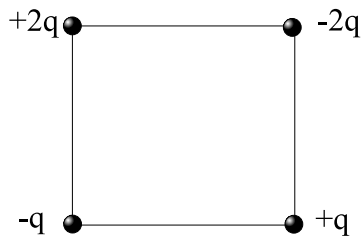
3 Gaussov zakon

1. Kvadratna ploskev s stranico, dolgo $3,2 \text{ mm}$, je postavljena v homogeno električno polje velikosti 1800 N/C . Električna poljska jakost oklepa s pravokotnico na ploskev kot 35° . Kolikšen je električni pretok skozi ploskev?
2. Stranice kocke so dolge $1,40 \text{ m}$ in so vzporedne osem pravokotnega koordinatnega sistema. Kocka je v homogenem električnem polju. Kolikšen je električni pretok skozi ploskev, katere pravokotnica je vzporedna osi y , če je električna poljska jakost v N/C enaka: a) $6,00 \mathbf{e}_x$; b) $-2,00 \mathbf{e}_y$; c) $-3,00 \mathbf{e}_x + 4,00 \mathbf{e}_z$? Kolikšen je električni pretok skozi celotno površino kocke za vsa ta polja?
3. Izračunaj električni pretok skozi ukrivljeno površino polkrogle polmera R ! Smer električnega polja E kaže slika 15. ($E\pi R^2$)

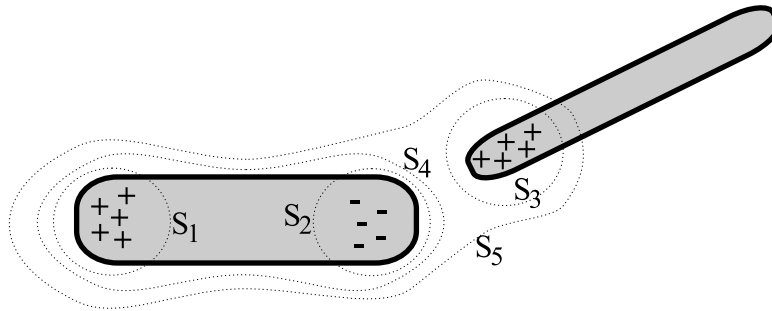


Slika 15:

4. Štirje naboji, $2q$, q , $-q$ in $-2q$, so postavljeni v ogliščih kvadrata, tako kot kaže slika 16. Če je mogoče, opiši zaprto ploskev, ki objema vsaj zgornji levi naboj z vrednostjo $2q$ in skozi katero je električni pretok enak: a) 0 ; b) $+3q/\epsilon_0$ in c) $-2q/\epsilon_0$!
5. Na sliki 17 vidimo, kako z nabito palico ločimo naboj v nevtralnem izoliranem prevodniku. Kolikšen je električni pretok skozi pet ploskev, prikazanih v preseku? Upoštevaj, da je velikost nabojev, objetih s ploskvami S_1 , S_2 in S_3 , enaka!
6. Naboj $1,8 \mu\text{C}$ je v središču kocke s stranicami, dolgimi 55 cm . Kolikšen je električni pretok skozi površino kocke? ($2,0 \times 10^5 \text{ Nm}^2/\text{C}$)
7. Električni pretok skozi vsako od stranic igralne kocke je enak številu pik na stranici pomnoženem z $10^3 \text{ N m}^2/\text{C}$. Pretok teče v kocko na stranicah z lihimi števili in iz kocke na stranicah s sodimi števili. Kolikšen je celotni naboj znotraj kocke?



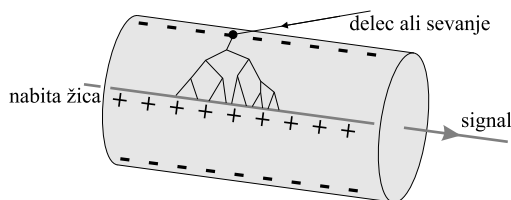
Slika 16:



Slika 17:

8. Točkast naboj velikosti q je $d/2$ nad središčem kvadratne ploskve s stranicami, dolgimi d . Kolikšen je električni pretok skozi kvadratno ploskev? ($\frac{q}{6\epsilon_0}$)
9. S poskusom ugotovimo, da je na nekem področju Zemljine atmosfere smer električnega polja navpično navzdol. Na višini 300 m ima električno polje velikost 60,0 N/C; na višini 200 m pa 100 N/C. Koliko naboja je v kosu atmosfere v obliki kocke s stranico 100 m z osnovnicama na višini 200 in 300 metrov? Zanimari ukrivljenost Zemlje. ($3,54 \mu\text{C}$)
10. Točkast naboj velikosti q je postavljen v oglišče kocke s stranicami, dolgimi a . Kolikšen je električni pretok skozi vsako od stranic? (0 skozi stranice, v katerih leži naboj, in $\frac{q}{24\epsilon_0}$ skozi druge tri stranice)
11. Električno polje tik ob površini bobna fotokopirnega stroja ima velikost $2,3 \times 10^5$ N/C. Kolikšna je površinska gostota naboja na površini bobna, če je boben narejen iz prevodne snovi? ($2,0 \mu\text{C}/\text{m}^2$)
12. Enakomerno nabita prevodna krogla premera 1,2 m ima površinsko gostoto naboja $8,1 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Koliko je naboja na krogli? Kolikšen je električni pretok iz krogle?
13. Vesoljska plovila lahko pri potovanju okoli Zemlje naberejo precej elektronov, kar lahko povzroči težave pri delovanju elektronike. Upoštevaj, da okrogel kovinski satelit premera 1,3 m nabere $2,4 \mu\text{C}$ naboja pri enem obhodu. Kolikšna je tedaj površinska gostota naboja? Kolikšna je velikost električnega polja zaradi nabranega naboja tik ob površini satelita? ($4,5 \times 10^{-7}$ C/m²; $5,1 \times 10^4$ N/C)
14. Prevodna krogla, na kateri je naboj Q , je obdana s prevodno krogelno lupino. Kolikšen je površinski naboj na notranji strani lupine? Zunaj lupine postavimo naboj q . Kolikšen je zdaj površinski naboj na notranji strani lupine? Kolikšen je površinski naboj na notranji strani lupine, če naboj q prestavimo na območje med lupino in kroglo? Ali odgovori veljajo, če lupina in krogla nista postavljeni koncentrično?
15. Izoliran prevodnik poljubne oblike je nabit z nabojem $+10 \times 10^{-6}$ C. Znotraj prevodnika je votlina, v kateri je točkast naboj $q = +3,0 \times 10^{-6}$ C. Kolikšen je površinski naboj na površini votline in kolikšen na zunanji površini prevodnika? ($-3,0 \times 10^{-6}$ C; $+1,3 \times 10^{-5}$ C)
16. V prevodnik nepravilne oblike je izvrtana votlina. V votlini ni naboja, na prevodniku pa je q naboja. Dokaži, da na površini votline ni naboja!
17. Na razdalji 2 m od neskončno dolge nabite tanke palice je velikost električnega polja $4,5 \times 10^4$ N/C. Kolikšna je dolžinska gostota naboja? ($5,0 \mu\text{C}/\text{m}$)
18. Boben fotokopirnega stroja je dolg 42 cm in ima premer 12 cm. Velikost električnega polja tik ob površini je $2,3 \times 10^5$ N/C. Koliko je naboja na bobnu? Koliko bi moralo biti naboja na manjšem bobnu (dolžine 28 cm in premera 8,0 cm), če bi želeli, da je velikost električnega polja ob površini enaka?

19. Dolžinska gostota naboja dolge kovinske cevi s tankimi stenami in premerom R je λ . Zapiši radialno odvisnost električne poljske jakosti od osi cevi! Nariši graf v območju od $r = 0$ do $r = 5$ cm za primer, ko je $\lambda = 2,0 \times 10^{-8}$ C/m in $R = 3$ cm! ($E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$ za $r > R$ in 0 za $r < R$)
20. Dolgi kovinski cevi s tankima stenama sta postavljeni koaksialno. Ožja, s polmerom a , je vstavljena v širšo, ki ima polmer b . Na obeh ceveh je enaka dolžinska gostota naboja, le da je na notranji cevi naboj negativen, na zunanji pa pozitiven. Izrazi električno poljsko jakost kot funkcijo oddaljenosti od osi cevi!
21. Dolžinska gostota naboja dolge ravne tanke žice je $-3,6$ nC/m. Žico koaksialno obdamo s tankim neprevodnim valjastim plaščem, katerega zunanji polmer je $1,5$ cm. Na zunanji površini plašča je porazdeljen naboj. Kolikšna mora biti površinska gostota naboja, da bo električno polje zunaj plašča enako nič? ($3,8 \times 10^{-8}$ C/m²)
22. Na sliki 18 je prikazan Geigerjev števec. To je priprava, ki jo uporabljamo za zaznavanje ionizirajočega sevanja. Števec je sestavljen iz tanke pozitivno nabite žice, koaksialno obdane s prevodnim valjastim plaščem, na katerem je enako negativnega naboja. V notranjosti plašča tako nastane močno radialno električno polje. V valju je pod majhnim tlakom zaprt inerten plin. Ko visokoenergijski delec prodre v notranjost valja, lahko ionizira nekaj atomov plina. Proste elektrone, ki tako nastanejo, električno polje privlači k tanki žici v sredini. Kadar je električno polje znotraj valja dovolj močno, lahko elektroni na poti k žici pridobijo toliko energije, da tudi sami ionizirajo druge atome plina. Ta proces se lahko ponavlja, tako da se na koncu na žico usuje plaz elektronov, kar v žici povzroči signal, s katerim zaznamo prehod ionizirajočega delca. Predpostavi, da je polmer notranje žice $25 \mu\text{m}$, polmer plašča $1,4$ cm in dolžina cevke 16 cm. Koliko pozitivnega naboja je na žici, če je velikost električnega polja na notranji površini plašča $2,9 \times 10^4$ N/C?



Slika 18:

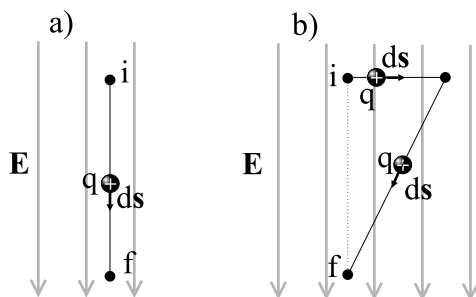
23. Dolga prevodna valjasta palica dolžine L in premera r_1 , na kateri je $+q$ naboja, je obdana s prevodnim valjastim plaščem (enake dolžine, s stenami debeline d in notranjim premerom r_2), na katerem je $-2q$ naboja. Notranji polmer plašča je večji kot polmer palice. Zapiši odvisnost velikosti električnega polja kot funkcijo oddaljenosti od simetrijske osi!
24. Soosna tanka valjasta plašča imata polmer $6,0$ cm in $3,0$ cm. Dolžinska gostota naboja notranjega plašča je $5,0 \times 10^{-6}$ C/m, zunanjega pa $-7,0 \times 10^{-6}$ C/m. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti $4,0$ cm in $8,0$ cm od simetrijske osi valjev?
25. Pozitron, ki ima naboj $1,60 \times 10^{-19}$ C, kroži po krožnici polmera 3 cm. Središče krožnice leži na simetrijski osi dveh valjastih plaščev. Manjši plašč polmera $2,0$ cm je vstavljen v večjega, ki ima polmer $3,0$ cm (malenkost večji od polmera tirnice elektrona). Dolžinska gostota naboja na notranjem plašču je -30 nC/m, na zunanjem pa je $+30$ nC/m. Kolikšno kinetično energijo (izraženo v eV) ima pozitron? (270 eV)
26. Naboj q je enakomerno porazdeljen po prostornini dolgega valja polmera R . Zapiši odvisnost velikosti električne poljske jakosti od oddaljenosti od simetrijske osi valja!
27. Na dveh velikih vzporednih ploščah, oddaljenih za d , je enaka količina naboja. Kolikšna je električna poljska jakost v točki, ki je za x oddaljena od simetrijske ravnine? ($-\frac{\sigma}{\epsilon_0}, x < -d/2; 0, -d/2 < x < d/2; \frac{\sigma}{\epsilon_0}, d/2 < x$)
28. Na vodoravni kovinski kvadratni plošči zanemarljive debeline s stranicami, dolgimi 8 cm, je $6,0 \times 10^{-6}$ C naboja. Približno izračunaj velikost električnega polja $0,5$ mm nad sredino plošče! Približno izračunaj velikost električnega polja 30 m nad sredino plošče!
29. V veliki neprevodni ravnini z enakomerno porazdeljenim nabojem je na sredini izrezana majhna krožna luknja premera R . Predpostavi, da je ravnina neskončno velika in izračunaj električno polje v točki, ki je z nad središčem luknje in leži na osi, ki pravokotno prebada nabito ravnino skozi sredino luknje! ($E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \sqrt{z^2 + R^2}}$)
30. Majhna neprevodna kroglica je z neprevodno vrvico obešena na navpično veliko nabito steno. Kolikšen mora biti površinski naboj na steni, če vrvica oklepa s steno kot 30° ? Masa kroglice je $1,0$ mg, nabita pa je z nabojem $2,0 \times 10^{-8}$ C?

31. Elektron izstrelimo pravokotno proti veliki nabiti plošči, na kateri je površinska gostota naboja $2,0 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$. V začetku ima elektron 100 eV kinetične energije. S kolikšne oddaljenosti od plošče ga moramo izstreliti, če naj se zaradi električne odbojne sile ustavi tik pred ploščo? (0,44 mm)
32. Veliki tanki kovinski plošči sta postavljeni vzporedno blizu skupaj. Notranji površini plošč sta nasprotno enako nabiti z nabojem $7,0 \times 10^{-22} \text{ C/m}^2$. Kolikšna je električna poljska jakost v točki, ki je x oddaljena od ravnine, ki leži na sredi med nabitima ravninama?
33. Dve veliki kovinski plošči sta postavljeni 5 cm narazen. Površina plošč je 1 m^2 . Plošči sta nasprotno enako nabiti. Koliko je naboja na ploščah, če je velikost električne poljske jakosti med njima 55 N/C in zanemarimo vpliv roba? ($\pm 4,9 \times 10^{-10} \text{ C}$)
34. Kolikšna mora biti površinska gostota naboja na ploščah ploščnega kondenzatorja, da z električno silo uravnotežimo težo elektrona, ki ga postavimo med plošči? Kako morata biti obrnjeni plošči? Plošči sta razmaknjeni za 2,3 cm.
35. Velika plošča debeline d je enakomerno nabita po celi prostornini. Kolikšna je električna poljska jakost na oddaljenosti x od ravnine, ki prepolavlja ploščo po sredini? ($\frac{\rho x}{\epsilon_0}$ za $x < d/2$ in $\frac{\rho d}{2\epsilon_0}$ za $x > d/2$)
36. Koliko je naboja na površini prevodne krogle polmera 10 cm, če je velikost električne poljske jakosti na razdalji 15 cm od sredine krogle $3,0 \times 10^3 \text{ N/C}$ in polje kaže proti krogli?
37. Električni pretok skozi površino krogle polmera 10 cm je $-750 \text{ N m}^2/\text{C}$. Kolikšen točkast naboj, postavljen znotraj te površine, povzroča pretok? Kolikšen bi bil pretok, če bi polmer krogelne površine podvojili? ($-6,64 \text{ nC}$; -750 Nm^2)
38. Kovinska krogla ima tanke stene in polmer 25 cm. Na krogli je $2,0 \times 10^{-7} \text{ C}$ naboja. Kolikšna je velikost električne poljske jakosti znotraj krogle, tik nad površino krogle in 3,0 m od sredine krogle?
39. Dve koncentrični lupini sta nabiti. Notranja s polmerom 10,0 cm ima naboj $4,0 \times 10^{-8} \text{ C}$; zunanja ima polmer 15 cm in $2,0 \times 10^{-8} \text{ C}$ naboja. Kakšno je električno polje 12 cm od središča in kakšno 20 cm od središča obeh lupin? ($2,50 \times 10^4 \text{ N/C}$; $1,35 \times 10^4 \text{ N/C}$)
40. Kako pada električna poljska jakost z oddaljenostjo od točkastega naboja velikosti Ze_0 , ki ga obdaja okrogel oblak nasprotno enako velikega enakomerno porazdeljenega naboja? Polmer oblaka je R . ($E = \frac{Ze_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{r}{R^3} \right)$)
41. Točkast naboj q je postavljen v središče tanke nenabite kovinske krogelne lupine. Kakšno je električno polje znotraj in kakšno je zunaj lupine? Ali lupina kaj vpliva na električno polje točkastega naboja? Ali naboj q vpliva na porazdelitev naboja v krogelni lupini? Ali na drug točkast naboj, če ga postavimo zunaj lupine, deluje električna sila? Ali v tem primeru deluje sila na naboj v središču lupine? ($E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ radialno ven; isto; ne; da, naboji se naberejo na površini; da; ne)
42. Krogla polmera a je enakomerno nabita z nabojem $+q$. Krogla leži v središču prevodne krogelne lupine. Notranji polmer lupine je b , zunanji pa c . Na lupini je naboj $-q$. Kolikšno je električno polje na oddaljenosti r od središča krogle (obravnavaj vse možne primere: znotraj krogle, med kroglo in lupino, v lupini, zunaj lupine)?
43. Krogelna lupina ima zunanji polmer 20 cm in notranji 10 cm. Na lupini je enakomerno porazdeljen naboj, tako da je gostota naboja $1, \times 10^{-6} \text{ C/m}^3$. Koliko naboja je na krogli? Nariši električno poljsko jakost za oddaljenost od središča lupine v območju od 0 do 30 cm!
44. V kovinskem bloku je izdolbena okrogla votlina s polmerom 3,0 cm. V središču votline je točkast naboj $1,0 \times 10^{-7} \text{ C}$. Kolikšna je električna poljska jakost 1,5 cm od naboja in kolikšna 4,5 cm od naboja?
45. Proton kroži s hitrostjo $3,00 \times 10^5 \text{ m/s}$ tik nad nabito kroglo polmera 1,00 cm. Kolikšen je naboj na krogli? ($-1,04 \text{ nC}$)
46. Po neprevodni krogli polmera R je naboj porazdeljen neenakomerno. Gostota naboja je podana z $\rho = \rho_s r/R$, kjer je ρ_s konstanta in r oddaljenost od središča. Kolikšen je celoten naboj na krogli? Kakšna je odvisnost velikosti električnega polja od oddaljenosti od središča? ($Q = \pi\rho_s R^3$; $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qr^2}{R^4}$ za $r < R$)
47. Neprevodna krogelna lupina ima notranji polmer a in zunanji b . Gostoto naboja v lupini lahko opišemo z $\rho = A/r$, kjer je A konstanta in r oddaljenost od središča lupine. Kolikšen točkast naboj moramo postaviti v središče lupine, da bo električno polje v lupini homogeno? ($q = A2\pi a^2$)
48. Gostota naboja ρ neprevodne krogle je konstantna po celi prostornini krogle. Dokaži, da je električno polje v točki P znotraj krogle enako $\mathbf{E} = \rho\mathbf{r}/3\epsilon_0$, kjer je \mathbf{r} vektor, ki kaže iz središča krogle do točke P !

49. V notranjosti enakomerno nabite krogle (gostota naboja je ρ) je okrogla votlina. Dokaži (s superpozicijo), da je električno polje v notranjosti votline homogeno $\mathbf{E} = \rho\mathbf{a}/3\epsilon_0$, kjer je \mathbf{a} vektor, ki kaže od središča krogle do središča votline!
50. Dokaži, da v polju elektrostatskih sil ni stabilnega ravnovesja! (Zamisli si, da je naboj $+q$ v stabilnem ravnovesju v točki P v električnem polju \mathbf{E} . Nariši Gaussovo ploskev okoli točke P in si predstavljaš, kakšno mora biti električno polje \mathbf{E} na tej površini. Uporabi Gaussov zakon in Dokaži, da domneva o stabilnosti vodi do protislovja.) Rezultat poznamo kot Earnshawov teorem.
51. Krogelno simetrično porazdeljen naboj povzroči električno polje velikosti $E = Kr^4$, ki kaže od središča porazdelitve navzven; r je oddaljenost od središča porazdelitve. Kakšna je gostota naboja?
52. Vodikov atom si lahko predstavljamo kot točkast naboj e_0 , okrog katerega je porazdeljen negativni naboj $-e_0$. Gostota negativnega naboja je podana z $\rho = Ae^{-2r/a_0}$. Konstanta $a_0 = 0,53 \times 10^{-10}$ m je Bohrov radij in r je oddaljenost od točkastega naboja. Izračunaj A ! Kakšno je električno polje vodikovega atoma?
53. Pri starejšem modelu vodikovega atoma je pozitivni naboj $+e_0$ enakomerno porazdeljen po krogli polmera a_0 . Točkast naboj $-e_0$ je v središču pozitivno nabite krogle. Kolikšna sila bi delovala na elektron, če bi ga odmaknili iz središča za manj kot a_0 ? S kolikšno frekvenco bi zanihal elektron, če bi ga nato spustili; njegova masa je m ?
54. Pri električno nevtralni kovinski krogli premera a je površinska gostota naboja $\sigma = 3\epsilon_0 E \cos \theta$, kadar je krogla v homogenem električnem polju. E je velikost električnega polja, θ pa je kot med zveznico središča s točko površine in smerjo električnega polja. Dokaži, da električnega pretoka skozi kroglo ni (tako da integriraš σ po površini krogle)!
55. Če postavimo točkast naboj q pred neskončno veliko prevodno steno, je na površini stene površinska gostota naboja $\sigma = -qa/(2\pi r^3)$, kjer je a oddaljenost naboja od stene, r pa je oddaljenost od naboja q . Koliko naboja se inducira na steni? Kolikšna je pravokotna komponenta električnega polja na površini stene, ki jo povzroči inducirani naboj? Kakšna je sila med nabojem q in induciranim nabojem?

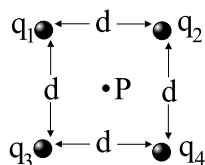
4 Električni potencial

- Balon, napolnjen s helijem, ima naboj $-5,5 \times 10^{-8}$ C in se dvigne 520 m visoko. Električno polje na površini Zemlje ima velikost 150 N/C in smer navpično navzdol. Za koliko se je balonu spremenila električna potencialna energija? (-4,3 mJ)
- Točkast naboj q je v homogenem električnem polju. Iz točke i ga premaknemo v točko f , tako kot kaže slika 19. Razdalja med točkama i in f je d . Izračunaj razliko potencialnih energij, če naboj premaknemo po poti, ki jo kaže slika 19 a), in razliko energij, če naboj premaknemo po poti, prikazani na sliki 19 b)! ($-Ed$; $-Ed$)



Slika 19:

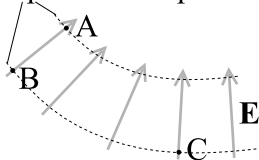
- Kolikšen je električni potencial na površini jedra zlata? Polmer jedra je 6,2 fm, atomsko število zlata je 79. Predpostavi, da je jedro okroglo. (18 MV)
- Kolikšen je električni potencial v središču kvadrata s stranicami, dolgimi 1,3 m, če stojijo v ogliščih naboji $q_1 = +12$ nC, $q_2 = -24$ nC, $q_3 = +31$ nC in $q_4 = +17$ nC, tako kot kaže slika 20? (350 V)
- Dvanajst elektronov je enakomerno porazdeljenih po obodu kroga s polmerom R . Kolikšna sta potencial in električno polje v središču kroga, če je potencial v neskončnosti enak nič? Elektrone zdaj prestavimo tako, da je dolžina loka med posameznimi elektroni $0,1 R/n$, kjer je n zaporedna številka elektrona. Kolikšna sta zdaj potencial in električno polje v središču kroga? ($\frac{-12e_0}{4\pi\epsilon_0 R}$; 0; potencial je enak; električno polje je različno od nič)
- V središču nabitega diska s polmerom 3,5 cm je potencial 550 V. Koliko je naboja na disku? Kolikšen je potencial v točki na osi diska pet polmerov nad diskom? (1,1 nC; 54 V)



Slika 20:

7. Potencial na osi nabitega diska v točki, oddaljeni z od diska, je $U = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}(\sqrt{z^2 + R^2} - z)$. Kakšno je električno polje na osi nabitega diska? $(\frac{\sigma}{2\epsilon_0} (1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}}))$
8. V oglišča enakostraničnega trikotnika s stranicami, dolgimi 12 cm, postavimo tri točkaste naboje 150 nC, -600 nC in 300 nC. Kolikšna je električna potencialna energija teh nabojev? (-17 mJ)
9. Delec alfa sestavljata dva protona in dva nevtrona. Delec alfa izstrelimo s kinetično energijo K proti atomu zlata. Ko delec alfa predere elektronski oblak, se zaustavi pred jedrom, tako da je razdalja med središčema jedra in delca enaka 9,23 fm. S kolikšno kinetično energijo smo izstrelili delec alfa? V jedru zlata je 79 protonov in 118 nevtronov. Zanemari vpliv močne sile! (24,6 MeV)
10. Pri neki nevihti je razlika potencialov med tlemi in oblakom $1,2 \times 10^9$ V. Za koliko se spremeni energija elektrona (v elektronvoltih), ki se premakne s tal do oblaka? (1,2 GeV)
11. Avtomobilski akumulator lahko skozi električni krog pretoči 84 Ah naboja pri napetosti 12 V. Koliko je to naboja v coulombih? Koliko energije pri tem odda akumulator?
12. Strela udari med oblakom in tlemi. Razlika potencialov je $1,0 \times 10^9$ V, pretoči se 30 C naboja. Za koliko se spremeni energija pretočenemu naboju? Kolikšna bi bila končna hitrost avtomobila z maso 1 t, če bi lahko vso energijo strele porabili za pospeševanje avtomobila? Koliko ledu pri 0° bi lahko stopila ta strela? Talilna toplota ledu je 330 kJ/kg. ($3,0 \times 10^{10}$ J; 7,7 km/s; $9,0 \times 10^4$ kg)
13. Nabiti ravni tanki in neskončno dolgi palici ležita v ravnini xz vzporedno z osjo z . Prva, z dolžinsko gostoto naboja $+\lambda$, leži a desno od osi z , druga, z dolžinsko gostoto naboja $-\lambda$, leži a levo od osi z . Skiciraj ekvipotencialne ploskve!
14. Ko premaknemo elektron iz točke A v točko B na sliki 21, opravi električno polje na njem $3,94 \times 10^{-19}$ J dela. Kolikšne so razlike električnih potencialov $U_B - U_A$, $U_C - U_A$ in $U_C - U_B$? (-2,46 V; -2,46 V; 0)

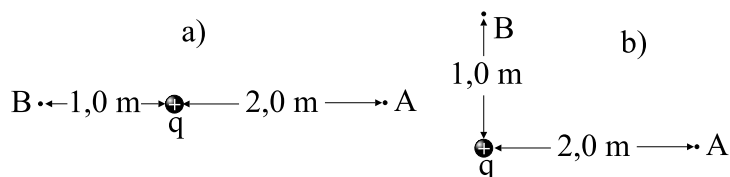
ekvipotencialni ploskvi



Slika 21:

15. Na veliki neprevodni ploskvi je površinska gostota naboja enaka σ . Koliko dela opravi električno polje ploskve, ko pozitivni testni naboj q_0 premaknemo s ploskve na razdaljo z od ploskve? Dokaži, da lahko električni potencial neskončno velike nabite ploskve zapišemo kot $U = U_0 - (\sigma/2\epsilon_0)z$, kjer je U_0 potencial na ploskvi!
16. Pri Millikanovem poskusu je električno polje med ploščama, ki sta 1,50 cm narazen, enako $1,92 \times 10^5$ N/C. Kolikšna je razlika potencialov med ploščama? (2,90 kV)
17. Veliki vzporedni nasprotno enako nabiti kovinski plošči sta 12 cm narazen. Na elektron, postavljen med ploščama, deluje elektrostatska sila $3,9 \times 10^{-15}$ N. Kakšno je električno polje tam, kjer je elektron? Kolikšna je potencialna razlika med ploščama?
18. Površinska gostota naboja neskončno velike neprevodne plošče je $0,10 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Kolikšna je razdalja med ekvipotencialnimi ploskvami, med katerimi je razlika potencialov 50 V? (8,8 mm)
19. Električna poljska jakost znotraj enakomerno nabite neprevodne kroglice polmera R ima radialno smer in velikost $E(r) = qr/(4\pi\epsilon_0 R^3)$, kjer je q celotni naboj na krogli in r oddaljenost od središča kroglice. Poišči potencial $U(r)$ znotraj kroglice, če je potencial v središču kroglice enak nič! Kolikšna je razlika potencialov med točko s površine kroglice in središčem? Katera točka ima višji potencial, če je q pozitiven? ($-\frac{qr^2}{8\pi\epsilon_0 R^3}$; $\frac{q}{8\pi\epsilon_0 R}$; središče)

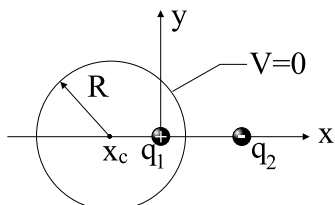
20. Kovinski valjast plašč Geigerjevega števca ima premer 2,00 cm. Na osi valja je napeta žica premera $1,30 \times 10^{-4}$ cm. Kolikšni sta velikosti električnega polja na površini žice in valja, če je napetost med elektrodama 850 V?
21. Naboj q je enakomerno porazdeljen po prostornini krogle polmera R . Potencial v neskončnosti naj bo enak nič. Dokaži, da je potencial v oddaljenosti r od središča krogle, kjer je $r < R$, podan z $U(r) = \frac{q(3R^2 - r^2)}{8\pi\epsilon_0 R^3}$! Kolikšna je razlika potencialov med središčem in točko s površine krogle? ($\frac{q}{8\pi\epsilon_0 R}$)
22. Notranji polmer debele krogelne lupine je r_1 , zunanji pa r_2 . Po prostornini lupine je enakomerno porazdeljen naboj q . Potencial v neskončnosti je enak nič. Poišči potencial v točki oddaljeni r od središča lupine!
23. Na sliki 22 je točkast naboj $q = +1,0 \mu\text{C}$. Kolikšna je razlika potencialov med točkama A in B v primeru a) in v primeru b)? (-4500 V; -4500 V)



Slika 22:

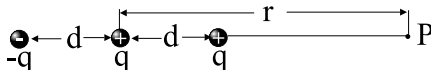
24. Velikost točkastega naboja je $1,5 \times 10^{-8}$ C. Potencial v neskončnosti je enak nič. Kakšni sta oblika in velikost ekvipotencialne ploskve, kjer je vrednost potenciala 30 V? Ali so ekvipotencialne ploskve, ki se razlikujejo za 1 V, enakomerno narazen?
25. Za koliko se poveča potencial izolirane kovinske krogle polmera 16,0 cm, če jo nabijemo z $1,50 \times 10^{-8}$ C naboja? (843 V)
26. Ko satelit enkrat zaokroži okoli Zemlje, se mu potencial spremeni za -1 V zaradi ioniziranih plinov v atmosferi. Koliko naboja nabere satelit pri enem obhodu, če ima obliko kovinske krogle polmera 10 m?
27. Večina materiala, ki tvori Saturnove prstane, je v obliki prašnih delcev, katerih polmer je velikostnega reda 10^{-6} m. Ti delci se gibljejo skozi razredčen ioniziran plin in zato pri kroženju okoli planeta nabirajo proste elektrone. Predpostavi, da ima delec okroglo obliko polmera $1,0 \times 10^{-6}$ m. Koliko elektronov več mora biti na delcu, da je njegov potencial -400 V, če je potencial v neskončnosti enak nič? ($2,8 \times 10^5$)
28. Kolikšen je potencial na površini izolirane kovinske krogle polmera 10 cm, na kateri je $4,0 \mu\text{C}$ pozitivnega naboja in je potencial v neskončnosti enak nič? Ali je taka krogla lahko postavljena v zraku, kjer je prebojno električno polje 3,0 MV/m?
29. Koliko naboja je na izolirani kovinski krogli polmera 0,15 m, če je potencial krogle 200 V in je potencial v neskončnosti enak nič? Kolikšna je površinska gostota naboja na površini krogle? (3,3 nC; 12 nC/m^2)
30. Na površini Zemlje je električna poljska jakost običajno 100 V/m. Kolikšen bi bil električni potencial točke na površini Zemlje, če predpostavimo, da je takšno električno polje po celi površini Zemlje in je potencial v neskončnosti enak nič?
31. Za koliko bi se spremenil električni potencial Zemlje, če bi po njeni površini enakomerno porazdelili ves pozitivni naboj enega grama bakra (negativni naboj bi odstranili daleč stran)?
32. Električni potencial na površini okrogle dežne kaplje je 500 V višji, kot je potencial v neskončnosti. Na kaplji je naboj 30 pC. Kolikšen je premer kaplje? Če bi se taka kapljica zlila z enako veliko kapljo, z enako količino naboja, bi dobili novo kapljo. Kolikšen bi bil potencial na površini nove kaplje?
33. Kos bakra v obliki krogle s polmerom 1,0 cm ima na površini tanko plast niklja. Nikelj je radioaktiven in pri razpadu izseva en elektron. Polovica izsevanih elektronov se absorbira v bakru, kjer pustijo 100 keV energije, polovica elektronov pa uide s kroglice. Aktivnost plašča je 10 mCi ($= 3,70 \times 10^8$ radioaktivnih razpadov na sekundo). Kroglico obesimo na dolgo neprevodno vrstico, tako da je od okolice izolirana. Koliko časa poteče, da se potencial na površini kroglice poveča za 1000 V? Koliko časa poteče, da se kroglica segreje za 5,0 K? Specifična toplota bakra je 14,3 J/K. (38 s; 280 dni)
34. Naboj $+q$ in $-3q$ sta 1 m narazen. Poišči točko na njuni zveznici, kjer je električni potencial enak nič (če je električni potencial v neskončnosti enak nič), in točko, kjer je električno polje enako nič! (25 cm od $+q$ in 75 cm od $-3q$; 137 cm od $+q$ in 237 cm od $-3q$)

35. Izolirana naboja q_1 in q_2 sta d narazen. Na zveznici med naboje, $d/4$ od naboja q_1 , je električno polje enako nič. Poišči točko, kjer je električni potencial enak nič, če je potencial v neskončnosti enak nič! (je ni)
36. Električni dipolni moment molekule amonijaka je $1,47$ D, kjer je $D = 3,34 \times 10^{-30}$ Cm Debyeova enota. Kolikšen je električni potencial na simetrijski osi molekule $52,0$ nm od molekule, če je potencial v neskončnosti enak nič?
37. Točkast naboj $+6,0 e_0$ je v izhodišču kartezičnega koordinatnega sistema. Drug točkast naboj $-10 e_0$ je postavljen na mestu $x = 8,6$ nm in $y = 0$. Če je potencial v neskončnosti enak nič, je potencial enak nič tudi na krožnici, katere središče leži na osi x , tako kot kaže slika 23. Poišči središče in polmer krožnice!



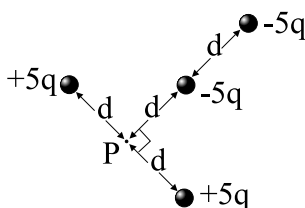
Slika 23:

38. Dokaži, da je za naboje razporejene tako, kot kaže slika 24, potencial na vodoravni osi $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} (1 + 2d/r)$, če je $r \gg d$!



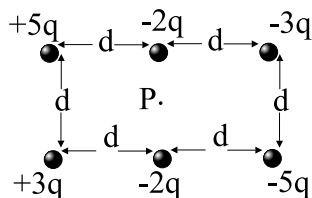
Slika 24:

39. Kolikšen je električni potencial v točki P na sliki 25, če je potencial v neskončnosti enak nič?

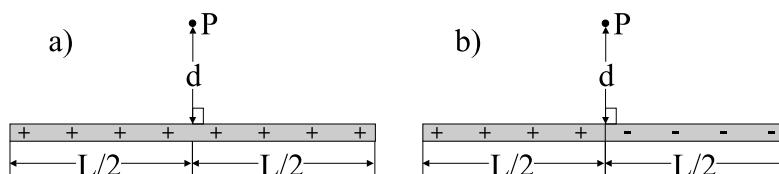


Slika 25:

40. Kolikšen je električni potencial v točki P na sliki 26, če je potencial v neskončnosti enak nič? ($\frac{-8e}{4\pi\epsilon_0 d}$)
41. Na sliki 27 a) je prikazana tanka neprevodna pozitivno nabita palica dolžine L . Kolikšen je potencial v točki P , če je potencial v neskončnosti enak nič? Kolikšen je potencial, če palico prelomimo na polovici in eno polovico nabijemo pozitivno, drugo pa negativno (slika 27 b))? Dolžinska gostota naboja je λ , oddaljenost točke P od palice pa d .
42. Slika 28 prikazuje plastično tanko palico, zvito v krožni lok polmera R . Kraka krožnega loka oklepata kot 120° . Na palici je enakomerno razporejen naboj $-q$. Kolikšen je potencial v točki P , ki leži v krivisčju loka, če je potencial v neskončnosti enak nič? ($-\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$)
43. Tanka plastična palica je zvita v krog polmera R . Na četrtini obsega je enakomerno porazdeljen naboj $+q$, na drugih treh četrtinah obsega pa je enakomerno porazdeljen naboj $-6q$. Zapiši električni potencial na osi, ki pravokotno prebada krog skozi središče, če je potencial v neskončnosti enak nič! ($-\frac{5q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{z^2 + R^2}}$)
44. Tanek krožni disk ima površinsko gostoto naboja σ . Tri četrtine diska odstranimo, tako da nam ostane četrtinski krogov izsek, kot ga kaže slika 29. Izračunaj potencial v točki P , ki je z nad središčem prvotnega diska!
45. Na ravni tanki plastični palici dolžine L je enakomerno porazdeljen naboj $-q$. Kolikšen je električni potencial v točki, ki leži osi palice, v razdalji d od roba, če je potencial v neskončnosti enak nič? ($-\frac{q/L}{4\pi\epsilon_0} \ln(L/d + 1)$)
46. Veliki tanki vzporedni kovinski plošči sta nasprotno enako nabiti in ločeni za $1,5$ cm. Kot ničlo električnega potenciala izberimo negativno nabito ploščo. Kakšno je električno polje med ploščama, če je potencial na sredini med njima $5,0$ V?

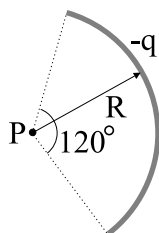


Slika 26:

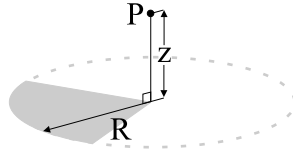


Slika 27:

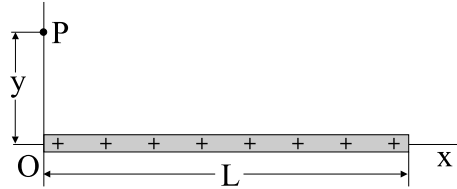
47. Iz izraza za električni potencial električnega dipola $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos \theta}{r^2}$ izračunaj električno polje dipola!
48. Potencial na osi nabitega diska je $U = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (\sqrt{z^2 + R^2} - z)$. Izpelji izraz za električno polje na osi nabitega diska!
49. Izračunaj električni potencial na osi enakomerno nabitega prstana premera R ! Na prstanu je naboj q . Iz izraza za potencial izpelji izraz za električno poljsko jakost na osi nabitega prstana!
50. Tanka neprevodna nabita ravna palica dolžine L je postavljena na os x in je z enim koncem v njenem izhodišču. Dolžinsko gostoto naboja opiše enačba $\lambda = kx$, kjer je k konstanta in x koordinata vzdolž osi x . Kolikšen je električni potencial v točki P na sliki 30, če je potencial v neskončnosti enak nič? Kolikšni sta komponenti električne poljske jakosti v točki P ?
51. Na sliki 31 sta naboja q in $-q$. Izrazi razliko električnih potencialov med točkama A in B $U_A - U_B$! ($\frac{qd}{2\pi\epsilon_0 a(a+d)}$)
52. Naboja $+2,0 \mu\text{C}$ sta postavljena $2,0 \text{ cm}$ narazen, kot kaže slika 32. Kolikšen je električni potencial v točki C , če je potencial v neskončnosti enak nič? Iz neskončnosti postavimo v točko C naboj $2,0 \mu\text{C}$. Koliko dela moramo pri tem opraviti? Kolikšna je potencialna energija treh nabojev?
53. V ravnini xy sta postavljena dva naboja in sicer: $q_1 = +3,0 \times 10^{-6} \text{ C}$, $x_1 = +3,5 \text{ cm}$, $y_1 = +0,50 \text{ cm}$ in $q_2 = -4,0 \times 10^{-6} \text{ C}$, $x_2 = -2,0 \text{ cm}$, $y_2 = +1,5 \text{ cm}$. Koliko dela smo morali opraviti, da smo naboja postavili na ti mesti, če sta bila v začetku neskončno narazen? ($-1,9 \text{ J}$)
54. V modelu kvarkov je proton sestavljen iz dveh kvarkov "up" z nabojem $+2e_0/3$ in enega kvarka "down" z nabojem $-e_0/3$. Izračunaj električno potencialno energijo kvarkov v protonu, če ležijo v ogliščih enakostraničnega trikotnika s stranicami, dolgimi $1,32 \text{ fm}$! ($0,484 \text{ MeV}$)
55. Koliko dela opravimo, da točkaste naboje, ki so v začetku neskončno vsaksebi, spravimo v lege, prikazane na sliki 33?
56. Trije enaki točkasti naboji $+0,12 \text{ C}$ ležijo v ogliščih enakostraničnega trikotnika s stranicami, dolgimi $1,7 \text{ m}$. Koliko časa moramo dovajati energijo, da spravimo enega od nabojev na sredino zveznice drugih dveh nabojev, če energijo dovajamo z močjo $0,83 \text{ kW}$?



Slika 28:

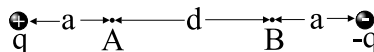


Slika 29:

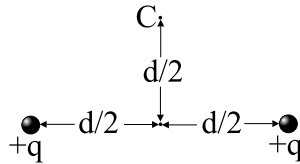


Slika 30:

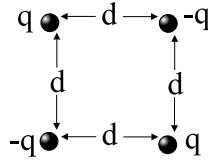
57. V nasprotnih ogliščih pravokotnika s stranicami po 5,0 cm in 15 cm sta točkasta naboja $-5,0 \mu\text{C}$ in $+2,0 \mu\text{C}$. Kolikšen je električni potencial v nezasedenem oglišču, ki je bližje negativnemu naboju? Kolikšen je električni potencial v drugem nezasedenem oglišču? Električni potencial v neskončnosti je enak nič. Koliko dela opravimo, da točkast naboj $+3,0 \mu\text{C}$ po diagonali prestavimo iz prvega nezasedenega oglišča v drugo? Ali to delo poveča ali zmanjša energijo sistema treh nabojev? ($+6,0 \times 10^4 \text{ V}$; $-7,8 \times 10^5 \text{ V}$; $2,5 \text{ J}$)
58. Koliko dela moramo opraviti, da po črtkani poti na sliki 34 iz neskončnosti prenesemo naboj $+5q$? Vrednost $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ in $d = 1,40 \text{ cm}$.
59. Delec s pozitivnim nabojem Q miruje v točki P . Po krogu polmera r_1 s središčem v točki P kroži drug delec z maso m in nabojem $-q$. Koliko dela bi potrebovali, da bi drugi delec spravili v krožnico polmera r_2 ? ($\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0}(1/r_1 - 1/r_2)$)
60. Izračunaj električni potencial vodikovega jedra na mestu, oddaljenem $5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$ (povprečna oddaljenost elektrona) od jedra, če je električni potencial v neskončnosti enak nič! Kolikšna je električna potencialna energija vodikovega atoma, če je elektron na tem mestu? Kolikšna je v tem primeru kinetična energija elektrona, če predpostavimo, da kroži po krogu s tem polmerom in s središčem v jedru? Kolikšna je ionizacijska energija vodikovega atoma? Vse energije izrazi v elektronvoltih!
61. Prstan s polmerom 1,5 m leži v ravnini yz . Središče prstana je v koordinatnem izhodišču. Na prstanu je enakomerno porazdeljen naboj $-9,0 \text{ nC}$. Točkast naboj $-6,0 \text{ pC}$ leži na osi x 3,0 m nad ravnino yz . Koliko dela je potrebno, da prestavimo točkast naboj v izhodišče koordinatnega sistema? ($1,8 \times 10^{-10} \text{ J}$)
62. Delec z nabojem q držimo pri miru v točki P . Drugi delec z enakim nabojem in maso m v začetku miruje v točki, oddaljeni r_1 od P . Drugi delec nato spustimo. Kolikšna je njegova hitrost v trenutku, ko je delec od prvega oddaljen r_2 ? Naboj $q = 3,1 \mu\text{C}$, $m = 20 \text{ mg}$, $r_1 = 0,90 \text{ mm}$ in $r_2 = 2,5 \text{ mm}$.
63. Dve majhni kovinski kroglici z masama 5,00 g in 10,0 g imata enak naboj $5,00 \mu\text{C}$. Kroglici sta povezani z lahko neprevodno vrvico, ki je dolga 1 m, kar je mnogo več od polmera kroglic. Kolikšna je električna potencialna energija sistema kroglic? Kolikšen je pospešek kroglic v trenutku, ko prerežemo vrvico? Kolikšna je hitrost vsake kroglice po zelo dolgem času? ($0,255 \text{ J}$; $22,5 \text{ m/s}^2$; $7,75 \text{ m/s}$; $3,87 \text{ m/s}$)
64. Dve ravni tanki prevodni plošči sta 1 cm narazen in nasprotno enako nabiti tako, da je razlika napetosti med ploščama 625 V. Elektron odleti s pozitivne plošče pravokotno proti negativni s tako hitrostjo, da se ravno ustavi tik pred negativno ploščo. Kolikšna je začetna hitrost elektrona?
65. Proton se s kinetično energijo 4,80 MeV čelno bliža jedru svinca. Na kolikšni razdalji od jedra se proton ustavi, če upoštevamo samo elektrostatske sile? Na kolikšni razdalji bi se ustavil delec alfa, če bi imel enako začetno kinetično energijo? (25 fm; dvakrat večji)



Slika 31:

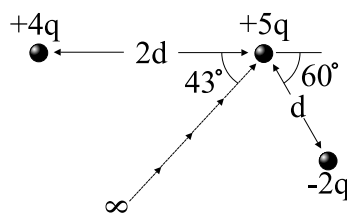


Slika 32:



Slika 33:

66. Izolirano kovinsko krogelno lupino s tanko steno in polmerom R nabijemo do potenciala $-U$. Z velike razdalje izstrelimo elektron z začetno hitrostjo v_0 proti središču lupine. Kolikšna mora biti začetna hitrost, da se elektron ravno ustavi, ko pride do lupine? ($\sqrt{2eU/m}$)
67. Elektron sta postavljena 2,0 cm vsaksebi. Tretji elektron prileti iz neskončnosti in se ustavi ravno na sredi med njima. Kolikšno hitrost je imel tretji elektron daleč stran?
68. Kolikšna je ubežna hitrost elektrona s površine enakomerno nabite krogle polmera 1,0 cm z nabojem $1,6 \times 10^{-15}$ C? Ubežna hitrost pomeni hitrost, ki jo potrebuje telo, da v neskončni oddaljenosti ravno obmiruje. (23 km/s)
69. Elektron izstrelimo z velike razdalje s hitrostjo $3,2 \times 10^5$ m/s proti protonu. Na kolikšni razdalji od protona je hitrost elektrona dvakrat večja, kot je bila v začetku?
70. Električni potencial votle kovinske krogle proti tlem je +400 V. Na krogli je naboj $5,0 \times 10^{-9}$ C. Kolikšen je električni potencial v središču krogle? (400 V)
71. Koliko naboja je na prevodni krogli polmera 0,15 m, če je njen potencial +1500 V in je v neskončnosti potencial enak nič? ($2,5 \times 10^{-8}$ C)
72. Nabiti prevodni krogli sta daleč vsaksebi. Manjša krogla je v začetku nabita, večja pa ne. Krogli nato povežemo z žico. Kolikšen je na koncu potencial prve in kolikšen potencial druge krogle? Kolikšen je na koncu naboj prve krogle in kolikšen je naboj druge krogle? Kakšno je na koncu razmerje površinskih gostot naboja na prvi in drugi krogli?
73. Kolikšen bi bil potencial Zemlje, če bi bil na vsakem kvadratnem metru njene površine en elektron viška? Kolikšno bi bilo v tem primeru električno polje na Zemljini površini?
74. Središči enakih kovinskih krogel s polmerom 3,0 cm sta 2,0 m narazen. Naboj prve krogle je 10 nC, naboj druge pa -30 nC. Predpostavi, da sta krogli dovolj narazen, da je porazdelitev naboja po površini krogel enakomerna! Kolikšen je potencial na sredi med kroglama, če je potencial v neskončnosti enak nič? Kolikšen je potencial vsake krogle? (-180 V; 3000 V; -9000 V)
75. Naboj kovinske krogle polmera 15 cm je 30 nC. Kolikšno je električno polje na površini krogle? Kolikšen je električni potencial na površini krogle, če je potencial v neskončnosti enak nič? Na kolikšni razdalji od krogle pade električni potencial za 500 V?

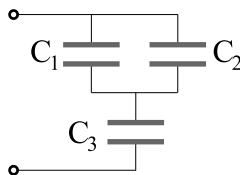


Slika 34:

76. Okrogli koncentrični kovinski lupini imata polmera R_1 in R_2 ter naboja q_1 in q_2 . Izpelji izraz za $E(r)$ in $U(r)$, kjer je r razdalja od središča lupin! ($E = 0$, $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}(q_1/R_1 + q_2/R_2)$ za $r < R_1$; $E = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}(q_1/r + q_2/R_2)$ za $R_1 < r < R_2$; $E = \frac{q_1+q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, $U = \frac{q_1+q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$ za $r > R_2$)
77. Koliko naboja moramo dati na prevodno kroglo polmera 1 m, da njen električni potencial povečamo za 1,5 MV? Kaj pa za kroglo polmera 1 cm? Zakaj pri elektrostatskem pospeševalniku uporabimo večjo kroglo, če pa pri manjši z manj naboja dosežemo enak potencial?
78. Van de Graaffov pospeševalnik pospeši delec alfa z napetostjo 1,0 MV. Koliko kinetične energije pridobi delec? Koliko kinetične energije bi dobil proton v enakih razmerah? Kateri delec bi se hitreje gibal, če bi v začetku oba mirovala?
79. Kolikšna je razlika električnih potencialov dveh koncentričnih kovinskih krogelnih lupin, če ima manjša pozitivni naboj q in polmer r , naboj večje s polmerom R pa je Q ? ($U_r - U_R = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}(1/r - 1/R)$)
80. Kovinski krogli s polmeroma R_1 in R_2 sta povezani s tanko žico dolžine L . Na obeh kroglih skupaj je naboj Q . Koliko je naboja na vsaki krogli in kolikšna sila napenja žico?

5 Kapaciteta

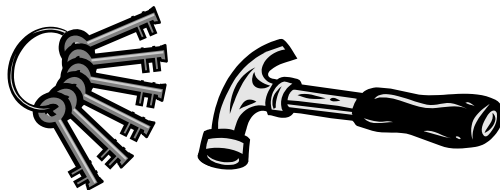
- Plošči ploščnega kondenzatorja sta 1,0 mm narazen. Kolikšna mora biti površina plošč, da je kapaciteta enaka 1,0 F? ($1,1 \times 10^8 \text{ m}^2$)
- Valjast plašč koaksialnega vodnika ima premer 2,1 mm. Premer žice je 0,15 mm. Koaksialni vodnik lahko obravnavamo kot valjast kondenzator. Kolikšna je kapaciteta na dolžinsko enoto takega vodnika? (21 pF/m)
- Kapaciteta kondenzatorja v čipu ROM-a, v katerem hranimo podatke, ima kapaciteto 55 fF. Koliko elektronov viška mora biti na negativni plošči kondenzatorja, da je napetost na kondenzatorju enaka 5,3 V? ($1,8 \times 10^6$)
- Kolikšna je kapaciteta Zemlje, če jo obravnavamo kot izolirano prevodno kroglo polmera 6370 km? (710 μF)
- Poišči nadomestno kapaciteto vezja, prikazanega na sliki 35, če je $C_1 = 12,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 5,30 \mu\text{F}$ in $C_3 = 4,50 \mu\text{F}$! Koliko je naboja na C_1 , če je vezje priključeno na napetost 12,5 V? (3,57 μF ; 31,0 μC)



Slika 35:

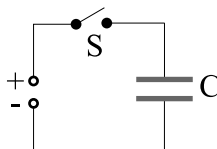
- S 6,30-voltno baterijo nabijemo kondenzator s kapaciteto 3,55 μF . Kolikšna je potencialna energija kondenzatorja? Baterijo nato odklopimo in na kondenzator priključimo drug kondenzator s kapaciteto 8,95 μF . Kakšna je napetost na prvem kondenzatorju, potem ko se naboj ne pretaka več? Kolikšna je potencialna energija sistema obeh kondenzatorjev? (70,4 μJ ; 1,79 V; 20,0 μJ)
- Naboj izolirane kovinske krogle polmera 6,85 cm je 1,25 nC. Koliko potencialne energije je v električnem polju krogle? Kolikšna je prostorninska gostota energije na površini krogle? Kolikšen je polmer namišljene krogle, znotraj katere je polovica električne potencialne energije? (103 nJ; 25,4 $\mu\text{J}/\text{m}^3$; 13,7 cm)
- Napetost na ploščnem kondenzatorju s kapaciteto 13,5 pF je 12,5 V. Vir, s katerim nabijemo kondenzator, odklopimo in med plošči potisnemo porcelanski blok (dielektričnost $\epsilon = 6,50$). Kolikšna je potencialna energija kondenzatorja pred in po vstavitvi dielektrika? (1100 pJ; 160 pJ)
- Površina plošč ploščnega kondenzatorja je 115 cm^2 . Razmik med ploščama je 1,24 cm. Kondenzator nabijemo na napetost 85,5 V in baterijo odstranimo. Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja? Koliko je naboja na ploščah kondenzatorja? Kolikšno je električno polje med ploščama? Med plošči nato vstavimo dielektrično ploščo debeline 0,780 cm in dielektričnosti 2,61. Kolikšno je električno polje v prostoru med ploščama in dielektričnim blokom? Kolikšno je električno polje v dielektričnem bloku? Koliko naboja se inducira na površini dielektrika? Kolikšna je napetost na priključkih kondenzatorja, potem ko vstavimo dielektrik? Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja skupaj z dielektrikom? (8,21 pF; 702 pC; 6,90 kV/m; 2,64 kV/m; $3,77 \times 10^{-8} \text{ C}/\text{m}^2$; 52,3 V; 13,4 pF)

10. Statični naboj merimo z elektrometrom. Neznani naboj določimo z elektrometrom tako, da naboj spravimo na plošči kondenzatorja in nato izmerimo napetost med ploščama. Kolikšen najmanjši naboj lahko izmerimo z elektrometrom, ki ima kapaciteto 50 pF in občutljivost 0,15 V? (7,5 pC)
11. Na enem od kovinskih predmetov na sliki 36 je 70 pC naboja, na drugem pa -70 pC. Zaradi nabojev je napetost med predmetoma 20 V. Kolikšna je kapaciteta sistema obeh predmetov? Kolikšna je kapaciteta predmetov, če naboj povečamo (zmanjšamo) na 200 pC (-200 pC)? Kolikšna je tedaj napetost med predmetoma?



Slika 36:

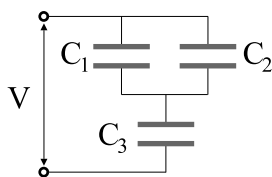
12. Koliko naboja se pretoči skozi baterijo na sliki 37, potem ko za dolg čas sklenemo stikalo S? Kapaciteta kondenzatorja je 25 μF , napetost baterije je 120 V. (3,0 mC)



Slika 37:

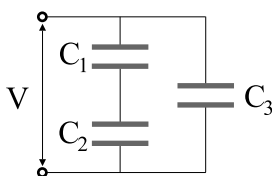
13. Okrogli plošči ploščnega kondenzatorja s polmerom 8,2 cm sta 1,3 mm narazen. Kolikšna je njegova kapaciteta? Koliko naboja se nabere na ploščah, če kondenzator priključimo na napetost 120 V? (140 pF; 17 nC)
14. Na voljo imamo plošči s površino 1,00 m². Radi bi sestavili kondenzator s kapaciteto 1,00 F. Kolikšen bi moral biti razmik med ploščama? Ali je to praktično?
15. Dioda v vakuumski cevi ima valjasto katodo premera 1,6 mm. Valjasta anoda objema katodo in ima premer 18 mm. Obe katodi sta dolgi 2,4 cm. Kolikšna je kapaciteta diode? (0,55 pF)
16. Plošči krogelnega kondenzatorja imata polmer 38,0 mm in 40,0 mm. Kolikšna je kapaciteta? Kolikšna bi morala biti površina plošč ploščnega kondenzatorja z enakim razmikom med ploščama, da bi imel enako kapaciteto?
17. Na suh dan nas po sprehodu po preprogi stresa 5 mm dolga iskra na kovinski kljuki. Preskok iskre povzroči električna napetost kakih 15 kV. Koliko naboja smo nabrali pri sprehodu po preprogi? Pri oceni si pomagamo s približkom, da človeško telo obravnavamo kot izolirano kovinsko kroglo polmera 25 cm. (4×10^{-7} C)
18. Aluminijasti plošči sta 1 mm narazen in imata kapaciteto 10 pF. Nabiti sta na 12 V. Kolikšna je površina plošč? Razmik zmanjšamo na 0,1 mm, pri čemer naj naboj ostane enak. Kolikšna je nova kapaciteta? Za koliko se spremeni napetost? Kako bi naredili mikrofona, ki bi deloval po tem načelu?
19. Okrogla kaplja živega srebra s polmerom R ima kapaciteto $C = 4\pi\epsilon_0 R$. Kolikšna je kapaciteta kaplje, ki nastane z združitvijo dveh takih kapelj? ($5,05 \pi\epsilon_0 R$)
20. Dokaži, da se kapaciteta valjastega kondenzatorja približuje kapaciteti ploščnega kondenzatorja z enako velikima ploščama, če se razlika polmerov valjev valjastega kondenzatorja manjša!
21. Kapaciteta krogelnega kondenzatorja, sestavljenega iz dveh skoraj enako velikih koncentričnih krogelnih lupin, je podobna kapaciteti ploščnega kondenzatorja s ploščama enake velikosti, kot je površina krogel, in z razmikom med ploščama, ki je enak razliki polmerov krogel. Dokaži trditev!
22. Radi bi naredili tak ploščni kondenzator, da se njegova kapaciteta ne bo spreminjala s temperaturo. To naredimo tako, da vstavimo med plošči distančnik, ki poskrbi, da se razmik med ploščama spreminja s temperaturo tako, kot se spreminja dolžina distančnika. Ker se s temperaturo spreminja tudi površina plošč, se kapaciteta kondenzatorja spreminja s temperaturo kot $\frac{dC}{dT} = C \left(\frac{1}{A} \frac{dA}{dT} - \frac{1}{x} \frac{dx}{dT} \right)$. Izpelj izraz! Kolikšen mora biti koeficient linearnega temperaturnega raztezka distančnika, da se kapaciteta ne bo spreminjala s temperaturo? (plošči sta iz aluminija)

23. Najmanj koliko kondenzatorjev s kapaciteto $1,00 \mu\text{F}$ moramo vezati vzporedno, da bomo lahko z napetostjo 110 V shranili naboj $1,00 \text{ C}$? (9090)
24. Poišči nadomestno kapaciteto za vezje s slike 38! $C_1 = 10,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 5,00 \mu\text{F}$ in $C_3 = 4,00 \mu\text{F}$.



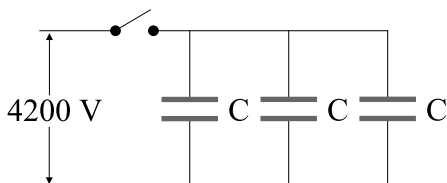
Slika 38:

25. Poišči nadomestno kapaciteto za vezje s slike 39! $C_1 = 10,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 5,00 \mu\text{F}$ in $C_3 = 4,00 \mu\text{F}$. ($7,33 \mu\text{F}$)



Slika 39:

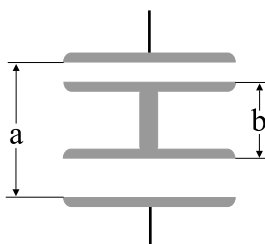
26. Vsak od treh kondenzatorjev na sliki 40 ima kapaciteto $25 \mu\text{F}$. Koliko naboja steče skozi stikalo, ko kondenzatorje priključimo na napetost 4200 V ?



Slika 40:

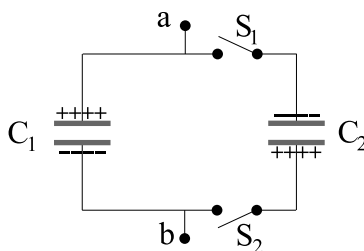
27. Kondenzator $6,00 \mu\text{F}$ priključimo zaporedno s kondenzatorjem $4,00 \mu\text{F}$ na napetost 200 V . Kolikšna je nadomestna kapaciteta? Koliko je naboja na vsakem od kondenzatorjev? Kolikšna je napetost na vsakem kondenzatorju? ($2,40 \mu\text{F}$; $0,480 \text{ mC}$ na obeh; 120 V ; 80 V)
28. Kondenzator $6,00 \mu\text{F}$ priključimo vzporedno s kondenzatorjem $4,00 \mu\text{F}$ na napetost 200 V . Kolikšna je nadomestna kapaciteta? Koliko je naboja na vsakem od kondenzatorjev? Kolikšna je napetost na vsakem kondenzatorju?
29. Tri kondenzatorje vezemo vzporedno. Vsak ima plošči z velikostjo A in razmik med ploščama d . Kolikšen bi moral biti razmik med ploščama enega samega kondenzatorja, da bi bila njegova kapaciteta enaka trem, vezanim vzporedno? Kolikšen bi moral biti razmik med ploščami, če bi te tri kondenzatorje vezali zaporedno in bi želeli, da je skupna kapaciteta enaka kot prej, ko so bili vezani vzporedno? ($d/3$; $3d$)
30. Kondenzatorja $2,0 \mu\text{F}$ in $8,0 \mu\text{F}$ sta zaporedno vezana in priključena na napetost 300 V . Koliko je naboja na vsakem kondenzatorju? Kolikšna je napetost na vsakem kondenzatorju? Nabita kondenzatorja odklopimo od vira in ju razklenemo. Nato ju sklenemo tako, da pozitivno ploščo enega priključimo na pozitivno ploščo drugega; enako storimo z negativnima ploščama. Koliko je zdaj naboja na kondenzatorjih in kolikšna je napetost? Kakšni bi bili napetost in naboja, če bi kondenzatorja povezali ravno obratno: pozitivno ploščo prvega na negativno drugega in negativno prvega na pozitivno drugega?
31. Kolikšna je kapaciteta n kovinskih plošč velikosti A , ločenih med sabo za d , ki so izmenično priključene na pozitivni in negativni pol baterije?
32. Kaj se zgodi z nabojem in napetostjo na kondenzatorju C_1 na sliki 38, če kondenzator C_3 prebije (postane prevoden)? Predpostavi, da je $V = 100 \text{ V}$.

33. Na voljo imamo množico kondenzatorjev s kapaciteto $2,0 \mu\text{F}$, ki prenesejo največ napetost 200 V , pri višji napetosti pa prebijejo. Kako bi vezali kondenzatorje, da bi dobili nadomestna kondenzatorja s kapaciteto a) $0,40 \mu\text{F}$ in b) $1,2 \mu\text{F}$, ki bi prenesla napetost 1000 V ? (a) 5 zaporedno; b) tri nize iz a) vzporedno (obstajajo tudi drugi načini))
34. Slika 41 prikazuje dva kondenzatorja, vezana zaporedno tako, da s premikanjem srednjega dela manjšamo eno od reš, medtem ko drugo večamo. Dokaži, da je celotna kapaciteta neodvisna od lege srednjega dela!



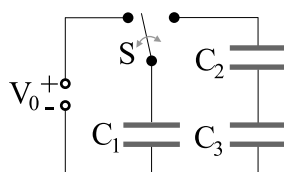
Slika 41:

35. Kondenzator 100 pF nabijemo s 50 V . Baterijo nato odklopimo. Kondenzator zdaj zvežemo z enakim, v začetku praznim kondenzatorjem. Kolikšna je kapaciteta drugega kondenzatorja, če napetost pade na 35 V ? (43 pF)
36. Kondenzatorja $C_1 = 1,0 \mu\text{F}$ in $C_2 = 3,0 \mu\text{F}$ nabijemo z napetostjo 100 V . Nato kondenzatorja povežemo z obrnjeno polariteto, tako kot kaže slika 42. Kolikšna je razlika električnih potencialov v točki a in točki b , potem ko sklenemo stikali S_1 in S_2 ? Kolikšen je naboj na C_1 ? Kolikšen je naboj na C_2 ?



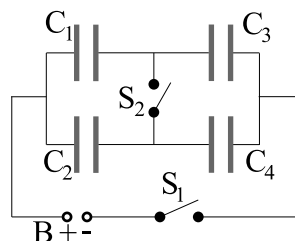
Slika 42:

37. Ko stikalo S na sliki 43 preklopimo v levo, se kondenzator C_1 nabije na napetosti V_0 . Kondenzatorja C_2 in C_3 v začetku nimata naboja. Stikalo nato preklopimo v desno. Kolikšni so na koncu naboji na kondenzatorjih? ($q_1 = \frac{C_1 C_2 + C_1 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} C_1 V_0$; $q_2 = q_3 = \frac{C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} C_1 V_0$)

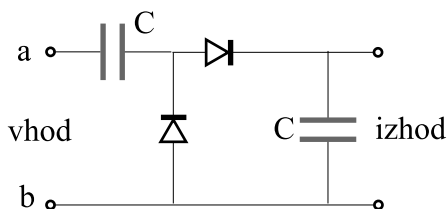


Slika 43:

38. Gonilna napetost baterije na sliki 44 je $12,0 \text{ V}$. V začetku noben kondenzator ni nabit. Nato priključimo stikalo S_1 . Kolikšni so naboji na kondenzatorjih? Potem sklenemo stikalo S_2 . Kolikšni so zdaj naboji na kondenzatorjih? $C_1 = 1,0 \mu\text{F}$, $C_2 = 2,0 \mu\text{F}$, $C_3 = 3,0 \mu\text{F}$ in $C_4 = 4,0 \mu\text{F}$.
39. V vezju (slika 45) sta vezana dva enaka kondenzatorja in dve diodi. Lastnost diode je, da pozitivni naboj teče prek diode samo v smeri puščice, negativni pa v nasprotni smeri. Na vhod vezja priključimo vir enosmerne napetosti 100 V ; najprej pozitivni pol na priključek a , nato pa pozitivni pol na priključek b . Kolikšna je v obeh primerih napetost na izhodu?
40. Kolikšna je energija električnega polja v enem kubičnem metru zraka, če je velikost električne poljske jakosti 150 V/m (običajna vrednost za lepo vreme)?



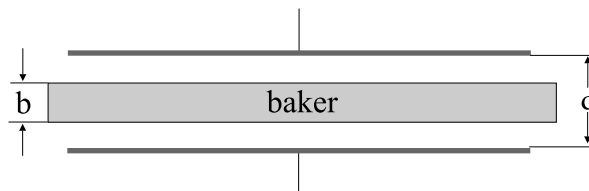
Slika 44:



Slika 45:

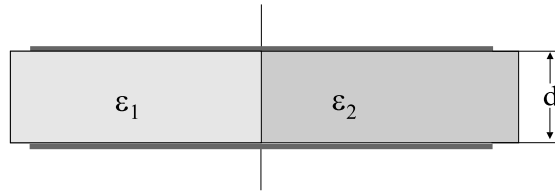
41. Pri reaktorjih, s katerimi poskušajo nadzirati fuzijsko reakcijo, potrebujejo izredno velike tokove, ki morajo ustvariti močno magnetno polje. Pri reaktorju ZT-40 v Los Alamosu imajo celo sobo, polno kondenzatorjev, iz katerih dobijo kratke sunke velikega toka. Koliko električne energije (v joulih in v kWh) je v eni kondenzatorski bateriji, če je kapaciteta baterije $61,0 \text{ mF}$ in napetost $10,0 \text{ kV}$? ($3,05 \text{ MJ}$; $0,847 \text{ kWh}$)
42. Kolikšna mora biti kapaciteta kondenzatorja, v katerem lahko pri 1000 V shranimo 10 kWh električne energije?
43. Ploščni kondenzator ima kapaciteto 130 pF . Koliko električne energije je shranjene v kondenzatorju, če je ta nabit na napetost $56,0 \text{ V}$? ($0,204 \mu\text{J}$)
44. Plošči ploščnega kondenzatorja sta $1,0 \text{ mm}$ narazen in imata površino 40 cm^2 . Razlika napetosti med elektrodama je 600 V . Kolikšni so kapaciteta kondenzatorja, velikost naboja na vsaki plošči, električna energija, shranjena v v kondenzatorju, električno polje med ploščama in gostota energije med ploščama?
45. Kondenzatorja $2,0 \mu\text{F}$ in $4,0 \mu\text{F}$ sta vezana zaporedno z virom napetosti 300 V . Koliko električne energije je na obeh kondenzatorjih skupaj? ($0,27 \text{ J}$)
46. Izračunaj gostoto energije električnega polja v točki oddaljeni r od mirujočega elektrona! Kolikšna je gostota energije električnega polja v limiti $r \rightarrow 0$, če obravnavamo elektron kot točkast delec?
47. Kondenzator je nabit na napetost U . Za koliko bi morali povečati napetost, da bi se shranjena električna energija povečala za 10% ? ($4,9 \%$)
48. Potencial izolirane nabite kovinske kroglice polmera 10 cm je 8000 V . Kolikšna je gostota energije električnega polja blizu površine kroglice?
49. Baterijo 2000 vzporedno vezanih kondenzatorjev po $5 \mu\text{F}$ napolnimo na 50000 V in v njej shranimo električno energijo. Koliko nas to stane, če je cena električne energije 23 SIT/kWh ?
50. Kondenzator napolnimo, tako da so na njem shranjeni $4,0 \text{ J}$ energije. Nanj nato vzporedno priključimo drug, prazen kondenzator. Koliko električne energije je shranjene v obeh kondenzatorjih, če se naboj prvega enakomerno porazdeli po obeh? Kam gre preostala energija? (2 J)
51. Ploščati kondenzator ima plošči s površino S in d narazen. Kondenzator nabijemo z napetostjo U . Baterijo nato odklopimo. Plošči razmaknemo na $2d$. Izrazi z d in S končno napetost med ploščama U , začetno in končno energijo ter delo, ki ga opravimo pri razmikanju plošč!
52. Elektrodi valjastega kondenzatorja imata polmera a in b . Dokaži, da je polovica energije električnega polja znotraj valja s polmerom \sqrt{ab} !
53. Predpostavi, da je elektron krogla polmera R z osnovnim nabojem, enakomerno porazdeljenim po površini. Izrazi energijo električnega polja s polmerom R ! Oцени vrednost za R , tako da primerjaš energijo električnega polja z mc^2 ! Ta R imenujemo klasični polmer elektrona.

54. S kolikšno silo se privlačita plošči ploščnega kondenzatorja z nabojem q ? Površina plošč je S , razmik med ploščama je d . Poišči rezultat tudi z virtualnim delom!
55. Dokaži, da je površinska gostota električne sile na ploščo kondenzatorja enaka $\varepsilon_0 E^2/2$!
56. Milni mehurček polmera R_0 postopoma nabijemo z nabojem q . Ker se naboji na površini med seboj odbijajo, se mehurček razpne do polmera R . Tlak zraka v notranjosti mehurčka se zaradi razširjanja zmanjša na pV_0/V , kjer so p zračni tlak, V_0 začetna prostornina in V končna prostornina. Dokaži, da velja $q^2 = 32\pi^2\varepsilon_0 pR(R^3 - R_0^3)$!
57. Kapaciteta praznega ploščnega kondenzatorja je 1,3 pF. Razmik med ploščama podvojimo in med plošči vstavimo vosek. Kapaciteta takega kondenzatorja je 2,6 pF. Kolikšna je dielektričnost voska?
58. Kolikšna mora biti dielektričnost snovi, s katero zapolnimo kondenzator s kapaciteto 7,4 pF, da pri 652 V lahko v njem shranimo 7,4 μ J električne energije?
59. Na voljo imamo dve bakreni plošči, 0,10 mm debelo ploščo sljude z dielektričnostjo 5,4, 2,0 mm debelo stekleno ploščo z dielektričnostjo 7,0 in 1,0 cm debelo ploščo voska z dielektričnostjo 2,0. Kateri dielektrik moramo vstaviti med bakreni plošči, da bo imel ploščni kondenzator, ki tako nastane, največjo kapaciteto?
60. Kapaciteta ploščnega kondenzatorja je 50 pF. Kolikšen je razmik med ploščama, če je velikost plošč 0,35 m²? Kolikšna je kapaciteta, če prostor med ploščama zapolnimo s snovjo, ki ima dielektričnost 5,6? (6,2 cm; 280 pF)
61. Kolikšna je kapaciteta na enoto dolžine za koaksialni kabel, ki ima žico polmera 0,10 mm, plašč polmera 0,60 mm in je napolnjen s polistirenom?
62. Snov z dielektričnostjo 2,8 ne prevaja dokler je v manjšem električnem polju od 18 MV/m. Kolikšna mora biti površina plošč ploščnega kondenzatorja, napolnjenega s tem dielektrikom, da je njegova kapaciteta 70 nF in da prenese napetost 4,0 kV? (0,63 m²)
63. Kondenzator naredimo tako, da na notranjo in zunanjo steno steklenega kozarca postavimo kovinsko folijo. Notranji polmer kozarca je 3,6 cm, zunanji 3,8 cm; višina kozarca je 15 cm. Kolikšni sta kapaciteta in prebojna napetost kondenzatorja?
64. Izdelati moramo kondenzator, v katerem bomo lahko shranili 250 kJ električne energije. Kondenzator naj bo ploščat. Med plošči damo stroncijev titanat z dielektričnostjo 310, ki zdrži električno polje do 8 kV/mm. Kakšen mora biti kondenzator, da bo njegova prostornina čim manjša? (2,85 m³)
65. Enaka ploščna kondenzatorja imata plošči s ploščino S razmaknjeni za d . V enem je dielektrik z $\varepsilon + \Delta\varepsilon$, v drugem pa z $\varepsilon - \Delta\varepsilon$. Kolikšna je nadomestna kapaciteta, če kondenzatorja vezemo a) vzporedno in b) zaporedno? Kolikšen je naboj kondenzatorja z manjšo kapaciteto, če je pri vzporedni vezavi celoten naboj na obeh kondenzatorjih Q ?
66. Bakreno ploščo debeline b potisnemo v sredino med plošči ploščnega kondenzatorja, tako kot kaže slika 46. Površina plošč kondenzatorja je A , razmik med ploščama je d . Kolikšna je zdaj kapaciteta kondenzatorja? Kolikšno je razmerje električne energije na koncu in električne energije na začetku, če je kondenzator izoliran in je na njem ves čas naboj q ? Koliko dela opravimo pri potiskanju bakrene plošče v kondenzator? Ali kondenzator bakreno ploščo vsesa ali jo moramo vanj potisniti? Kolikšna sta razmerje energij in delo, če je konstantna napetost med ploščama in ne naboj? ($\frac{\varepsilon_0}{d-b}$; $\frac{d}{d-b}$; $-\frac{q^2 b}{2\varepsilon_0 A}$; $\frac{d-b}{d}$; $\frac{U^2 \varepsilon_0 A}{2(d-b)}$)

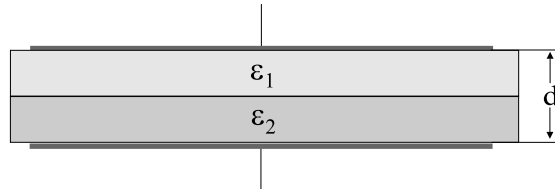


Slika 46:

67. Kolikšna je kapaciteta ploščnega kondenzatorja s ploščama, velikima S in razmaknjenima za d , če je polovica prostora med ploščama napolnjena s snovjo z dielektričnostjo ε_1 in polovica s snovjo z dielektričnostjo ε_2 , tako kot kaže slika 47? ($\frac{\varepsilon_0 S(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{2d}$)
68. Kolikšna je kapaciteta ploščnega kondenzatorja s ploščama, velikima S in razmaknjenima za d , če je polovica prostora med ploščama napolnjena s snovjo z dielektričnostjo ε_1 in polovica s snovjo z dielektričnostjo ε_2 , tako kot kaže slika 48? ($\frac{2\varepsilon_0 S \varepsilon_1 \varepsilon_2}{d(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}$)



Slika 47:



Slika 48:

69. Kolikšna je kapaciteta ploščnega kondenzatorja s ploščama, velikima S in razmahnjenima za d , če je polovica prostora med ploščama napolnjena s snovjo z dielektričnostjo ε_1 , četrtnina s snovjo z dielektričnostjo ε_2 in četrtnina s snovjo z dielektričnostjo ε_3 , tako kot kaže slika 49? $\left(\frac{\varepsilon_0 S}{4d} \left(\varepsilon_1 + \frac{2\varepsilon_2\varepsilon_3}{\varepsilon_2 + \varepsilon_3}\right)\right)$

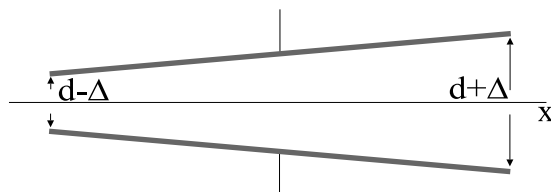


Slika 49:

70. Ploščati kondenzator ima kapaciteto 100 pF, površino plošč 100 cm² in je napolnjen s sljudo ($\varepsilon = 5,4$). Priključen je na napetost 50 V. Kakšni so električno polje v sljudi, površinska gostota naboja na sljudi in velikost prostega naboja na ploščah?
71. Vzporedni plošči s površino 100 cm² nasprotno enako nabijemo z nabojem $8,9 \times 10^{-7}$ C. Električno polje v snovi med ploščama je $1,4 \times 10^6$ V/m. Kolikšna je dielektričnost snovi? Kolikšna je velikost naboja, inducirane na površini dielektrika?
72. Plošči ploščnega kondenzatorja sta veliki 0,12 m² in sta 1,2 cm narazen. Kondenzator napolnimo z napetostjo 120V. Vir nato odklopimo. Med plošči simetrično vstavimo 4 mm debelo dielektrično ploščo z $\varepsilon = 4,8$. Kolikšni so kapaciteta praznega kondenzatorja, kapaciteta polnega kondenzatorja, prost naboj na ploščah kondenzatorja pred in potem, ko vstavimo dielektrik, električno polje v prostoru med dielektrikom in ploščama, električno polje v dielektriku, napetost med ploščama polnega kondenzatorja in delo, ki ga opravimo pri vstavljanju dielektrika? (89 pF; 120 pF; 11 nC; 11 nC; 10 kV/m; 2,1 kV/m; 88 V; 0,17 μJ)
73. Plošči ploščnega kondenzatorja nista čisto vzporedni, ampak nagnjeni, kot kaže slika 50. Plošči imata kvadratno obliko in površino S . Kolikšna je kapaciteta takega kondenzatorja? Predpostavi, da so silnice električnega polja navpične.
74. Elektrodi krogelnega kondenzatorja imata polmer a in b ($b > a$). Med elektrodama je snov z dielektričnostjo ε . Med elektrodama je napetost U . Kolikšni so kapaciteta kondenzatorja, prost naboj na notranji elektrodi in inducirani naboj na površini notranje elektrode?

6 Tok in upor

- Skozi cev teče voda s pretokom 450 cm³/s. Kolikšen tok negativnega naboja ustreza temu pretoku? (24,2 MA)
- Konec aluminijaste žice premera 2,5 mm je privarjen na začetek bakrene žice premera 1,8 mm. Skozi žici teče tok 1,3 A. Kolikšna je gostota toka v vsaki žici? (26 A/cm²; 51 A/cm²)

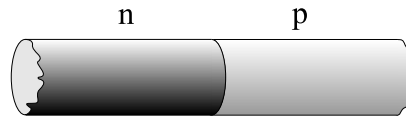


Slika 50:

3. Kolikšna je hitrost potovanja elektronov v bakreni žici premera 1,8 mm, v kateri teče tok 1,3 A? (14 cm/h)
4. Trak silicija ima širino 3,2 mm in debelino 0,25 mm. V njem teče tok 5,2 mA. Silicij je dopiran s fosforjem, tako da je polprevodnik tipa n in je številska gostota elektronov $1,5 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$. Kolikšna je gostota toka v traku? Kolikšna je hitrost potovanja elektronov? Kolikšna je velikost električnega polja znotraj silicija? (6500 A/m^2 ; 27 cm/s; 5,7 V/m)
5. Kolikšna je velikost električnega polja znotraj bakrenega vodnika, če je gostota električnega toka 1 A/mm^2 ? ($8,6 \times 10^{-3} \text{ V/m}$)
6. Železni kvader ima dimenzije $1,2 \times 1,2 \times 15 \text{ cm}^3$. Kolikšen je upor kvadra, merjen med kvadratnima stranicama? Kolikšen je upor med dvema nasprotnima pravokotnima stranicama? ($100 \mu\Omega$; $0,65 \mu\Omega$)
7. Kolikšen je povprečni čas med trkoma prevodnega elektrona v bakru? Kolikšna je povprečna prosta pot, če predpostavimo, da je efektivna hitrost prevodnih elektronov $1,6 \times 10^6 \text{ m/s}$? ($2,5 \times 10^{-14} \text{ s}$; 40 nm)
8. V grelcu je žica iz nikroma (zlitina niklja, kroma in železa) z uporom 72Ω . S kolikšno močjo greje, če žico priključimo na napetost 120 V? Kakšna je moč, če žico prerežemo na pol in obe polovici priključimo na 120 V? (200 W; 400 W)
9. V žici z dolžino 2,35 m in premerom 1,63 mm teče tok 1,24 A. Žica oddaja toploto z močjo 48,5 mW. Kolikšen je specifični upor snovi, iz katere je narejena žica? ($2,80 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$)
10. Tok 5,0 A teče 4,0 min skozi upor 10Ω . Koliko naboja in koliko elektronov se pri tem pretoči? (1200 C; $7,5 \times 10^{21}$)
11. Tok v elektronskem žarku tipične katodne cevi je $200 \mu\text{A}$. Koliko elektronov pade na zaslon vsako sekundo?
12. Izolirana prevodna krogla ima polmer 10 cm. Po eni žici priteka v kroglo tok 1,0000020 A, po drugi pa odteka 1,0000000 A. Koliko časa poteče, da se potencial krogle poveča za 1000 V? (5,6 ms)
13. V ionskem žarku je $2,0 \times 10^8$ dvakrat pozitivno naelektrenih ionov v kubičnem centimetru. Ioni se premikajo s hitrostjo 100 km/s proti severu. Kolikšni sta velikost in smer gostote toka? Ali je možno izračunati celotni električni tok tega žarka? ($6,4 \text{ A/m}^2$; proti severu)
14. V bakreni žici s premerom 2,5 mm teče komaj merljiv tok $1,2 \times 10^{-10} \text{ A}$. Kolikšni sta gostota toka in hitrost potovanja elektronov?
15. Varovalka električnega kroga je običajno tanka žica, ki se zaradi gretja s tokom stopi in tako prekine krog. Kolikšen bi moral biti premer valjaste žice v varovalki za 0,50 A, če je največja gostota toka, ki jo prenese snov, iz katere je narejena žica, 440 A/cm^2 ? (0,38 mm)
16. Ameriški standard predpisuje največje varne tokove za bakrene žice z gumijasto izolacijo. Večji ko je premer žice, večji tokovi so dovoljeni. Podatki so zbrani v tabeli. Nariši gostoto dovoljenega toka kot funkcijo premera žice! Pri katerem premeru je gostota dovoljenega toka največja?

premer[mm]	5,18	4,11	3,28	2,59	2,06	1,63	1,30	1,02
tok[A]	70	50	35	25	20	15	6	3

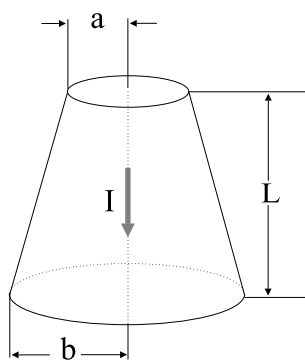
17. V neonski cevi steče tok, če je razlika napetosti med elektrodama v cevi dovolj velika. Plin se ionizira; elektroni se pomikajo proti pozitivni elektrodi, kationi pa proti negativni elektrodi. Kolikšna je velikost in smer toka v cevi, v kateri vsako sekundo čez prečni presek cevi prepotuje $3,1 \times 10^{18}$ elektronov in $3,1 \times 10^{18}$ kationov? (1,0 A proti negativnemu priključku)
18. Z različno dopiranimi polprevodnikoma, ki imata obliko valjev s polmerom 0,165 mm, naredimo stik pn , tako kot kaže slika 51. Kolikšna sta tok in gostota toka, če skozi stik iz n v p vsako sekundo pride $3,5 \times 10^{15}$ elektronov in iz p v n vsako sekundo $2,25 \times 10^{15}$ lukenj? Luknja se obnaša kot delec z nabojem $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.



Slika 51:

19. Gostota protonov v sončnem vetru blizu Zemlje je $8,70 \text{ cm}^{-3}$. Hitrost protonov je 470 km/s . Kolikšna je gostota električnega toka protonov v sončnem vetru? Kolikšen električni tok bi tekel v Zemljo, če zemeljsko magnetno polje ne bi odklonilo protonov? ($0,654 \mu\text{A/m}^2$; $83,4 \text{ MA}$)
20. Koliko časa bi potovali elektroni od avtomobilskega akumulatorja do svečke? Predpostavi, da ima tok 300 A in da elektroni potujejo v bakreni žici s presekom $0,21 \text{ cm}^2$ in dolžino $0,85 \text{ m}$. (13 min)
21. Električni tok v žarku delcev alfa (naboj je dvakratnik osnovnega naboja) je $0,25 \mu\text{A}$. Delci alfa imajo kinetično energijo 20 MeV . Koliko delcev alfa pade v treh sekundah na ravnino, ki leži pravokotno na žarek? Koliko delcev alfa je v 20 cm dolgem odseku žarka? S kolikšno potencialno razliko je bilo potrebno pospešiti delce alfa, da je njihova kinetična energija enaka 20 MeV ?
22. Gostoto električnega toka v valjastem vodniku opišemo z enačbo $j = j_0(1 - r/R)$, kjer je j_0 konstanta, r oddaljenost od osi in R polmer valja. Kolikšen je električni tok skozi vodnik? Kolikšen bi bil tok, če bi veljalo $j = j_0 r/R$? ($j_0 \pi R^2/3$; $2j_0 \pi R^2/3$)
23. Presek tračnice je $56,0 \text{ cm}^2$. Kolikšen je upor 10 km dolge tračnice? Specifičen upor železa je $3,00 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$.
24. Prevodna žica je dolga $2,0 \text{ m}$. Njen premer je $1,0 \text{ mm}$. Kolikšen je specifični upor snovi, iz katere je žica, če je upor žice $50 \text{ m}\Omega$? ($2,0 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$)
25. Človeka lahko ubije že tok 50 mA , če teče blizu srca. Kolikšna napetost je lahko usodna, če je upor med potnima rokama, s katerima primemo žico, 2000Ω ?
26. Tuljavo navijemo iz bakrene žice premera $1,3 \text{ mm}$ na valj s premerom 24 cm . Tuljava naj ima 250 ovojev. Kolikšen je upor take tuljave? ($2,4 \Omega$)
27. Štiri metre dolga bakrena žica s premerom $6,0 \text{ mm}$ ima upor $15,0 \text{ m}\Omega$. Žico priključimo na napetost 23 V . Kolikšen tok teče v žici? Kolikšna je gostota električnega toka? Kolikšen je specifični upor snovi, iz katere je žica?
28. Žica iz nikroma (zlitina niklja, kroma in železa) je dolga $1,0 \text{ m}$, njen presek je 1 mm^2 . V žici teče tok $4,0 \text{ A}$, kadar je priključena na napetost $2,0 \text{ V}$. Kolikšna je prevodnost nikroma? ($2,0 \times 10^6 \Omega\text{m}$)
29. Pri kolikšni temperaturi bi bil upor bakrenega prevodnika dvakrat večja od upora pri temperaturi $20,0^\circ\text{C}$?
30. Ko elektromotor miruje, je njegova temperatura 20°C , upor navojev tuljave v njem pa je 50Ω . Potem ko motor dela nekaj ur, se upor tuljave poveča na 58Ω . Kolikšna je temperatura motorja? (57°)
31. Gosenica leze po bakreni žici s premerom $5,2 \text{ mm}$ v smeri potovanja elektronov. Gosenica je dolga $4,0 \text{ cm}$. Tok v žici je 12 A . Kolikšna je razlika napetosti med koncema gosenice? Ali je rep pozitiven ali negativen proti glavi? Koliko časa porabi gosenica, da zleze $1,0 \text{ cm}$, če se premika s potovalno hitrostjo elektronov? ($0,38 \text{ mV}$; negativen; $3 \text{ min } 58 \text{ s}$)
32. Bakren valj z dolžino L in presekom S raztegnemo na dvojno dolžino. Kolikšen je novi presek? Kolikšen je zdaj upor valja, če je bil prej upor enak R ? Predpostavi, da je sprememba prostornine zanemarljiva!
33. Žica ima upor R . Kolikšen je upor pol krajše in pol tanjše žice, narejene iz iste snovi?
34. Kolikšen mora biti premer železne žice, da bo njen upor enak uporu bakrene žice s premerom $1,2 \text{ mm}$ in enako dolžino? ($2,9 \text{ mm}$)
35. Prevodnika sta narejena iz enake snovi in sta enako dolga. Prvi ima obliko valja s premerom $1,0 \text{ mm}$. Drugi ima obliko votlega valja z zunanjim premerom $2,0 \text{ mm}$ in notranjim premerom $1,0 \text{ mm}$. Kolikšno je razmerje njunih uporov?
36. Bakrena in železna žica sta priključeni na isto napetost. Kolikšno mora biti razmerje polmerov žic, da bosta tokova v žicah enaka? Ali je možno tako razmerje polmerov, da bi bili gostoti električnih tokov enaki? ($2,39$; železna je večja; ne)

37. Aluminijasta palica ima kvadratni presek s stranicami dolgimi 5,2 mm. Palica je dolga 1,3 m. Kolikšen je upor palice? Kolikšen bi moral biti premer 1,3 m dolge valjaste aluminijaste palice, da bi bil njuna upora enaka?
38. Valjasta kovinska palica je dolga 1,60 m in ima premer 5,50 mm. Pri 20°C je upor palice $1,09 \times 10^{-3} \Omega$. Iz katere snovi je palica? Iz iste snovi naredimo okrogel disk premera 2,00 cm in debeline 1,00 mm. Kolikšen je upor, merjen med okroglima ploskvama? (srebro; 51,6 nΩ)
39. Električni kabel je narejen iz 125 kovinskih vlaken. Upor posameznega vlakna je $2,65 \mu\Omega$. Kabel je priključen na napetost, ki povzroči tok 0,750 A. Kolikšen je tok v vsakem vlaknu? Kolikšna je napetost, na katero je priključen kabel? Kolikšen je upor kabla?
40. Skozi žarnico baterijske svetilke teče tok 0,30 A, ko je napetost enaka 2,9 V. Kolikšna je temperatura nitke v žarnici, če je upor žarnice pri temperaturi 293 K enak 1,1 Ω in je nitka narejena iz volframa? (2000 K)
41. Žica ima polmer 0,30 mm in dolžino 10 m. Ko žico priključimo na 115 V, je gostota električnega toka v žici $1,4 \times 10^4$ A/m². Kolikšen je specifični upor snovi, iz katere je narejena žica?
42. Pravokotna klada ima presek 3,50 cm², dolžino 15,8 cm in upor 935 Ω. Gostota prevodnih elektronov v snovi, iz katere je narejena klada, je $5,33 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$. Med koncema klade vzdržujemo napetost 35,8 V. Kolikšen električni tok teče v kladi? Kolikšna je gostota električnega toka, če predpostavimo, da je po preseku enakomerna? Kolikšna je potovalna hitrost prevodnih elektronov? Kolikšno je električno polje v kladi? (38,3 mA; 109 A/m²; 1,28 mm/s; 227 V/m)
43. V daljnovodu naj teče tok 60 A. Upor kabla naj bo 0,150 Ω/km. Kolikšna je gostota toka v kablu in masa na dolžinski enoto kabla, če kabel naredimo iz aluminija ali iz bakra? Gostota bakra je 8960 kg/m³ in aluminija 2700 kg/m³.
44. Zaradi radioaktivnih razpadov v Zemljini sredici in zaradi kozmičnih žarkov v Zemljini atmosferi nastajajo ioni. Na nekem področju je električno polje veliko 120 V/m in usmerjeno navpično navzdol. Zaradi tega polja začnejo enkrat nabiti pozitivni ioni, ki jih je 620 v kubičnem centimetru zraka, potovati navzdol, enkrat negativno nabiti (z gostoto 550 cm⁻³) pa navzgor. Izmerjena prevodnost zraka je $2,70 \times 10^{-14} / \Omega\text{m}$. Kolikšna je potovalna hitrost ionov, če predpostavimo, da je za pozitivne in negativne ione enaka? Kolikšna je gostota električnega toka v atmosferi? (1,73 cm/s; 3,24 pA/m²)
45. Ko segrejemo kovinsko palico, se poleg upora spremenita tudi dolžina in presek palice. Kolikšne so relativne spremembe upora, dolžine in preseka bakrenega vodnika, če se temperatura spremeni za 1 K? Koeficient linearnega temperaturnega raztezka je $1,7 \times 10^{-5} / \text{K}$. (0,43 %; 0,0017 %; 0,0034 %)
46. Vodnik ima obliko prisekanega stožca, tako kot vidimo na sliki 52. Polmera krogov na koncih sta a in b , dolžina vodnika je L . Če se presek počasi spreminja vzdolž stožca, lahko sklepamo, da je gostota električnega toka enakomerna po preseku. Kolikšen je upor vodnika?



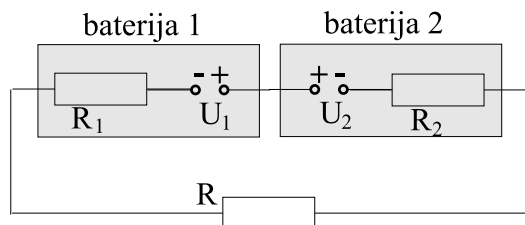
Slika 52:

47. Koliko naboja se pretoči skozi radio, ki ima moč 7 W in ga poganja 9,0-voltna baterija, če je bil radio prižgan od devete ure zvečer do druge ure naslednjega jutra?
48. Žarek elektronov v rentgenski cevi teče s tokom 7,0 mA. Elektrone pospešuje napetost 80 kV. Kolikšno moč oddajajo elektroni pri ustavljanju v katodi? (560 W)
49. V uporu nastaja pri toku 3,0 A toplota z močjo 100 W. Kolikšen je upor?

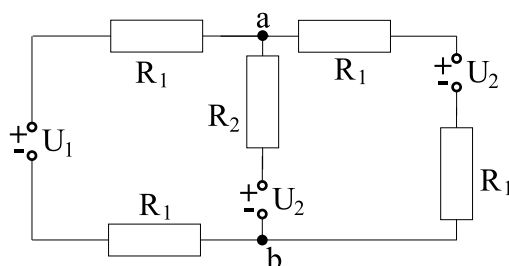
50. Skozi avtomobilske luči teče tok 10 A. Tok izvira iz alternatorja, ki ga poganja avtomobilski motor. Napetost alternatorja je 12 V. Učinkovitost alternatorja je 0,80. S kolikšno močjo motor poganja alternator? (0,20 KM)
51. Upor vročega električnega grelca je 14Ω . Grellec napajamo z napetostjo 220 V. Kolikšna je moč grelca? Koliko stane peturno delovanje grelca, če je cena električne energije 23 SIT/kWh?
52. Upor je priključen na baterijo, ki ima napetost 3,00 V. Na upor se porabi 0,540 W moči. Kolikšna moč se porabi na upor, če ga priključimo na napetost 1,50 V? (0,135 W)
53. Na 120 V priključen grelec greje z močjo 500 W. Kolikšen je njegov upor? Kolikšen tok teče skozenj?
54. Največji še varen tok skozi bakreno žico z gumijasto izolacijo in premerom 2,5 mm je 25 A. Kolikšni so takrat gostota toka, električno polje, padec napetosti in moč, s katero nastaja toplota, v 100 m dolgem kosu žice? (4,9 MA/m²; 83 mV/m; 25 V; 640 W)
55. Na žico, z dolžino L , presekom S in specifičnim uporom ξ , priključimo napetost U . Žico raztegnemo in napetost povečamo, tako da je moč, ki se porablja na žici, 30-krat večja, tok pa 4-krat večji. Kolikšna sta nova dolžina in presek žice? (1,369 L ; 0,730 S)
56. Valjast upor s polmerom 5,0 mm in dolžino 2,0 cm je narejen iz snovi s specifičnim uporom $3,5 \times 10^{-5} \Omega\text{m}$. Kolikšni sta gostota toka in napetost na upor, če dela upor z močjo 1 W?
57. Grellec naredimo tako, da žico iz nikroma priključimo na napetost 75 V. Presek žice je $2,6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$. Specifična uponost nikroma je $5,00 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$. Kolikšna je dolžina žice, če je moč grelca 5 kW? Kolikšna bi morala biti dolžina žice, da bi grelec grel z enako močjo pri napetosti 100 V? (5,85 m; 10,4 m)
58. Grellec greje z močjo 1250 W pri napetosti 115 V. Kolikšen električni tok teče v grelcu? Kolikšen je upor grelca? Koliko toplote odda grelec v eni uri?
59. Žarnica z močjo 100 W je priključena na 220 V. Koliko plačamo za elektriko, če žarnica gori cel mesec in je cena elektrike 23 SIT/kWh? Kolikšen je upor žarnice? Kolikšen električni tok teče v žarnici? Ali se upor žarnice spremeni, ko jo ugasnemo?
60. Grellec, priključen na 220 V, greje z močjo 500 W, ko je njegova temperatura 800°C . S kolikšno močjo greje grelec, če ga potopimo v olje, tako da je njegova temperatura 200°C ? Napetost naj bo enaka, koeficient linearnega temperaturnega povečanja upora za grelec je $4,0 \times 10^{-4}/\text{K}$.
61. Žarek devteronov iz ciklotrona z energijo 16 MeV vpada na bakreno klado. Električni tok devteronov je 15 μA . Kolikšen je tok števila devteronov? S kolikšno močjo se greje bakreni blok? ($9,4 \times 10^{13}$ 1/s; 240 W)
62. V linearnem pospeševalniku ustvarimo plusk elektronov. Električni tok pljuska je 0,50 A. Pljuska traja 0,10 μs . Koliko elektronov je v takem pljuskju? Kolikšen je povprečni tok, če pospeševalnik naredi 500 takih pljuskov vsako sekundo? Kolikšna je povprečna moč in največja moč enega pljuska, če je energija elektronov 50 MeV?
63. Grellec je priključen na 12 V in skozenj teče tok 5,2 A. Grellec je potopljen v kalorimetrsko posodo, v kateri je neznana tekočina. Zaradi grelca izpari vsako sekundo 21 mg tekočine. Kolikšna je izparilna toplota tekočine? (710 cal/g)
64. Grellec je priključen na stalno napetost in postavljen znotraj navpičnega cilindra, ki ga na vrhu zapira premičen bat z maso 12 kg. Cilinder je napolnjen z idealnim plinom. Upor grelca je 550Ω . Skozi grelec teče tok 240 mA. S kakšno hitrostjo se mora dvigati bat, da se temperatura plina ne spreminja?
65. Grellec greje z močjo 500 W pri napetosti 220 V. Za koliko se zmanjša moč grelca, če napetost pade na 210 V? Predpostavi, da se upor ne spremeni!

7 Vezja

1. Kolikšen tok teče v vezju na sliki 53? Predpostavi, da je $U_1 = 2,1 \text{ V}$, $U_2 = 4,4 \text{ V}$, $R_1 = 1,8 \Omega$, $R_2 = 2,3 \Omega$, $R = 5,5 \Omega$. Kolikšna je razlika potencialov med priključkoma prve in kolikšna med priključkoma druge baterije? (240 mA; 3,8 V; 2,5 V)
2. Elementi električnega vezja na sliki 54 imajo vrednosti: $U_1 = 2,1 \text{ V}$, $U_2 = 6,3 \text{ V}$, $R_1 = 1,7 \Omega$, $R_2 = 3,5 \Omega$. Kolikšni so tokovi v treh vejah vezja? Kolikšna je razlika potencialov med točkama a in b ? (0,82 A; 0,40 A; 0,42 A; +4,9 V)
3. Dvanajst uporov R je povezanih tako, kot kaže slika 55. Kolikšen je nadomestni upor, če upore priključimo med točkama 1 in 2? ($7R/12$)

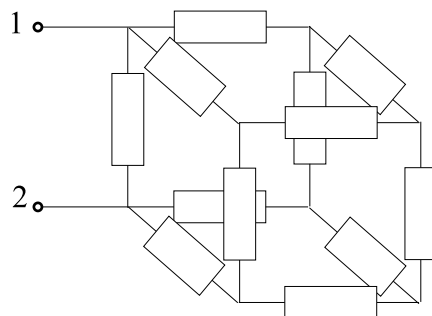


Slika 53:

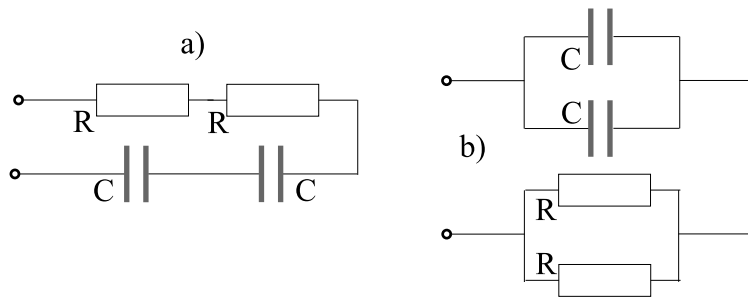


Slika 54:

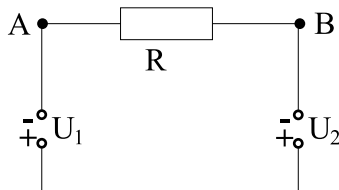
4. Kondenzator s kapaciteto C se prazni skozi upor R . Izrazi s časovno konstanto $\tau = RC$ čas, v katerem se iz kondenzatorja iztoči polovica začetnega naboja! Kdaj bo električna energija kondenzatorja padla na polovico začetne vrednosti? ($0,69 \tau$; $0,35 \tau$)
5. Kolikšna je časovna konstanta τ za vezje na sliki 56 a) in kolikšna za vezje na sliki 56 b)? (RC ; RC)
6. Koliko dela opravi baterija z napetostjo $12,0 \text{ V}$ na elektronu, ko ta preide s pozitivnega na negativni pol baterije? Kolikšna je moč baterije, če se vsako sekundo prek polov baterije pretoči $3,4 \times 10^{18}$ elektronov? ($1,9 \times 10^{-18} \text{ J} = 12 \text{ eV}$; $6,5 \text{ W}$)
7. Šestvoltna baterija požene v vezju tok $5,0 \text{ A}$. Za koliko se zmanjša kemična energija baterije, če teče tok $6,0$ minut?
8. V bateriji je shranjenih $2,0 \text{ Wh}$ energije. Baterija stane 300 SIT . Koliko denarja bi potrebovali, da bi osem ur svetili s 100 W no žarnico, ki bi jo napajale baterije? Koliko bi plačali, če bi žarnico napajali iz omrežja, kjer je cena elektrike 23 SIT/kWh ?
9. Začetni naboj avtomobilskega akumulatorja je 120 Ah . Gonilna napetost akumulatorja je 12 V . Koliko ur lahko akumulator dela z močjo 100 W ?
10. Kakšna je smer toka v vezju na sliki 57, če je $U_1 = 12 \text{ V}$ in $U_2 = 8 \text{ V}$? Katera baterija opravlja delo? Katera od točk A in B je na višjem potencialu? (nasprotna smeri urnega kazalca; baterija 1; B)
11. Žica z uporom $5,0 \Omega$ je priključena na baterijo z napetostjo $2,0 \text{ V}$ in notranjim uporom $1,0 \Omega$. Koliko kemične energije se spremeni v električno v dveh minutah? Koliko toplote nastane na žici? Kje je razlika med kemično energijo in toploto?



Slika 55:

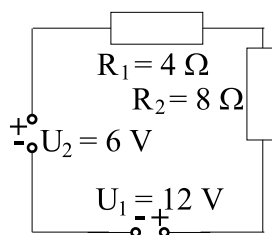


Slika 56:

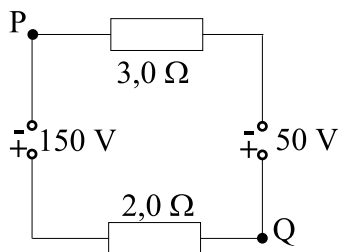


Slika 57:

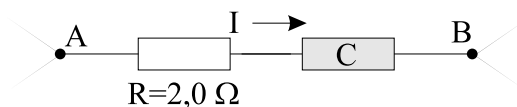
12. Poišči tok, ki teče v vezju 58! Kolikšna moč se porablja na vsakem uporu? Kolikšna je moč vsake baterije? Katera baterija oddaja energijo in katera jo prejema?
13. Avtomobilski akumulator z napetostjo 12 V in notranjim uporom $0,040 \Omega$ polnimo s tokom 50 A. Kolikšna je napetost na priključkih akumulatorja? S kolikšno močjo se troši energija na notranjem uporu akumulatorja? S kolikšno močjo se električna energija spreminja v kemično? Kolikšni sta moč, ki se troši na notranjem uporu, in napetost na priključkih akumulatorja, če teče iz akumulatorja tok 50 A? (14 V; 100 W; 600 W; 100 W; 10 V)
14. Električni potencial v točki P na sliki 59 je 100 V. Kolikšen je potencial v točki Q ?
15. Slika 60 prikazuje del vezja. V delu med točkama A in B se absorbira 50 W moči, kadar skozi vejo teče tok 1,0 A. Kolikšna je tedaj potencialna razlika med A in B ? Element C je brez upora. Kolikšna je njegova gonilna napetost in kje je pozitivni pol? (50 V; 48 V; B je negativni priključek)
16. Na sliki 61 je prikazana shema merilnika količine goriva v bencinskem tanku avtomobila. Upor prikazovalnika na armaturni plošči je 10Ω . Plovec v tanku je povezan s spremenljivim uporom. Upor spremenljivega upora se spreminja linearno s količino bencina in je enaka 20Ω , kadar je tank poln, in 140Ω , kadar je tank prazen. Kolikšen tok teče v vezju, če je tank prazen, do polovice poln ali poln?
17. Kolikšen mora biti upor R v vezju na sliki 62, da bo tok enak 1,0 mA? Gonilni napetosti baterij sta $U_1 = 2,0$ V in $U_2 = 3,0$ V, notranja upora pa $R_1 = R_2 = 3,0 \Omega$. S kolikšno močjo se sprošča toplota na uporu R ? (990Ω ; $9,4 \times 10^{-4}$ W)
18. Kolikšen mora biti notranji upor baterije z gonilno napetostjo 1,5 V, na katero priključimo upor $0,10 \Omega$, da se na njem sprošča toplota z močjo 10 W? Kolikšen je tedaj padec napetosti na uporu?
19. V vezju z eno samo zanko, v kateri je upor R , teče tok 5,0 A. Tok pade na 4,0 A, ko uporu R zaporedno zvezemo upor 2Ω . Kolikšen je upor R ? (8Ω)



Slika 58:

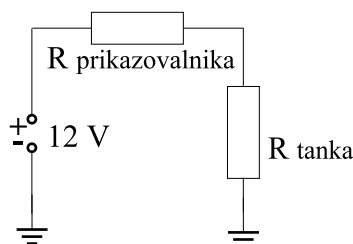


Slika 59:

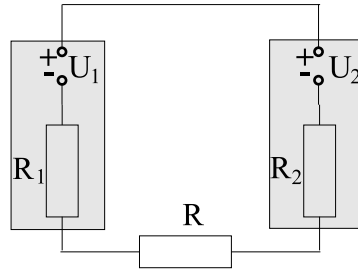


Slika 60:

20. Električno energijo prenašamo po kablu z uporom R . Kolikšno je razmerje moči, s katero se električna energija porablja na kablu, če imamo gonilni napetosti 110 kV in 220 V?
21. Zaganjalnik avtomobilskega motorja se vrtili prepočasi. Ugotoviti moramo, kaj ne deluje pravilno: motor, baterija ali kabel, ki povezuje motor in baterijo. V navodilih proizvajalca preberemo, da mora imeti napajalna baterija gonilno napetost 12 V in notranji upor največ 0,020 Ω . Upor motorja ne sme biti večji od 0,200 Ω . Upor kabla mora biti manjši od 0,040 Ω . Ko priključimo motor, izmerimo napetost med poloma baterije 11,4 V. Padec napetosti po kablu je 3,0 V. V krogu teče tok 50 A. Kateri od delov je okvarjen? (kabel)
22. Bateriji imata enako gonilno napetost in različna notranja upora R_1 in R_2 ($R_1 > R_2$). Bateriji sta zaporedno vezani z uporom R . Kolikšen mora biti R , da bo padec napetosti med poloma ene od baterij enak nič? Pri kateri bateriji je padec napetosti enak nič?
23. Napetost med poloma sončne celice je 0,10 V, če je med poloma vezan upor 500 Ω . Če upor zamenjamo z uporom 1000 Ω , napetost naraste na 0,15 V. Kolikšna sta notranji upor in gonilna napetost sončne celice? Površina celice je 5,0 cm². Površinska gostota svetlobnega toka je 2,0 mW/cm². Kolikšna je učinkovitost sončne celice pri pretvarjanju sončne energije v električno, če je na sončno celico priključen upor 1000 Ω ? (1000 Ω ; 300 mV; $2,3 \times 10^{-3}$)
24. Notranji upor baterije z gonilno napetostjo U je enak r . Kolikšen mora biti upor R , ki ga priključimo na baterijo, da bo moč, ki jo bo upor prejemal od baterije, največja? Kolikšna je ta moč?
25. Prevodni žici premera 2,60 mm in dolžine 40 m vezemo zaporedno. Upor ene žice je 0,127 Ω , upor druge pa je 0,729 Ω . Kolikšna sta specifična upora žic? V tabeli, na koncu zbirke, poišči ustrezni kovini! Kolikšni so gostota toka in padec napetosti v vsaki žici, če na konca sestavljenih žic priključimo napetost 60 V? ($1,32 \times 10^7$ A/m² v vsaki; 8,90 V v bakru; 51,1 V v železu)
26. Baterija z gonilno napetostjo 2,00 V in notranjim uporom 0,500 Ω poganja električni motor. Motor dviga utež 2,0 N s konstantno hitrostjo 0,50 m/s. Kolikšna sta tok v vezju in pritisnjena napetost (napetost na polih baterije)? Ali je možnih več rešitev?
27. Temperaturno neobčutljiv upor naredimo tako, da na upor iz silicija zaporedno zvežemo upor iz železa. Kolikšna morata biti upora železovega in silicijevega upora, če naj bo sestavljeni upor enak 1000 Ω pri temperaturi 293 K? (silicij 85,0 Ω ; železo 915 Ω)

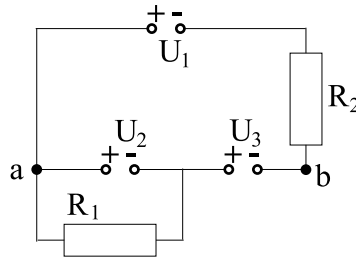


Slika 61:



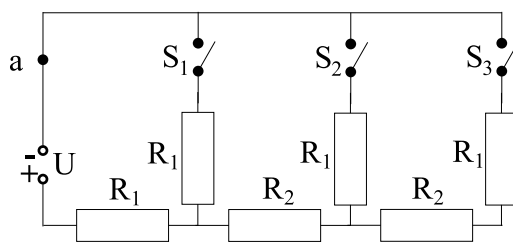
Slika 62:

28. Štirje upori po $18\ \Omega$ so vzporedno priključeni na baterijo z gonilno napetostjo $25\ \text{V}$ in notranjim uporom $2\ \Omega$. Kolikšen tok teče skozi baterijo?
29. Iz upora $12\ \Omega$ hočemo narediti upor $3\ \Omega$. Na kakšen način moramo vezati dodatni upor in kolikšna mora biti njegova velikost? ($4\ \Omega$ vzporedno)
30. Dva upora lahko v vezje vključimo posamič, vezana zaporedno ali vezana vzporedno. Upori, ki jih tako ustvarimo, so $3, 4, 12$ in $16\ \Omega$. Kolikšen je upor vsakega od obeh uporov?
31. Poišči tok v vsakem uporu na sliki 63 in razliko napetosti med točkama a in b ! Velja naj $U_1 = 6,0\ \text{V}$, $U_2 = 5,0\ \text{V}$, $R_1 = 100\ \Omega$ in $R_2 = 50\ \Omega$. ($I_1 = 50\ \text{mA}$; $I_2 = 60\ \text{mA}$; $U_{ab} = 9,0\ \text{V}$)



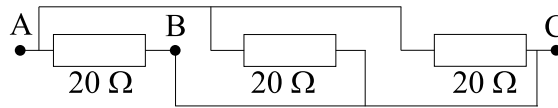
Slika 63:

32. Na sliki 64 so tri stikala S_1, S_2 in S_3 . Poišči velikost toka v točki a za vse možne nastavitve stikal! Velja naj $U = 120\ \text{V}$, $R_1 = 20,0\ \Omega$ in $R_2 = 10,0\ \Omega$.

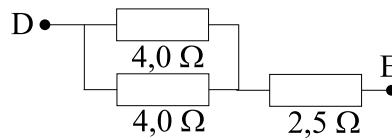


Slika 64:

33. Poišči nadomestne upore med točkama A in B , točkama A in C ter točkama B in C za vezje na sliki 65! ($6,67\ \Omega$; $6,67\ \Omega$; 0)
34. Poišči nadomestni upor med točkama D in E za vezje na sliki 66!
35. Dve žarnici z uporoma R_1 in R_2 ($R_1 > R_2$) priključimo na baterijo enkrat vzporedno in drugič zaporedno. Katera žarnica sveti v posameznem primeru močneje? (R_2 ; R_1)
36. Devet bakrenih žic z dolžino l in premerom d je vzporedno povezanih v kabel z uporom R . Kolikšen mora biti premer bakrene žice enake dolžine, da bo njen upor enak uporu kabla? ($3d$)
37. Koliko vzporedno vezanih žarnic po $100\ \text{W}$ lahko sveti hkrati, če je napajanje $220\ \text{V}$ zavarovano z varovalko za $15\ \text{A}$?

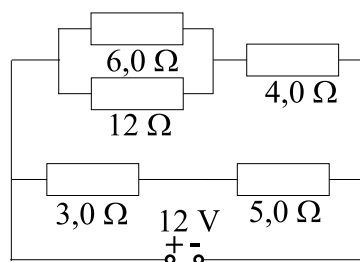


Slika 65:

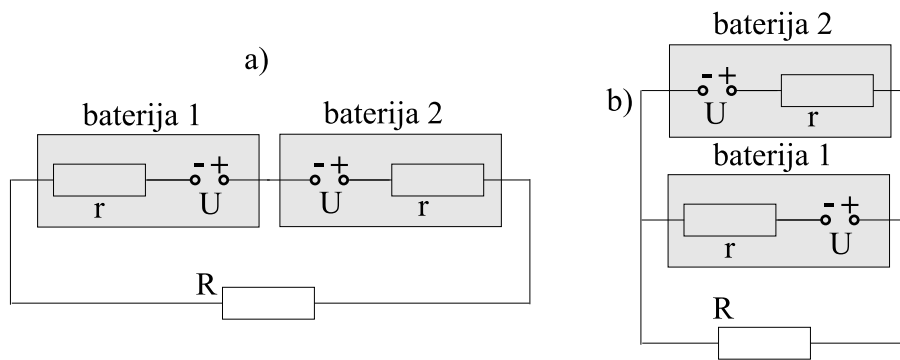


Slika 66:

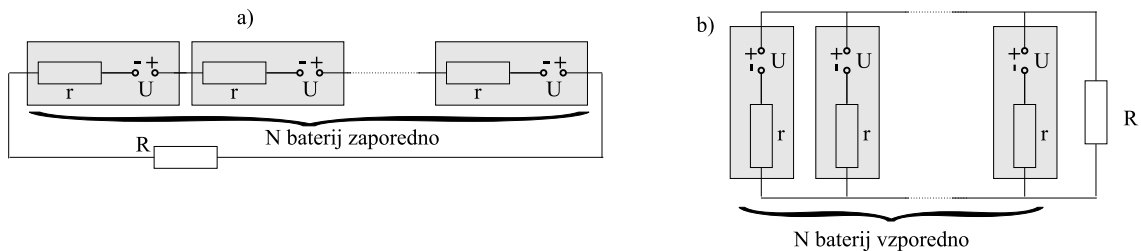
38. Upori so povezani tako, kot kaže slika 67. Kolikšen je padec napetosti na upor za 5Ω ? (7,5 V)
39. Upora R_1 in R_2 lahko vzporedno ali zaporedno priključimo na baterijo z gonilno napetostjo U . Upor R_1 je 100Ω . Kolikšen mora biti R_2 , da bo moč, ki se troši pri vzporedni vezavi, petkrat večja od moči pri zaporedni vezavi?
40. Upori po 10Ω prenesejo moč 1 W . Kako moramo vezati take upore v nadomestni upor z vrednostjo 10Ω , da jih bo v vezju najmanj in da bo vezje preneslo moč $5,0 \text{ W}$? (devet)
41. Dve bateriji z gonilno napetostjo U in notranjim uporom r lahko povežemo vzporedno ali pa zaporedno, tako kot vidimo na sliki 68. Na bateriji priključimo upor R . Kolikšen tok teče skozi upor pri vzporedni in kolikšen pri zaporedni vezavi baterij? Pri kateri vezavi je tok večji, če je $r < R$? Kaj pa če je $r > R$? Kolikšen mora biti upor R na sliki 68 a, da se na uporu R troši največja moč? Kolikšna je tedaj ta moč? ($\frac{2U}{2r+R}$, zaporedno; $\frac{2U}{r+2R}$, vzporedno)
42. N baterij z gonilno napetostjo U in notranjim uporom r lahko povežemo vzporedno ali zaporedno, tako kot kaže slika 69. Na baterije priključimo upor R . Dokaži, da je tok skozi upor v obeh primerih enak, če je $R = r$!
43. Izračunaj tokove v baterijah na sliki 70! $R_1 = 1,0 \Omega$, $R_2 = 2,0 \Omega$, $U_1 = 2,0 \text{ V}$ in $U_2 = U_3 = 4,0 \text{ V}$. (leva veja $0,67 \text{ A}$ dol; srednja veja $0,33 \text{ A}$ gor; desna veja $0,33 \text{ A}$ gor)
44. Žarnica za 220 V ima dve nitki in stikalo, s katerim lahko izberemo moč, s katero sveti. Žarnica lahko sveti z močjo 100 , 200 in 300 W . Nato ena od nitk pregori. Žarnica zdaj sveti v najnižjem položaju stikala (100 W) in najvišjem položaju (300 W). Kadar je stikalo v srednji legi (200 W), žarnica ne sveti. Nariši vezje žarnice (povezavo med nitkami in stikalom) in izračunaj upor nitk!
45. Kolikšen je nadomestni upor mreže uporov na sliki 71? Kolikšen tok teče v vsakem uporu? Upoštevaj, da je $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = R_3 = 50 \Omega$, $R_4 = 75 \Omega$ in $U = 6,0 \text{ V}$. (120Ω ; $I_1 = 50 \text{ mA}$; $I_2 = I_3 = 20 \text{ mA}$; $I_4 = 10 \text{ mA}$)
46. S kolikšnimi močmi se troši električna energija na uporih R_1 , R_2 in R_3 na sliki 72? S kolikšno močjo dela prva in s kolikšno druga baterija? $U_1 = 3,00 \text{ V}$, $U_2 = 1,00 \text{ V}$, $R_1 = 5,00 \Omega$, $R_2 = 2,00 \Omega$ in $R_3 = 4,00 \Omega$.
47. Kolikšen mora biti upor R na sliki 73, da bo moč baterije enaka 60 W ? Kolikšen mora biti R , da bo moč baterije največja? Kolikšen mora biti R , da bo moč baterije najmanjša? Kolikšni sta največja in najmanjša moč? ($19,5 \Omega$; 0 ; ∞ ; $82,3 \text{ W}$; $57,6 \text{ W}$)
48. V vezju na sliki 74 lahko spreminjamo upor R , napetost U pa je konstantna. Poišči tak R , da ga bo električni tok najbolj grel!



Slika 67:

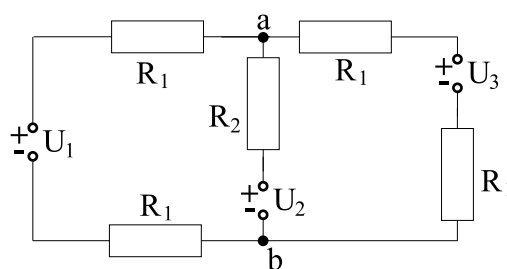


Slika 68:

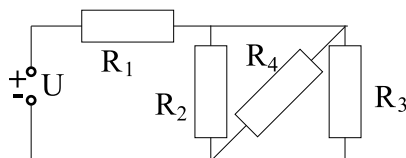


Slika 69:

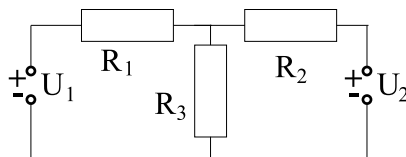
49. Poišči nadomestna upora med točkama F in H ter F in G za vezje na sliki 75! ($2,50 \Omega$; $3,13 \Omega$)
50. Bakrena žica polmera $0,250 \text{ mm}$ je obdana z aluminijastim plaščem z zunanjim polmerom $0,380 \text{ mm}$. V tako sestavljeni žici teče tok $2,00 \text{ A}$. Kolikšen tok teče samo v aluminiju in kolikšen samo v bakru? Kolikšna je dolžina žice, če smo tok ustvarili z napetostjo $12,0 \text{ V}$?
51. Baterija na sliki 76 je priključena na drsni upor R_0 . Drsnik upora se lahko premika od $x = 0 \text{ cm}$ do $x = 10 \text{ cm}$. Zapiši izraz za moč na uporu R kot funkcijo lege drsnika x ! ($\frac{U^2/R}{(1+(1-x/x_0)R/R_0+(x_0/x-1))^2}$, $x_0 = 10 \text{ cm}$)
52. Preprost ohmmeter naredimo tako, da povežemo baterijo za $1,50 \text{ V}$ zaporedno z uporom R in ampermetrom z območjem od 0 do 100 mA . Upor R je izbran tako, da je odklon ampermetra največji takrat, ko priključke ohmmetra kratko sklenemo. Kolikšni so merjeni upori takrat, ko so odkloni kazalca ampermetra enaki 10% , 50% in 90% največjega odklona? Neznani upor zvežemo v sklenjeno zanko zaporedno z baterijo, uporom R in ampermetrom. Kolikšen mora biti upor R , če je notranji upor ampermetra enak 20Ω in je upor žic zanemarljiv? ($13,5 \text{ k}\Omega$; 1500Ω ; 167Ω ; 1480Ω)
53. Za natančno uravnavanje toka v vezju lahko uporabimo vzporedno vezana spremenljiva upora, tako kot kaže slika 77. Največji upor R_1 upornika A naj bo 20 -krat večji od največjega upora R_2 upornika B . Na kakšen način uravnamo v vezju želeni tok? Zakaj je izvedba z dvema vzporednima spremenljivima uporoma boljša od izvedbe z enim samim?
54. Koliko kaže ampermeter na sliki 78, če je $U = 5,0 \text{ V}$, $R_1 = 2,0 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$ in $R_3 = 6,0 \Omega$? Koliko pa kaže ampermeter, če ampermeter in baterijo zamenjamo? ($0,45 \text{ A}$)
55. Izrazi tok, ki ga kaže ampermeter na sliki 79, z U in R !



Slika 70:

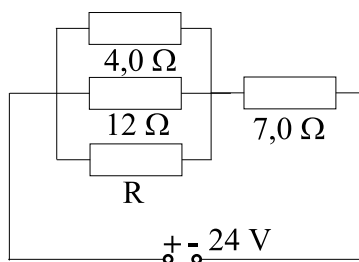


Slika 71:

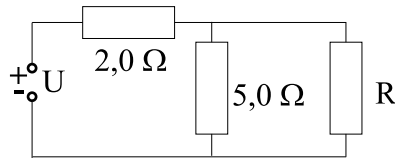


Slika 72:

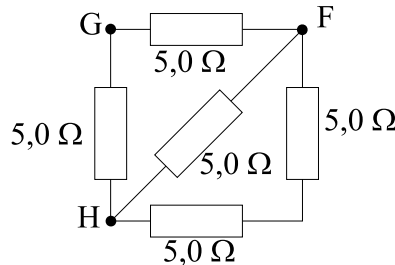
56. Ko prižgemo luči v avtomobilu, pokaže žarnici zaporedno vezan ampermetr tok 10 A. Voltmeter, vezan tako kot kaže slika 80, pokaže napetost 12 V. Potem ko priključimo zaganjač motorja, tok pade na 8 A in luči šibkeje svetijo. Notranji upor baterije je $0,050 \Omega$, upor ampermetra pa je zanemarljiv. Kolikšna sta gonilna napetost baterije in tok skozi zaganjač motorja? (12,5 V; 50 A)
57. Elementi na sliki 81 so: $U = 3,0 \text{ V}$, $r = 100 \Omega$, $R_1 = 250 \Omega$ in $R_2 = 300 \Omega$. Kolikšno relativno napako naredimo, ko z voltmetrom izmerimo padec napetosti na upor R_1 , če je notranji upor voltmetra $5,0 \text{ k}\Omega$? Pri računu zanemari ampermetr! (3 %)
58. Elementi na sliki 81 so: $U = 5,0 \text{ V}$, $r = 2,0 \Omega$, $R_1 = 5,0 \Omega$ in $R_2 = 4,0 \Omega$. Kolikšno relativno napako naredimo, ko z ampermetrom izmerimo tok, če je notranji upor ampermetra $0,10 \Omega$? Pri računu zanemari voltmetr! (0,9 %)
59. Voltmeter z notranjim uporom R_V in ampermetr z notranjim uporom R_A sta povezana z uporom, tako kot kaže slika 82 a. Izrazi upor R z izmerkoma voltmetra U in ampermetra I in njunima notranjima uporoma! Ponovi vajo za vezje na sliki 82 b! Izračunaj izmerke ampermetra in voltmetra za oba primera, če je notranji upor ampermetra 3Ω , notranji upor voltmetra 300Ω , gonilna napetost baterije $U = 12,0 \text{ V}$, notranji upor baterije $R_0 = 100 \Omega$ in $R = 85,0 \Omega$! Kolikšen je v obeh primerih upor, ki bi ga določili kot $R' = U/I$?
60. Upor R_s na sliki 83 naravnamo tako, da sta točki a in b na enakem potencialu. To preverimo tako, da točki povežemo z občutljivim ampermetrom skozi katerega je tedaj tok enak nič. Dokaži, da je takrat $R_x = R_s(R_2/R_1)$! Tako lahko določimo neznan upor R_x s standardnim uporom R_s . Pripravo imenujemo Wheatstonov most. Dokaži, da je tok med točkama a in b enak $\frac{U(R_s - R_x)}{(R + 2r)(R_s + R_x) + 2R_s R_x}$, če točki povežemo z žico z uporom r . Predpostavimo še, da je $R_1 = R_2 = R$, in zanemarimo notranji upor baterije R_0 !
61. V vezju RC je gonilna napetost $U = 12,0 \text{ V}$, $R = 1,40 \text{ M}\Omega$ in $C = 1,80 \mu\text{F}$. Kolikšna je časovna konstanta τ tega vezja? Koliko naboja se lahko največ nabere na kondenzatorju med polnjenjem? Koliko časa traja, da se na kondenzatorju nabere $16 \mu\text{C}$ naboja, če je kondenzator v začetku prazen? (2,52 s; $21,6 \mu\text{C}$; 3,40 s)
62. Koliko časovnih konstant poteče, preden se naboj kondenzatorja v vezju RC iz nič poveča na 1,0 % končne vrednosti?
63. Kondenzator z začetnim nabojem q_0 izpraznimo skozi upor. S časovno konstanto τ izrazi časa, ki sta potrebna, da se kondenzator izprazni a) na dve tretjini začetnega naboja, b) na eno tretjino začetnega naboja? ($0,41 \tau$; $1,1 \tau$)



Slika 73:

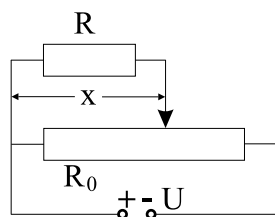


Slika 74:

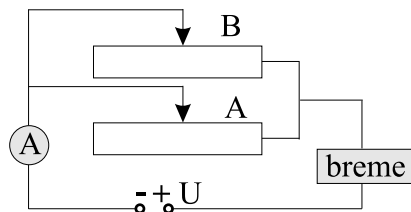


Slika 75:

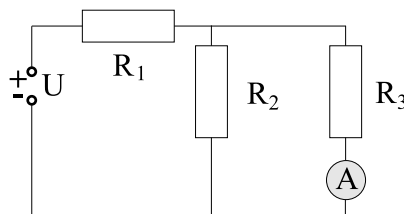
64. Upor $15 \text{ k}\Omega$ in kondenzator sta povezana zaporedno. V nekem trenutku ju priključimo na baterijo z gonilno napetostjo 12 V . Napetost na kondenzatorju se v $1,30 \mu\text{s}$ dvigne na 5 V . Kolikšna je časovna konstanta vezja? Kolikšna je kapaciteta kondenzatorja?
65. V začetku je na kondenzatorju napetost 100 V . Kondenzator izpraznimo skozi upor. Po desetih sekundah je napetost na kondenzatorju enaka 1 V . Kolikšna je časovna konstanta vezja? Kolikšna je napetost na kondenzatorju po 17 s ? ($2,17 \text{ s}$; $39,6 \text{ mV}$)
66. Na sliki 84 je vezje bliskovne luči. Fluorescenčna luč z zanemarljivo kapaciteto je priključena vzporedno s kondenzatorjem vezja RC. Tok skozi žarnico steče samo, kadar napetost na njenih priključkih doseže prebojno napetost U_L . Takrat se kondenzator izprazni skozi žarnico in žarnica pobliska. Kolikšen upor moramo izbrati, če naj žarnica pobliska dvakrat v sekundi in je njena prebojna napetost enaka $72,0 \text{ V}$? Gonilna napetost napajalnika je $95,0 \text{ V}$, kapaciteta kondenzatorja pa je $0,150 \mu\text{F}$.
67. V kondenzatorju $1 \mu\text{F}$, ki ga praznimo skozi upor $1,0 \text{ M}\Omega$, je v začetku shranjenih $0,50 \text{ J}$ energije. Koliko je bilo v začetku naboja na kondenzatorju? Kolikšen tok teče skozi upor v trenutku, ko se kondenzator začne prazniti? Zapiši časovno odvisnost napetosti na kondenzatorju in napetosti na upor! Kako se s časom spreminja moč na upor? (1 mC ; 1 mA ; $U_C = U_0 e^{-t/\tau} = -U_R$, $U_0 = 1 \text{ kV}$, $\tau = 1 \text{ s}$; $P = P_0 e^{-2t/\tau}$, $P_0 = 1 \text{ W}$)
68. Upor $3,00 \text{ M}\Omega$ in kondenzator $1,00 \mu\text{F}$ sta zaporedno vezana na baterijo z gonilno napetostjo $4,00 \text{ V}$. S kolikšno hitrostjo se v času $t = 1,00 \text{ s}$ po priključitvi povečuje naboj na kondenzatorju, energija kondenzatorja, toplotna moč upora in moč, ki jo oddaja baterija?
69. Napetost med ploščama kondenzatorja, ki pušča, v dveh sekundah pade na četrtno začetne. Kapaciteta kondenzatorja je $2,0 \mu\text{F}$. Kolikšen je upor snovi med ploščama kondenzatorja? ($0,72 \text{ M}\Omega$)
70. Dokaži, da se energija kondenzatorja pretoči v notranjo energijo upora, potem ko nabit kondenzator priključimo na upor!
71. Dokaži, da je energija kondenzatorja, ki ga napolnimo skozi upor R z baterijo, ki ima gonilno napetost U , enaka polovici energije, ki jo odda baterija! Dokaži, da se druga polovica energije, ki jo odda baterija, porabi za segrevanje upora!



Slika 76:



Slika 77:

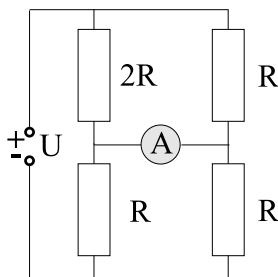


Slika 78:

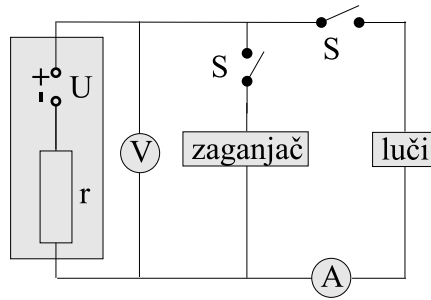
72. Kondenzator $0,220 \mu\text{F}$ je sklenjen v krog s spremenljivim uporom. Napolnimo ga do napetosti $5,0 \text{ V}$, nato se izprazni skozi upor. Čas, ki je potreben, da napetost na kondenzatorju pade pod $0,8 \text{ V}$, merimo z elektronsko uro. Najkrajši čas, ki ga lahko pomerimo, je $10,0 \mu\text{s}$, najdaljši pa je $6,0 \text{ ms}$. Kolikšna sta lahko največji in najmanjši upor spremenljivega upora, da čas za spremembo napetosti še lahko pomerimo?
73. Na sliki 85 so dve bateriji, dva upora, stikalo in kondenzator. V začetku je stikalo S dolgo časa razklenjeno. Stikalo nato sklenemo. Za koliko se spremeni naboj na kondenzatorju po dolgem času? Velja $C = 10 \mu\text{F}$, $U_1 = 1,0 \text{ V}$, $U_2 = 3,0 \text{ V}$, $R_1 = 0,20 \Omega$ in $R_2 = 0,40 \Omega$. (zmanjša se za $13 \mu\text{C}$)
74. Na vezju na sliki 86 je $U = 1,2 \text{ kV}$, $C = 6,5 \mu\text{F}$ in $R_1 = R_2 = R_3 = 0,73 \text{ M}\Omega$. Kondenzator je v začetku prazen, nato pa sklenemo stikalo S . Kolikšni so tokovi skozi upore na začetku in po zelo dolgem času? Kolikšen je padec napetosti na uporu R_2 na začetku in po zelo dolgem času?

8 Magnetno polje

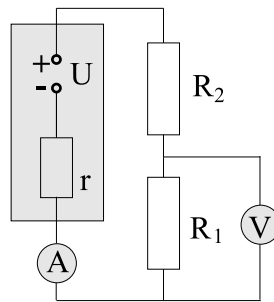
- Homogeno magnetno polje v laboratorijski komori ima velikost $1,2 \text{ mT}$ in kaže navpično navzgor. V komoro vodoravno prileti proton s kinetično energijo $5,3 \text{ MeV}$. Kolikšna magnetna sila odkloni proton? Masa protona je $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. ($6,1 \times 10^{-15} \text{ N}$)
- V magnetno polje velikosti $0,65 \text{ T}$ postavimo $150 \mu\text{m}$ debel bakren trak. V traku teče tok 23 T . Kolikšna napetost se pojavi med robnima ploskvama traku? ($7,4 \mu\text{V}$)
- Elektroni s kinetično energijo $22,5 \text{ eV}$ krožijo v homogenem magnetnem polju velikosti $4,55 \times 10^{-4} \text{ T}$. Magnetno polje kaže v smeri, pravokotno na ravnino, v kateri krožijo elektroni. Kolikšen je polmer krožnice? S kolikšno frekvenco krožijo elektroni? V kolikšnem času elektroni prepotujejo krožnico? ($3,52 \text{ cm}$; $12,7 \text{ MHz}$; $78,6 \text{ ns}$)
- Elektroni s kinetično energijo $22,5 \text{ eV}$ se premikajo v homogenem magnetnem polju velikosti $4,55 \times 10^{-4} \text{ T}$. Kot med smerjo magnetnega polja in smerjo gibanja elektronov je $65,5^\circ$. Kolikšna sta polmer in hod vijačnice, po kateri se gibljejo elektroni? ($3,20 \text{ cm}$; $9,16 \text{ cm}$)



Slika 79:

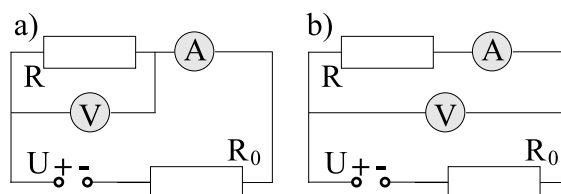


Slika 80:

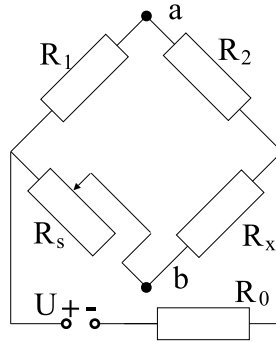


Slika 81:

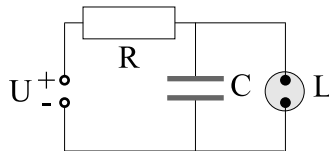
5. V dolgi vodoravni bakreni žici teče tok 28 A. Dolžinska gostota žice je 46,6 g/m. Kolikšni morata biti velikost in smer magnetnega polja, v katerem bi žica lebdela brez podpore? ($1,6 \times 10^{-2}$ T)
6. Kolikšna magnetna sila deluje na žico, postavljeno v homogeno magnetno polje in zvito tako, kot kaže slika 87? ($2IB(L + R)$)
7. Analogni voltmetri in ampermetri prikažejo merjeno količino z odklonom kazalca. Kazalec se odkloni zato, ker je pritrjen na tuljavo, ki je postavljena v magnetno polje. Zaradi toka skozi tuljavo deluje nanjo navor, ki jo zavrti. Vrtenje tuljave zaustavi polžasta vzmet. Ravnovesni odklon je sorazmeren s tokom skozi tuljavo. Magnetno polje ustvarja magnet posebne oblike, tako da je ves čas pravokotno na ovoje tuljave. Primer galvanometra je prikazan na sliki 88. Kolikšna mora biti konstanta polžaste vzmeti, da je odklon kazalca enak 28° , kadar skozi tuljavo teče tok $100 \mu\text{A}$? Tuljava je visoka 2,1 cm in široka 1,2 cm, ima 250 ovojev, velikost magnetnega polja pa je 0,23 T. ($5,2 \times 10^{-8}$ Nm/stopinjo)
8. Kolikšen je magnetni dipolni moment pravokotne tuljave s širino 1,2 cm, globino 2,1 cm in 250 ovoji, če v njej teče tok $100 \mu\text{A}$? Koliko dela bi morali opraviti, da bi tuljavo zavrteli za 180° v magnetnem polju velikosti 0,85 T? Magnetni moment tuljave je v začetku obrnjen v smer magnetnega polja? ($6,3 \times 10^{-6}$ J/T; $11 \mu\text{J}$)
9. Elektron v televizijski katodni cevi se s hitrostjo $7,20 \times 10^6$ m/s premika v magnetnem polju velikosti 83,0 mT. Kolikšna je največja magnetna sila, ki lahko deluje na elektron? Kolikšen je kot med smerjo gibanja elektrona in magnetnim poljem, če je pospešek elektrona $4,90 \times 10^{14}$ m/s²? ($9,56 \times 10^{-14}$ N; $0,267^\circ$)
10. Na proton, ki se premika pod kotom 23° glede na magnetno polje velikosti 2,60 mT, deluje sila $6,50 \times 10^{-17}$ N. Kolikšni sta kinetična energija protona v elektronvoltih in njegova hitrost?
11. Hitrost elektrona v magnetnem polju $\mathbf{B} = (0,030 \text{ T})\mathbf{e}_x - (0,15 \text{ T})\mathbf{e}_y$ je $\mathbf{v} = (2,0 \times 10^6 \text{ m/s})\mathbf{e}_x + (3,0 \times 10^6 \text{ m/s})\mathbf{e}_y$.



Slika 82:



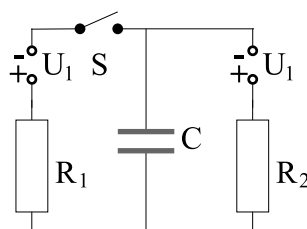
Slika 83:



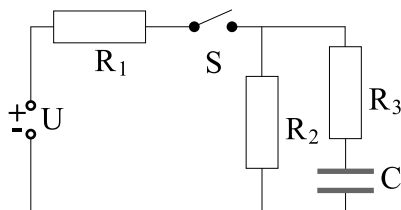
Slika 84:

Kolikšni sta velikost in smer magnetne sile na elektron? Kolikšna je sila, če se namesto elektrona v polju premika proton? ($6,2 \times 10^{-14} \text{ N } \mathbf{e}_z$; $-6,2 \times 10^{-14} \text{ N } \mathbf{e}_z$)

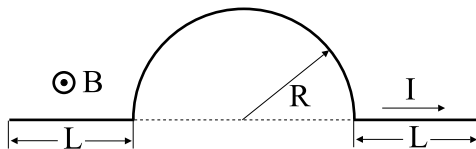
12. Na elektron, katerega hitrost je $\mathbf{v} = (40 \text{ km/s})\mathbf{e}_x + (35 \text{ km/s})\mathbf{e}_y$, deluje v magnetnem polju z $B_x = 0$ sila $\mathbf{F} = -(4,2 \text{ fN})\mathbf{e}_x + (4,8 \text{ fN})\mathbf{e}_y$. Kakšno je magnetno polje?
13. Elektroni v televizijski katodni cevi imajo kinetično energijo 12 keV. Cev je obrnjena tako, da se elektroni premikajo vodoravno z juga proti severu. Navpična komponenta zemeljskega magnetnega polja kaže navzdol z velikostjo $55,0 \mu\text{T}$. V katero smer se odklonijo elektroni? Kolikšen je pospešek posameznega elektrona zaradi magnetnega polja? Za koliko se žarek elektronov odkloni, ko v cevi prepotuje razdaljo 20,0 cm? (vzhodno; $6,28 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$; 2,98 mm)
14. V prostoru je homogeno električno in magnetno polje. Elektron ima v začetku hitrost $(12 \text{ km/s})\mathbf{e}_y + (15 \text{ km/s})\mathbf{e}_z$ in konstantni pospešek $(2,0 \times 10^{12} \text{ m/s}^2)\mathbf{e}_x$. Kolikšno je električno polje, če je $\mathbf{B} = (400 \mu\text{T}) \mathbf{e}_x$? ($\mathbf{E} = (11,4\mathbf{e}_x + 6\mathbf{e}_y + 4,8\mathbf{e}_z) \text{ V/m}$)
15. Elektron s kinetično energijo 2,5 keV vodoravno prileti v prostor, kjer je električno polje velikosti 10 kV/m v smeri navpično navzdol. Kakšno je najmanjše možno magnetno polje, pri katerem elektron nadaljuje potovanje v ravni črti? Zanemari težo! Ali bi se proton odklonil pri potovanju skozi tako polje?
16. Sili električnega polja 1,50 kV/m in magnetnega polja 0,40 T na gibajoč elektron se izničita. Kolikšna je lahko najmanjša hitrost elektrona? Nariši vektorje \mathbf{B} , \mathbf{E} , \mathbf{v} za ta primer! (3,75 km/s)
17. Elektron pospešimo z napetostjo 1,0 kV med vzporedni plošči, ki sta 20 mm narazen in je med njima napetost 100 V. Elektron se v trenutku, ko pride med plošči, giblje v smeri pravokotno na električno polje. Kolikšno magnetno polje pravokotno na električno polje in smer gibanja je potrebno, da se elektron še naprej giblje v ravni črti?
18. V ionskem viru nastajajo litijeve ioni z maso $6u$ in nabojem $+e_0$. Ione pospeši napetost 10 kV vodoravno v področje, kjer je navpično magnetno polje 1,2 T. Kolikšno mora biti električno polje v tem področju, da se ioni ne odklonijo? (680 kV/m)



Slika 85:

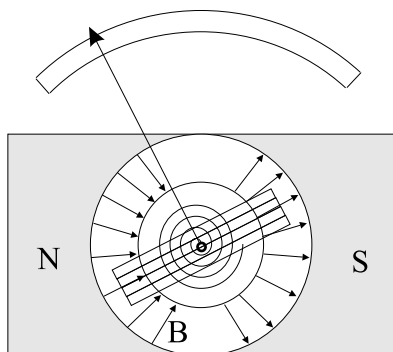


Slika 86:

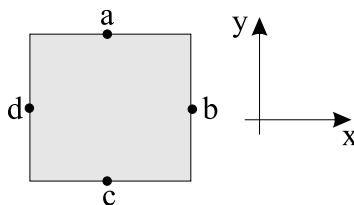


Slika 87:

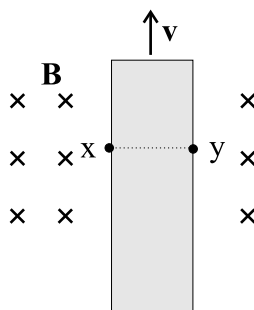
19. Na sliki 89 je presek vodnika, v katerem teče tok pravokotno v list. Na katerem paru priključkov (a, b, c, d) lahko pomerimo Hallovo napetost, če so nosilci naboja negativni in je magnetno polje v smeri osi $+x$? Kateri priključek ima višji potencial? Ponovi vajo za pozitivne nosilce naboja in magnetno polje v smeri osi $-y$! Kaj se zgodi, če je magnetno polje v smeri osi $+z$?
20. Izrazi številsko gostoto naboja v prevodniku, če je j gostota toka, E Hallovo električno polje, B magnetno polje in e naboj nosilcev naboja! (jB/eE)
21. V 4,0 cm dolgem, 1,0 cm širokem in $10 \mu\text{m}$ debelem prevodnem traku teče tok 3,0 A. Napetost po širini traku je $10 \mu\text{V}$, ko kaže magnetno polje 1,5 T pravokotno na trak. Kolikšni sta potovalna hitrost nosilcev naboja in njihova številka gostota?
22. Dokaži, da je pri Hallovem poskusu $E/E_c = B/ne\zeta$, kjer je E Hallovo polje, E_c polje, ki poganja tok, B magnetno polje, n številka gostota nabojev, e naboj nosilcev naboja in ζ specifični upor prevodnika!
23. Kovinski trak z dolžino 6,5 cm, širino 0,85 cm in debelino 0,76 mm se premika s hitrostjo \mathbf{v} skozi magnetno polje 1,2 mT, ki kaže pravokotno na trak, tako kot vidimo na sliki 90. Med točkama x in y izmerimo potencialno razliko $3,9 \mu\text{V}$. Kolikšna je hitrost \mathbf{v} ?
24. Pri fizikalnih eksperimentih se magnetno polje pogosto uporablja za ukrivljanje poti nabitih delcev. Kolikšna mora biti velikost homogenega magnetnega polja pravokotno na curek elektronov s hitrostjo $1,3 \times 10^6$ m/s, da bodo elektroni potovali po loku z radijem 0,35 m? ($21 \mu\text{T}$)
25. Kolikšen je polmer krožnice curka elektronov v magnetnem polju velikosti 0,5 T, če je hitrost elektronov 0,10 c ? Kolikšna je v tem primeru kinetična energija elektronov v elektronvoltih? Zanemari relativistične pojave.
26. Kolikšna bi morala biti velikost homogenega magnetnega polja, da bi bil polmer krožnice protonov s hitrostjo $1,0 \times 10^7$ m/s enak zemljiniemu polmeru? ($1,6 \times 10^{-8}$ T)



Slika 88:

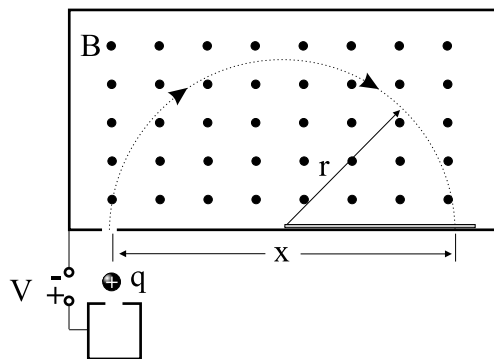


Slika 89:



Slika 90:

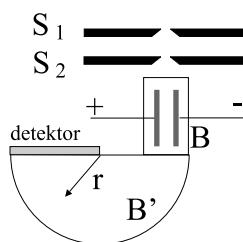
27. Elektron kroži s kinetično energijo 1,2 keV po krožnici pravokotno na homogeno magnetno polje. Polmer krožnice je 25 cm. Kolikšni so hitrost elektronov, velikost magnetnega polja, frekvenca kroženja in obhodni čas elektronov?
28. Elektron iz mirovanja pospeši napetost 350 V. Elektron nato pride v območje, kjer je homogeno magnetno polje velikosti 200 mT pravokotno na smer gibanja elektrona. Kolikšna sta hitrost elektrona in polmer tirnice v magnetnem polju? ($1,11 \times 10^7$ m/s; 0,316 mm)
29. Fizik S. A. Goudsmit je zasnoval metodo za natančno merjenje mase težkih ionov z merjenjem obhodnega časa ionov v znanem homogenem magnetnem polju. Izračunaj maso enkrat ioniziranega jodovega iona in jo izrazi v atomskih masnih enotah, če veš, da posamezni ion v 1,29 ms sedemkrat zakroži v polju 45 mT!
30. Delec alfa ($q = +2e_0, m = 4,00 u$) kroži v magnetnem polju 1,20 T po krožnici polmera 4,50 cm. Kolikšni so njegova hitrost, napetost, s katero ga iz mirovanja pospešimo do te hitrosti, obhodni čas in kinetična energija v elektronvoltih?
31. Kolikšna je frekvenca kroženja elektrona z energijo 100 eV v magnetnem polju $35 \mu\text{T}$? Kolikšen je polmer krožnice, če je hitrost elektrona pravokotna na magnetno polje?
32. Curek elektronov izstopa iz luknjice s kinetično energijo W . Na razdalji d od luknjice je pravokotno na smer curka velika kovinska folija. Kolikšno je najmanjše magnetno polje, ki curek elektronov odkloni tako, da elektroni ne pridejo do folije? Kakšna mora biti smer takega polja? ($B \geq \sqrt{\frac{2mW}{e^2 d^2}}$)
33. Kolikšni energiji morata imeti delec alfa in devteron, da krožita v homogenem polju po isti krožnici kot proton s kinetično energijo 1 MeV?
34. Proton, devteron in delec alfa pospeši ista napetost. Primerjaj njihove kinetične energije in hitrosti! Kolikšna sta polmera tirnic devterona in delca alfa v homogenem polju pravokotno na tirnico, če je polmer tirnice protona 10 cm? ($W_p = W_d = W_\alpha/2; R_d = R_\alpha = 14$ cm)
35. Na sliki 91 je shema masnega spektrometra. Masni spektrometer uporabljamo za določanje mas ionov, ki nastanejo v ionskem viru S . Masa ionov je m , njihov naboj pa q . Ioni nastajajo pri preskoku iskre v plinu. Ione nato pospeši napetost V . Curek ionov nato vstopi v komoro, kjer je homogeno magnetno polje pravokotno na curek. Ioni potujejo v polju po polkrožni tirnici, dokler ne zadenejo fotografske plošče (ali kakega drugega detektorja) na razdalji x od vstopne odprtine. Dokaži, da je masa iona podana z $m = B^2 q x^2 / 8V$!
36. V masnem spektrometru analiziramo atome z enakim nabojem q in podobno maso (m in $m + \Delta m$). Izrazi Δm z V, B, q in razmikom Δx med mestoma, kamor vpadata curka obeh vrst atomov! Kolikšen je Δx za curek enkrat ioniziranih izotopov klora z atomskima masama 35 in 37, če je $V = 7,3$ kV in $B = 0,50$ T?
37. V komercialnem masnem spektrometru ločujejo ione uranovega izotopa z maso $3,92 \times 10^{-25}$ kg in nabojem $3,20 \times 10^{-19}$ C od podobnih ionov. Ione pospešijo z napetostjo 100 kV. Ioni v magnetnem polju zakrožijo po loku polmera 1,0



Slika 91:

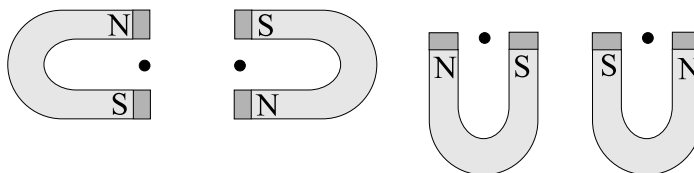
m. Ko zakrožijo za 180° , se nabirajo v posodi. Pred posodo je reža višine 1 cm in širine 1 mm. Kolikšna mora biti velikost magnetnega polja v komori? Koliko toplote se sprosti v zbiralni posodi in kolikšen je električni tok curka ionov, če se v posodi nabere 100 mg urana v eni uri? (495 mT; 22,7 mA; 8,17 MJ)

38. Na sliki 92 je Bainbridgejev spektrometer, ki ga uporabljamo za ločevanje ionov z enako hitrostjo. Potem ko ioni vstopijo skozi reži S_1 in S_2 , gredo med ploščama ploščnega kondenzatorja, kjer sta pravokotno na curek in drug na drugega električno (E) in magnetno polje (B). Tu se v ravni črti premikajo samo ioni z določenim nabojem in določeno hitrostjo. Ti ioni nato pridejo v področje, kjer jim drugo magnetno polje B' ukrivi tirnico v krog. Z detektorjem zaznamo njihov polmer r . Dokaži, da velja $q/m = E/rBB'$.

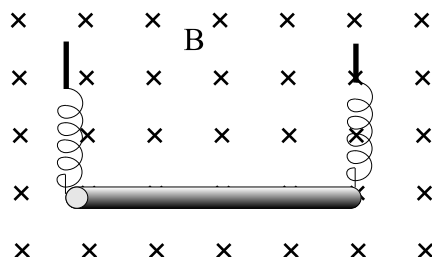


Slika 92:

39. Nevtralni delec miruje v magnetnem polju B . Ob času $t = 0$ delec razpade na dva nabita delca z maso m . Kolikšen je naboj enega od produktov, če je naboj drugega $+q$? Produkta odletita po različnih poteh, ki ležita v ravnini, pravokotni na magnetno polje. Produkta kasneje trčita. Izrazi čas od razpada do trka z m , B in q !
40. Proton kroži v ciklotronu po krogu z radijem 0,50 m v magnetnem polju 1,2 T. Kolikšna je ciklotronska frekvenca? Kolikšna je kinetična energija protonov, izražena v elektronvoltih?
41. Kolikšen polmer mora imeti ciklotron, ki pospešuje protone do desetine svetlobne hitrosti, če je magnetno polje veliko 1,4 T? Kolikšna mora biti ciklotronska frekvenca? Zanimari relativistične pojave. (22 cm; 21 MHz)
42. Devteron kroži v ciklotronu po krožnici polmera 50 cm v magnetnem polju 1,5 T. Po trku s tarčo razpade na proton in nevtron, pri čemer ne izgubi skoraj nič kinetične energije. Kako se po razpadu gibljeta nevtron in proton, če pri njem vsak odnese polovico energije? (nevtron - tangencialno na vpadnico; proton - po krožnici polmera 25 cm)
43. Na sliki 93 so štiri različne orientacije magneta in žice, v kateri tečejo elektroni pravokotno iz lista. Pri kateri orientaciji kaže magnetna sila navpično navzgor? (zadnji)
44. V vodoravnem vodniku električnega daljnovoda teče tok 5000 A od juga proti severu. Zemeljsko magnetno polje velikosti $60 \mu\text{T}$ kaže proti severu in 70° od vodoravnice proti tlem. Poišči velikost in smer magnetne sile na 100 m dolg odsek vodnika!
45. V 1,8 m dolgi žici teče tok 13 A. Homogeno magnetno polje 1,5 T je pod kotom 35° od smeri električnega toka. Kolikšna magnetna sila deluje na vodnik? (20,1 N)
46. Žica z maso 13 g in dolžino 62 cm visi na dveh vzmeteh v homogenem magnetnem polju 0,44 T, kot kaže slika 94. Kolikšen mora biti tok v vodniku in kakšna mora biti njegova smer, da vzmeti nista napeti?

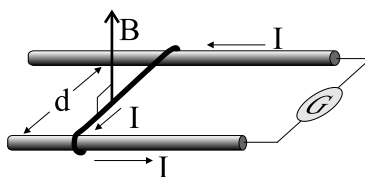


Slika 93:



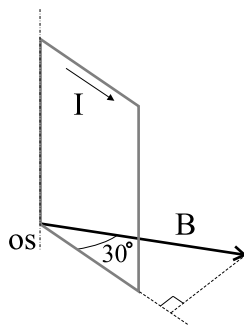
Slika 94:

47. V 50 cm dolgem vodniku teče tok 0,5 A v smeri osi x . Vodnik je postavljen v magnetno polje $\mathbf{B} = (0,003 \text{ T})\mathbf{e}_y + (0,01) \mathbf{e}_z$. Poišči magnetno silo na vodnik! $(-2,5 \times 10^{-3} \text{ N})\mathbf{e}_y + (0,75 \times 10^{-3} \text{ N})\mathbf{e}_z$
48. Kovinska prečka z maso m drsi brez trenja po dveh vodoravnih vzporednih kovinskih tračnicah, ki sta za d narazen, kot kaže slika 95. Vodniki so postavljeni v homogeno magnetno polje, ki kaže navpično navzgor. Tračnici sta priključeni na generator toka, ki v njih in prek prečke poganja stalen tok I . Zapiši hitrost ob času t , če prečka v začetku miruje!



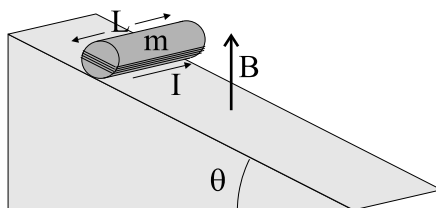
Slika 95:

49. Dolga toga žica leži na osi x . Tok v žici teče v smeri $+x$. Magnetno polje v prostoru opišemo z $\mathbf{B} = (3 \text{ T})\mathbf{e}_x + (8,0 x^2 \text{ T/m}^2)\mathbf{e}_y$. Kolikšna sila deluje na odsek žice med $x = 1 \text{ m}$ in $x = 3 \text{ m}$?
50. Kolikšen tok bi moral teči v tračnicah in skozi os koles vlaka na pogon z magnetno silo, da bi bila sila 10 kN? Silo povzroči navpična komponenta zemeljskega magnetnega polja, ki je velika $10 \mu\text{T}$. Dolžina osi naj bo 3 m. Koliko moči bi izgubili za vsak ohm upora v tračnicah? ($3,3 \times 10^8 \text{ A}$; $1,0 \times 10^{17} \text{ W}$)
51. Bakrena palica z maso 1 kg leži na dveh vzporednih vodoravnih tračnicah. V njej teče tok 50 A. Koeficient lepenja med palico in tračnicami je 0,2. Kolikšno je najmanjše magnetno polje, ki premakne palico, in v katero smer kaže?
52. Tokovna zanka ima obliko pravokotnega trikotnika s stranicami 50, 120 in 130 cm. V zanki teče tok 4 A. Magnetno polje je homogeno, vzporedno najdaljši stranici, in veliko 75 mT. Izračunaj magnetno silo na vsako stranico! Kolikšna je vsota vseh sil? (0; 1,38 mN; 1,38 mN; 0)
53. Na sliki 96 je pravokotna zanka z 20 ovoji in s stranicami, dolgimi po 10 n 5 cm. V zanki teče tok 0,1 A. Zanka je prostovrtljivo vpeta na daljši navpični stranici. Magnetno polje je vodoravno. Kot med vodoravno stranico zanke in magnetnim poljem je 30° . Kolikšen navor deluje na zanko okoli vpete stranice?
54. Žico dolžine L sklenemo v krožno zanko. Po njej spustimo tok I in jo postavimo v magnetno polje. Dokaži, da dosežemo največji navor, če iz žice navijemo zanko z enim samim ovojem! Kolikšen je takrat navor? ($L^2IB/4\pi$)
55. Upor galvanometra je $75,3 \Omega$. Kazalec je do konca odklonjen pri toku 1,62 mA. S kolikšnim uporom bi lahko ta galvanometer spremenili v voltmeter z največjim odklonom pri napetosti 1 V? Kako je treba vezati ta upor? S kolikšnim uporom bi galvanometer spremenili v ampermeter z največjim odklonom pri toku 50 mA? Kako bi morali vezati ta upor?



Slika 96:

56. Na sliki 97 vidimo neprevoden valj, na katerem je navitih 100 ovojev žice. Valj ima maso 0,25 kg in je dolg 0,10 m. Najmanj kolikšen mora biti tok skozi ovoje, da se valj ne skotali po klancu? Navpično magnetno polje je veliko 0,50 T. Ravnina navojev je vzporedna s klancem. (2,45 A)

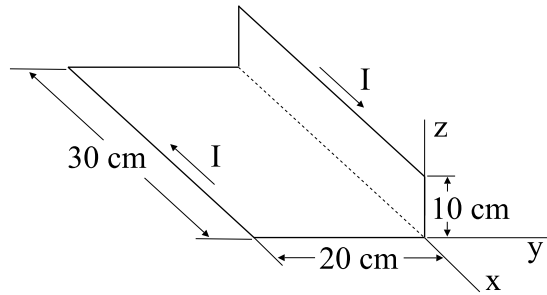


Slika 97:

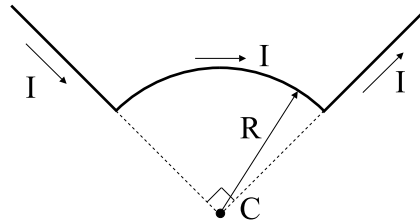
57. V krožno zanko s polmerom 1,9 cm je navitih 160 ovojev žice. Kolikšen mora biti tok v žici, da je magnetni dipolni moment zanke $2,3 \text{ Am}^2$? Kolikšen je lahko največji navor na tako zanko v magnetnem polju 35 mT?
58. Zemljin magnetni dipolni moment je $8,00 \times 10^{22} \text{ J/T}$. Predpostavi, da moment povzročajo naboji, ki se pretakajo po zunanjem robu tekoče sredice. Kolikšen je električni tok, če je polmer krožnice po kateri se premikajo naboji 3500 km? (2,08 GA)
59. V krožni prevodni zanki s polmerom 15 cm teče tok 2,6 A. Zanka je postavljena tako, da normala na njeno ravnino oklepa kot 41° s homogenim magnetnim poljem velikosti 12 T. Kolikšna sta magnetni dipolni moment zanke in navor, ki deluje na zanko?
60. Zanka, v kateri teče tok 5 A, ima obliko pravokotnega trikotnika s stranicami, dolgimi 30, 40 in 50 cm. Zanka je v homogenem magnetnem polju 80 mT, ki je vzporedno z najdaljšo stranico. Kolikšna sta magnetni dipolni moment zanke in navor, ki deluje nanjo? (0,30 J/T; 0,024 Nm)
61. V koncentričnih krožnih zankah (večja ima polmer 30 cm, manjša pa 20 cm) tečeta tokova 7 A v smeri urnega kazalca. Kolikšen je magnetni dipolni moment obeh zank skupaj? Kolikšni je magnetni dipolni moment, če tok v manjši zanki teče v drugo smer?
62. V krožni zanki s polmerom 8 cm teče tok 0,2 A. Normala na zanko je vzporedna z enotskim vektorjem $(0,6\mathbf{e}_x - 0,8\mathbf{e}_y)$. Zanka stoji v magnetnem polju $\mathbf{B} = (0,25 \text{ T})\mathbf{e}_x + (0,30 \text{ T})\mathbf{e}_z$. Kolikšna sta navor na zanko in njena magnetna potencialna energija? ($(8,0 \times 10^{-4} \text{ Nm})(-1,2\mathbf{e}_x - 0,90\mathbf{e}_y + 1,0\mathbf{e}_z)$; $-6,0 \times 10^{-4} \text{ J}$)
63. Kolikšen je magnetni dipolni moment zanke na sliki 98? V zanki teče tok 5 A. (Namig: zanko lahko obravnavaš kot dve pravokotni zanki, postavljeni druga ob drugo.)

9 Amperov zakon

1. V žici na sliki 99 teče tok I . Kakšno je magnetno polje v točki C? ($\mu_0 I / 8R$)
2. Kolikšna sila deluje na meter dolg odsek ravne žice, v kateri teče tok 1 A, če je 1 m stran vzporedno z žico postavljena druga ravna žica, v kateri teče tok 1 A? ($2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$)
3. V dveh vzporednih dolgih ravnih žicah teče tok I v nasprotnih smereh. Žici sta $2d$ narazen. Kolikšna je velikost magnetnega polja v ravnini, ki jo določata žici, v točki, oddaljeni x od osi, ki teče vzporedno in po sredini med žicama? ($\frac{\mu_0 I d}{\pi(d^2 - x^2)}$)

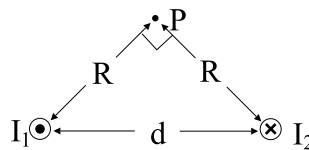


Slika 98:



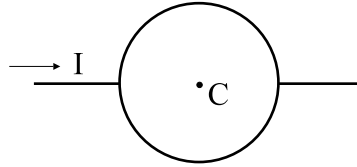
Slika 99:

4. Na sliki 100 je presek dveh žic. V žicah tečeta tokova I_1 in I_2 v nasprotnih smereh. Kakšno je magnetno polje v točki P ? Upoštevaj, da je $d = 5,3$ cm, $I_1 = 15$ in $I_2 = 32$ A. ($190 \mu\text{T}$, kot med B in zveznico žic je 70°)

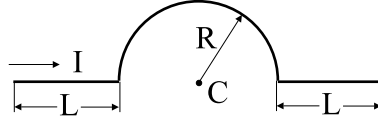


Slika 100:

5. V dolgi ravni žici polmera 1,5 mm teče tok 32 A. Kolikšna je velikost magnetnega polja ob površini žice? Kolikšna je velikost magnetnega polja 1,2 mm od sredine žice? ($4,3$ mT; $3,4$ mT)
6. Ravna tuljava je dolga 1,23 m in ima notranji premer 3,55 cm. Ima pet plasti ovojev. V vsaki plasti je 850 ovojev. V ovojih teče tok 5,57 A. Kolikšno je magnetno polje v sredini tuljave? ($24,2$ mT)
7. V bakreni žici premera 2,6 mm lahko teče tok 50 A, ne da bi se žica pregrela. Kolikšno je magnetno polje na površini žice? ($7,7$ mT)
8. Velikost magnetnega polja 88 cm od dolge ravne žice je $7,3 \mu\text{T}$. Kolikšen tok teče v žici?
9. Kompas je postavljen 7 m pod daljnovodom, v katerem teče izmenični tok z amplitudo 100 A. Kolikšno je magnetno polje daljnovoda na mestu, kjer je postavljen kompas? Ali to lahko znatno vpliva na kazalec kompasa, če je vodoravna komponenta zemeljskega magnetnega polja na tem mestu $20 \mu\text{T}$?
10. Elektronski top v katodni cevi televizorja izstreljuje elektrone z energijo 25 keV. Premer žarka je 0,22 mm. Na zaslon prispe vsako sekundo $5,6 \times 10^{14}$ elektronov. Kolikšno je magnetno polje 1,5 mm od osi žarka?
11. Dolga ravna žica je v homogenem magnetnem polju velikosti 5,0 mT. V žici teče tok 100 A. Žica je usmerjena pravokotno na magnetno polje. V katerih točkah je celotno magnetno polje enako nič?
12. Točkast naboj q je za d stran od dolge tanke ravne žice, v kateri teče tok I . Kolikšna je sila na naboj, če se slednji premika pravokotno s hitrostjo v k žici in kolikšna, če se odmika od žice?
13. V dolgi ravni žici teče tok 50 A. Elektron se premika 5,0 cm od žice s hitrostjo $1,0 \times 10^7$ m/s. Kakšne so sile na elektron v primerih, ko se elektron giblje pravokotno k žici, vzporedno z žico, ali v smeri pravokotno na prejšnji? ($3,2 \times 10^{-16}$ N vzporedno toku; $3,2 \times 10^{-16}$ N radialno navzven; 0, če je hitrost vzporedna toku)
14. Raven prevodnik se razklene v prevodno krožno zanko, kot kaže slika 101. Kolikšno je magnetno polje v točki C ?

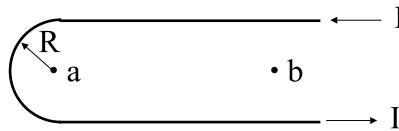


Slika 101:



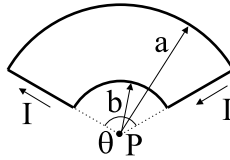
Slika 102:

15. V žici na sliki 102 teče tok I . Kolikšno je magnetno polje v točki C ? ($\mu_0 I/4R$ pravokotno v list)
16. Na sliki 103 je v črko U zvita žica. V njej teče tok I . Kolikšno je magnetno polje v točki a in kolikšno v točki b , če je razdalja od a do b mnogo večja od krivinskega radija R ?

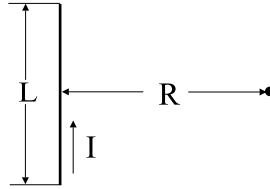


Slika 103:

17. Kolikšno je magnetno polje v točki P na sliki 104?
18. V ravni žici dolžine L teče tok I . Kolikšno je magnetno polje v točki, ki leži na simetrali žice na razdalji R (glej sliko 105)? ($\frac{\mu_0 I L}{2\pi R \sqrt{L^2 + 4R^2}}$)
19. Kolikšno je magnetno polje v sredini kvadratne zanke s stranicami, dolgimi a , če v njej teče tok I ? ($\frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi a}$)
20. Kolikšno je magnetno polje na osi kvadratne zanke s stranicami, dolgimi a , če v njej teče tok I ? ($\frac{4\mu_0 I a^2}{\pi(4z^2 + a^2)\sqrt{4z^2 + 2a^2}}$)
21. Iz žice z dolžino L lahko naredimo kvadratno ali okroglo zanko. Pri kateri zanki je polje v sredini večje? (kvadratni)
22. V ravni žici dolžine L teče tok I . Kolikšno je magnetno polje v razdalji D od konca žice v smeri pravokotno na žico? ($\frac{\mu_0 I L}{4\pi D \sqrt{L^2 + D^2}}$)
23. Kolikšno je magnetno polje, ki ga zanka na sliki 106 ustvari v točki P , kadar v zanki teče tok I ?
24. Kolikšno je magnetno polje, ki ga kvadratna zanka na sliki 107 ustvari v točki P , kadar v zanki teče tok 10 A? Dolžina stranice je 8 cm. (200 μT v list)
25. Na sliki 108 je presek vodnika v obliki tankega traku s širino w , po katerem teče tok I pravokotno v list. Kolikšne so smeri in velikosti magnetnega polja v točkah P in Q , oddaljeni d od roba traku?
26. Dolgi ravni vzporedni žici sta 8,0 cm narazen. Kolikšna nasprotno enaka tokova morata teči v žicah, da je velikost magnetnega polja v sredini med žicama 300 μT ? (30 A)
27. Na sliki 109 je presek dveh dolgih ravnih vzporednih žic, ki sta 0,75 cm narazen. V prvi teče tok 6,5 A iz lista. Kolikšen tok mora teči v drugi, da bo magnetno polje v točki P enako nič?
28. V dveh dolgih ravnih vzporednih žicah, ki sta d narazen, teče tok I in $3I$ v isto smer. V katerih točkah se magnetni polji obeh žic izničita? (na črti med žicama, ki je $d/4$ od žice, v kateri teče tok I)
29. Na sliki 110 je prikazan presek štirih vzporednih ravnih žic, v katerih tečejo tokovi I v smereh, kot je označeno. Kolikšna je magnetna sila na spodnjo levo žico?
30. Na sliki 111 sta dolga ravna žica, v kateri teče tok 30 A, in pravokotna zanka, v kateri teče tok 20 A. Kolikšna magnetna sila deluje na zanko, če je $a=1,0$ cm, $b= 8,0$ cm in $L= 30$ cm?

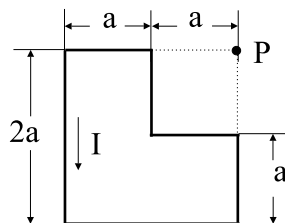


Slika 104:

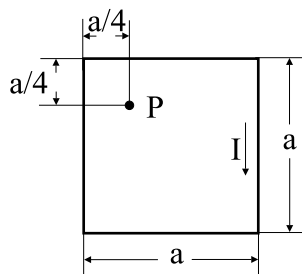


Slika 105:

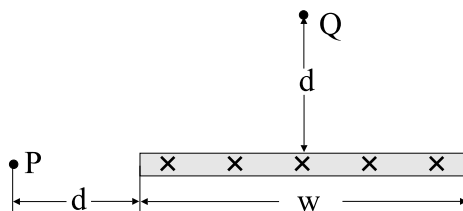
31. Na sliki 112 je shematski prikaz elektromagnetne pištole. Izstrelak P je postavljen med široki vzporedni prevodni tračnici okroglega preseka s premerom R . Generator toka pošlje skozi tračnici in prevoden izstrelak tok I . Tračnici sta w narazen. Dokaži, da magnetna sila na izstrelka kaže v desno in da je njena velikost približno $F = \frac{I^2 \mu_0}{2\pi} \ln \frac{w+R}{R}$! Kolikšna je hitrost izstrelka na desnem koncu tračnic, če v začetku miruje na levi strani? Predpostavi $I = 430$ kA, $w = 12$ mm, $R=6,7$ cm, $L = 4,0$ m, masa izstrelka je 10 g? (2,3 km/s)
32. V okrogli ravni žici s polmerom 2,0 cm teče enakomerno porazdeljen tok 100 A. Nariši velikost magnetnega polja kot funkcijo oddaljenosti od osi žice za $0 < r < 6,0$ cm!
33. Površinska gostota toka v vodoravni ravnini je 15 A/m² in kaže navpično navzgor. Kolikšna je vrednost integrala $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$, če je sklenjena pot sestavljena iz treh daljic od točke (80 cm, 0, 0) do točke (80 cm, 60 cm, 0), naprej do (0,0,0) in nazaj do (80 cm, 0, 0)? ($4,5 \times 10^{-6}$ Tm)
34. Dokaži, da magnetno polje desno od točke a na sliki 113 ne more pasti na nič tako hitro, kot se zdi po sliki! To pokažemo z integralom magnetnega polja vzdolž črtkane poti. V resničnih magnetih je 'stresano' polje vedno prisotno, kar pomeni, da magnetno polje postopno ugaša.
35. Dolg votel valjast vodnik ima notranji polmer b in zunanji polmer a . V vodniku teče enakomerno porazdeljen tok. Kakšna je odvisnost velikosti magnetnega polja od oddaljenosti od osi vodnika? ($\frac{\mu_0 I (r^2 - b^2)}{2\pi (a^2 - b^2) r}$ za $b < r < a$)
36. Žila koaksialnega vodnika ima polmer c . Notranji polmer plašča je b , zunanji polmer pa a . Po žili in plašču teče enak tok, a v nasprotnih smereh. Primer takega vodnika je antenski kabel, ki vodi signal v televizor. Izračunaj odvisnost velikosti magnetnega polja od oddaljenosti od osi kabla! ($\frac{\mu_0 I r}{2\pi c^2}$ za $r < c$; $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ za $c < r < b$; $\frac{\mu_0 I (a^2 - r^2)}{2\pi (a^2 - b^2) r}$ za $b < r < a$; 0 za $r > a$)
37. Kolikšno je magnetno polje znotraj okrogle žice s polmerom R , če se gostota električnega toka v žici spreminja linearno z oddaljenostjo od osi?
38. Na sliki 114 je presek dolgega ravnega valjastega vodnika s polmerom a , vzdolž katerega poteka valjasta votlina s polmerom b . Os votline je vzporedna z osjo vodnika in oddaljena d . V vodniku teče enakomerno porazdeljen tok I . Kolikšna je velikost magnetnega polja v sredini luknje? ($\frac{\mu_0 I d}{2\pi (a^2 - b^2)}$)
39. V 95 cm dolgi valjasti tuljavi s 1200 ovoji in polmerom 2,0 cm teče tok 3,6 A. Kolikšna je velikost magnetnega polja v tuljavi? (5,71 mT)



Slika 106:



Slika 107:

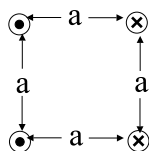


Slika 108:

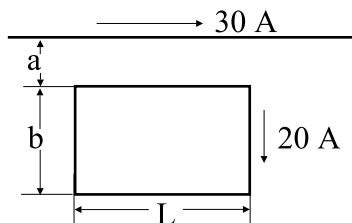
40. 25 cm dolga valjasta tuljava ima polmer 10 cm in 200 ovojev. V tuljavi teče tok 0,3 A. Kolikšen je tok blizu središča tuljave, če upošteváš, da tuljava ni zelo dolga v primerjavi z njenim premerom?
41. V 1,3 m dolgi valjasti tuljavi s premerom 2,6 cm teče tok 18 A. Velikost magnetnega polja v tuljavi je 23 mT. Kolikšna je dolžina žice, iz katere je navita tuljava? (108 m)
42. Toroidna tuljava s kvadratnim presekom s stranicami, dolgimi 5 cm, in notranjim polmerom 15 cm ima 500 ovojev. V tuljavi teče tok 0,8 A. Kolikšna je velikost magnetnega polja v toroidu pri notranjem in kolikšna pri zunanem polmeru?
43. Dokaži, da je polje v notranjosti toroidne tuljave, katere notranji polmer je podobne velikosti kot zunanji, enako kot polje v ravni tuljavi enake dolžine, preseka in števila ovojev!
44. V dolgi valjasti tuljavi z 10 ovoji/cm in s premerom 7,0 cm teče tok 20 mA. V osi tuljave je dolga ravna žica, po kateri teče tok 6,0 A. Na kolikšni razdalji od osi je kot med magnetnim poljem in osjo enak 45° ? Kolikšna je tam velikost magnetnega polja?
45. Valjasta tuljava ima 100 ovojev/cm. Znotraj tuljave pravokotno na os tuljave kroži po krožnici s polmerom 2,3 cm elektron s hitrostjo $0,046 c$ (c je svetlobna hitrost). Kolikšen tok teče po tuljavi? (0,272 A)
46. Kolikšen je magnetni dipolni moment valjaste tuljave z dolžino 25 cm, premerom 10 cm in 200 ovoji, če v njej teče tok 0,3 A? (0,47 Am²)
47. Žico z dolžino l , v kateri teče tok I , zvijemo v krožno zanko. Takrat je magnetno polje v sredini zanke enako B_1 . Magnetni dipolni moment zanke je μ_1 . Žico pa lahko zvijemo tudi v dva ovoja s pol manjšim polmerom. Izrazi polje v sredini manjše zanke z B_1 in magnetni dipolni moment manjše zanke z μ_1 !
48. Dve krožni zanki s polmerom R z N ovoji, lahko postavimo tako, kot kaže slika 115. Tako tuljavo imenujemo Helmholtz-ova tuljava. V zankah tečeta tokova I v isti smeri. Kolikšno je magnetno polje v točki P na sredi med zankama? ($\frac{8\mu_0 N I}{5\sqrt{5}R}$)
49. Žico zvijemo v zanko tako, kot kaže slika 116. V zanki teče tok I . Kolikšno je magnetno polje v točki P ? Kolikšen je magnetni dipolni moment zanke?
50. Helmholtzova tuljava je sestavljena iz dveh krožnih zank s po 300 ovoji in polmerom 5,0 cm. Zanki sta 5,0 cm narazen. V tuljavi teče tok 50 A. Os zank naj sovпада z osjo x . Izhodišče osi x naj bo na sredi med zankama. Nariši velikost magnetnega polja na osi zank za $-5,0 \text{ cm} < x < 5,0 \text{ cm}$!



Slika 109:



Slika 110:

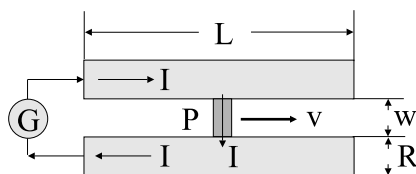


Slika 111:

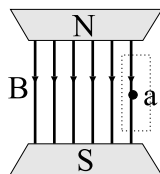
- Os x naj bo tudi os Helmholtzove tuljave. Razmik med zankama tuljave naj bo poljuben (ne ravno enak polmeru zank). Dokaži, da sta gradient velikosti magnetnega polja na osi tuljave (dB/dx) in tudi drugi odvod (d^2B/dx^2) enaka nič!
- V krožni zanki s polmerom 12 cm teče tok 15 A. Krožna zanka s polmerom 0,82 cm, v kateri teče tok 1,3 A, leži v središču večje zanke v ravnini, ki je pravokotna na večjo zanko. Kolikšen navor deluje na manjšo zanko, če predpostavimo, da je polje, v katerem je zanka, enako polju, ki ga v sredini ustvarja večja zanka? ($7,9 \mu\text{T}$; $1,1 \times 10^{-6} \text{ Nm}$)

10 Faradayev zakon

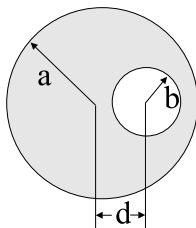
- Dolga valjasta tuljava ima 220 ovojev/cm in premer 3,2 cm. V njej teče tok 1,5 A. V njeno središče postavimo manjšo valjasto tuljavo s 130 ovoji in premerom 2,1 cm. V večji tuljavi linearno zmanjšamo tok do -1,5 A v 50 ms. Kolikšna napetost se inducira v manjši tuljavi, medtem ko spreminjamo tok v večji? (75 mV)
- Pravokotno zanko iz 85 ovojev žice vlečemo s konstantno hitrostjo iz področja z magnetnim poljem, tako kot kaže slika 117. Kolikšna napetost se inducira v zanki, če je $L = 13 \text{ cm}$, $B = 1,5 \text{ T}$, $R = 6,2 \Omega$ in $v = 18 \text{ cm/s}$? Kolikšen tok steče v žici? S kolikšno silo moramo vleči zanko, da se hitrost ne spremeni? S kolikšno močjo moramo vleči zanko? (3,0 V; 0,48 A; 8,0 N; 1,4 W)
- Krožna antena UHF televizijskega sprejemnika ima premer 11 cm. Magnetno polje TV-signala je homogeno in pravokotno na ravnino antene ter se spreminja 0,16 T/s. Kolikšna je inducirana napetost v anteni? (1,5 mV)
- Antena v obliki zanke s presekom S ima upor R . Homogeno magnetno polje pravokotno prebada ravnino, v kateri leži zanka. Magnetno polje ugasne linearno v času Δt . Koliko termične energije nastane v anteni? ($\frac{S^2 B^2}{R \Delta t}$)
- Krožna zanka iz bakrene žice s premerom 2,5 mm je v homogenem magnetnem polju. Premer zanke je 10 cm. Magnetno polje je pravokotno na zanko. Kolikšen je upor zanke? S kakšno hitrostjo se mora spreminjati magnetno polje, da bo v zanki tekel tok 10 A?
- Z valjasto tuljavo s 120 ovoji, uporom $5,3 \Omega$ in polmerom 1,8 cm objamemo dolgo valjasto tuljavo z 220 ovoji/cm in premerom 3,2 cm. Kolikšen tok teče v zunanji tuljavi, če se v notranji tuljavi tok linearno manjša za 1,5 A vsakih 25 ms?



Slika 112:

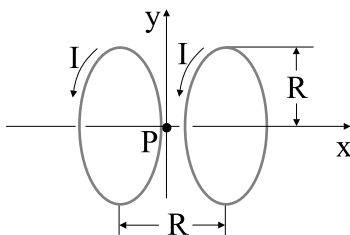


Slika 113:

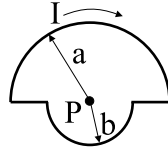


Slika 114:

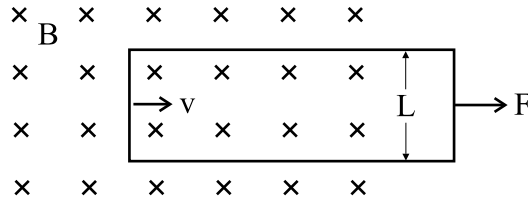
7. Kolikšen je magnetni pretok skozi toroidno tuljavo, v kateri teče tok I ? Tuljava ima N ovojev, pravokotni presek, notranji polmer a , zunanji polmer b in višino h .
8. Dve krožni zanki sta postavljeni tako, kot kaže slika 118. Večja ima polmer R , manjša pa r . V večji teče tok I . Razdalja med središčema zank je x . Velja naj $x \ll R$, zato lahko predpostavimo, da je magnetno polje, ki prebada ravnino manjše zanke, homogeno in nanjo pravokotno. Manjša zanka se od večje odmika s hitrostjo v . Kolikšen je magnetni pretok skozi manjšo zanko pri dani razdalji x ? Kolikšna napetost se inducira na manjši zanki, medtem ko se oddaljuje? V kateri smeri napetost požene tok v zanki?
9. Valjasta tuljava ima sto ovojev in presek $1,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Priključka tuljave premostimo z uporom, tako da je celotni upor 13Ω . Magnetno polje, ki je vzporedno z osjo tuljave, se spremeni iz vrednosti $1,6 \text{ T}$ v eni smeri, v vrednost $1,6 \text{ T}$ v drugi smeri. Koliko naboja se pri tem pretoči skozi upor?
10. Žica je zvita v zanko, tako kot kaže slika 119. Zanko tvorijo trije četrtinski krožni loki, postavljeni vsak v svojo ravnino. Homogeno magnetno polje kaže v smeri osi x in se poveča za $3,0 \text{ T}$ vsako sekundo. Kolikšna napetost se inducira v zanki? Kakšna je smer toka v zanki?
11. Dve dolgi ravni vzporedni bakreni žici imata premer $2,5 \text{ mm}$. V žicah tečeta tokova po 10 A v nasprotnih smereh. Osi žic sta 20 cm narazen. Kolikšen je magnetni pretok med osema obeh žic na en meter dolžine? Kolikšen del pretoka je znotraj žic? ($13 \mu\text{Wb/m}$; 17%)
12. Pravokotnica na ravnino okrogle zanke s premerom 10 cm oklepa z $0,5 \text{ T}$ velikim homogenim magnetnim poljem kot 30° . Zanka se zavrti stokrat na minuto, tako da se pravokotnica na zanko premika po plašču stožca in se kot med njo in magnetnim poljem ne spreminja. Kolikšna napetost se inducira v zanki?
13. Prevodna prečka z dolžino $L = 10 \text{ cm}$ in uporom $R = 0,40 \Omega$ se s hitrostjo $v = 5,0 \text{ m/s}$ brez trenja premika po vzporednih prevodnih tračnicah v razmiku L . Njun upor je zanemarljiv; na koncu so sklenjene s prevodnikom. Magnetno polje z velikostjo $1,2 \text{ T}$ pravokotno prebada ravnino, v kateri se premika prečka. Kolikšna napetost se inducira na prečki? Kolikšen tok teče v prečki? S kolikšno močjo nastaja toplota v prečki? S kolikšno silo je potrebno vleči prečko, da se ji hitrost ne spremeni? S kolikšno močjo dela ta sila?



Slika 115:

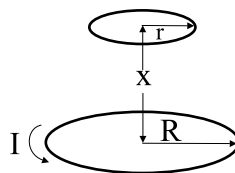


Slika 116:

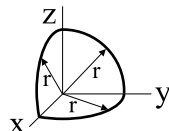


Slika 117:

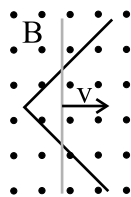
14. Prevodna prečka z dolžino L in maso m drsi brez trenja po dolgih ravnih prevodnih in vzporednih prečkah L narazen. Magnetno polje velikosti B kaže pravokotno na ravnino tračnic. Generator toka poganja skozi tračnici in prečko stalen tok I . Kolikšna je hitrost prečke ob nekem času, če je bila v začetku pri miru? Kaj se zgodi z njjo, če generator toka zamenjamo z generatorjem konstantne napetosti? Kolikšna je velikost hitrosti, potem ko se hitrost ustali? Kolikšen je tedaj tok v zanki? ($v = BILt/m$; $v = U/BL$; 0)
15. Iz elastičnega prevodnega materiala naredimo krožno zanko s polmerom 12 cm in jo postavimo v homogeno magnetno polje z velikostjo 0,80 T, ki kaže pravokotno na ravnino zanke. Ko zanko spustimo, se njen polmer začne manjšati s hitrostjo 75 cm/s. Kolikšna napetost se inducira v zanki v trenutku, ko jo spustimo?
16. Tračnici na enem koncu zvarimo skupaj tako, da stojita pod pravim kotom. Postavimo ju v magnetno polje 0,350 T pravokotno na ravnino tračnic. Po tračnicah drsi ravna prevodna prečka s hitrostjo 5,2 m/s, tako kot vidimo na sliki 120. V začetku je prečka na stičišču tračnic. Kolikšen je magnetni pretok skozi ploskev, ki jo omejujejo prečka in tračnici, po treh sekundah? Kolikšna je tedaj inducirana napetost v trikotniku? V kateri smeri teče inducirani električni tok? ($85,2 \text{ Tm}^2$; $56,8 \text{ V}$)
17. Toga žica s polmerom a ukrivljena v polkrog se vrti v magnetnem polju s frekvenco ν , tako kot kaže slika 121. Kolikšni sta frekvenca in amplituda inducirane električne napetosti v zanki?
18. Dokaži, da se v pravokotni zanki iz N ovojev z dolžino a in širino b , ki jo s frekvenco ν vrtimo v magnetnem polju B , tako kot kaže slika 122, inducira napetost $U = 2\pi\nu NabB \sin 2\pi\nu t$! Tako način delujejo generatorji izmenične električne napetosti.
19. Električni generator je narejen iz pravokotne zanke s 100 ovoji, ki so dolgi 50 cm in široki 30 cm. Zanka se vrti v homogenem magnetnem polju 3,5 T s 1000 obrati na minuto okoli osi pravokotno na polje. Kolikšna je amplituda inducirane napetosti? S kolikšno povprečno močjo deluje generator, če je priključen na upor 42 Ω ?
20. Zemeljsko magnetno polje ima v nekem kraju velikost 59 μT in kaže navzdol, tako da oklepa z vodoravnico kot 70° . Vodoravna tuljava v obliki zanke s polmerom 10 cm in 1000 ovoji ima upor 85 Ω in je priključena na galvanometer, ki ima upor 140 Ω . Tuljavo zavrtimo v zemeljskem magnetnem polju za pol obrata okoli vodoravne osi, ki gre skozi njeno središče. Koliko naboja se pri tem pretoči skozi galvanometer? (15,5 μC)
21. V dolgi ravni žici teče tok 100 A. Vzporedno z žico je tračnica, ki je od žice oddaljena 10 mm. Druga tračnica je vzporedna s prvo. Tako žica kot prva in druga tračnica ležijo v isti ravnini. Druga tračnica je od prve odmaknjena 10 cm. Tračnici sta na enem koncu povezani s prevodnikom. Na tračnicah leži prevodna prečka. Ta se brez trenja



Slika 118:



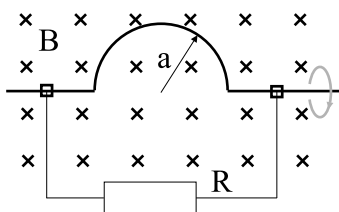
Slika 119:



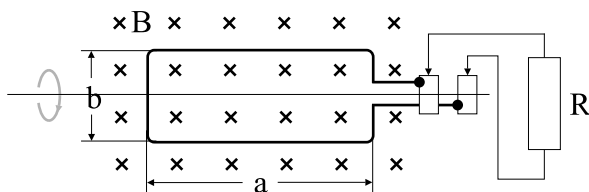
Slika 120:

premika s hitrostjo 5 m/s, tako kot kaže slika 123. Kolikšna napetost se inducira v prečki? Kolikšen tok teče v prevodni zanki, če je upor prečke 0,4 Ω , upor tračnic in njune povezave pa je zanemarljiv? Koliko toplote nastane vsako sekundo v prečki? S kolikšno silo je treba vleči prečko, da se ji hitrost ne spremeni? S kolikšno močjo dela ta sila?

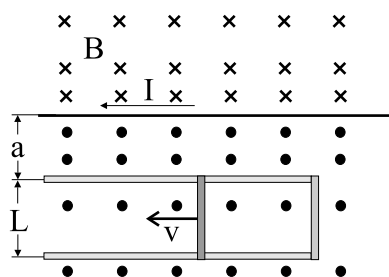
22. Žice so postavljene tako, kot kaže slika 124. V ravni žici teče tok, ki se spreminja s časom kot $I = ct^2 - dt$, kjer je $c = 4,50 \text{ A/s}^2$ in $d = 10 \text{ A/s}$. Kvadratna zanka ima stranice dolge $b = 16 \text{ cm}$ in je postavljena tako, da je $a = 12 \text{ cm}$. Kolikšna je inducirana napetost v zanki v trenutku $t = 3 \text{ s}$? V kateri smeri teče tok v zanki? ($0,598 \mu\text{V}$; v nasprotni smeri urnega kazalca)
23. Pravokotno prevodno zanko z dolžino a , širino b in uporom R postavimo vzporedno z dolgo ravno žico, v kateri teče tok I , tako kot kaže slika 125. Središče zanke je oddaljeno r od žice. Kolikšen je magnetni pretok skozi zanko? Kolikšen tok teče v zanki, če se zanka oddaljuje od žice s hitrostjo v ? ($\frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \frac{2r+b}{2r-b}$; $\frac{2\mu_0 I a b v}{\pi R(4r^2 - b^2)}$)
24. Dve vzporedni žici sta povezani na enem koncu in ležita v navpičnem magnetnem polju B . Ravnina, v kateri ležita žici, je nagnjena, tako da z vzporednico tvori kot θ , kot kaže slika 126. Na žicah brez trenja drsi prevodna prečka dolžine l , upora R in mase m . Dokaži, da prečka doseže stacionarno hitrost $v = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta}$!
25. Žico s presekom $1,2 \text{ mm}^2$ in specifičnim uporom $1,7 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ zvijemo v polkrožni lok, ki ima polmer 24 cm, tako kot kaže slika 127. Žica stoji v homogenem magnetnem polju 0,15 T. Loku dodamo ravno žico, ki povezuje njegov konec in središče. Drugi konec žice je prostovrtljiv; vodi do oboda loka in tako zaključuje zanko. Kolikšen je upor zanke v odvisnosti od kota θ ? Kolikšen je tok skozi zanko v odvisnosti od kota, če se kotna hitrost spreminja s konstantnim kotnim pospeškom 12 s^{-2} in je kot v začetku enak nič? Pri katerem kotu je tok največji? ($3,2(2 + \theta) \text{ m}\Omega$; $I = \frac{B \alpha r S t}{\zeta(2 + \alpha t^2/2)}$; pri 2,0 rad je tok 2,2 A)
26. Dolga valjasta tuljava ima premer 12 cm. Magnetno polje znotraj tuljave je 30 mT, ko skozi teče tok I . Potem tok začne pojemati, tako da se magnetno polje zmanjšuje za 6,5 mT/s. Kolikšna je velikost inducirane električne poljske jakosti 2,2 cm in 8,2 cm od osi tuljave?
27. Leta 1981 so na MIT izdelali valjast magnet s premerom 3,3 cm, ki je proizvajal tedaj največje statično magnetno polje 30 T. Polje se je s sinusnim električnim tokom lahko spreminjalo od 29,6 do 30,0 T s frekvenco 15 Hz. Kolikšna je v tem primeru največja vrednost inducirane električnega polja na razdalji 1,6 cm od osi?
28. Pravokotna prevodna zanka s širino L , uporom R in maso m stoji navpično v homogenem magnetnem polju, ki se konča pod črto aa na sliki 128. Polje poteka v vodoravni smeri pravokotno na zanko. Zanko spustimo, da začne



Slika 121:



Slika 122:



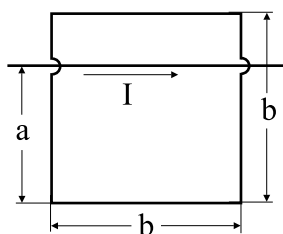
Slika 123:

padati. Hitrost se povečuje do končne vrednosti. Kolikšna je končna hitrost, s katero pada zanka, če zanemarimo zračni upor?

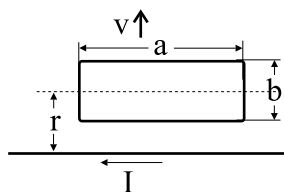
29. Dolga ravna žica, v kateri teče tok $I_0 \sin \omega t$, teče vzporedno in y nad krajšo stranico pravokotne prevodne zanke s širino W in dolžino L , tako kot kaže slika 129. Kakšna napetost se inducira v zanki? ($U_0 = \frac{\mu_0 I_0 \omega W \ln(1+L^2/y^2)}{4\pi}$)

11 Induktivnost

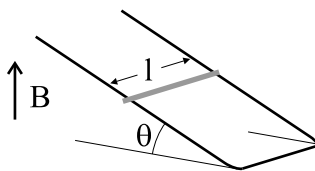
- Toroidna tuljava s pravokotnim presekom ima 1250 ovojev. Notranji polmer tuljave je 52 mm, zunanji pa 95 mm. Višina je 13 mm. Kolikšna je induktivnost tuljave? (2,5 mH)
- Valjasta tuljava ima induktivnost 53 mH in upor 0,37 Ω . Koliko časa preteče, preden tok v tuljavi doseže polovico končnega, če tuljavo priključimo na baterijo? (100 ms)
- Tuljava ima induktivnost 53 mH in upor 0,35 Ω . Koliko energije je shranjene v magnetnem polju, potem ko baterijo priključimo na napetost 12 V in se tok poveča do ravnovesne vrednosti? Koliko časovnih konstant L/R preteče do trenutka, ko je v magnetnem polju shranjena polovica končne energije? (31 J; 1,2 τ_L)
- Induktor s 3,56 H in upor z 12,8 Ω zvežemo zaporedno in priključimo na vir z napetostjo 3,24 V. S kolikšno močjo dela baterija po 0,278 s? Kolikšna je tedaj poraba moči na upor? S kolikšno močjo se v tem trenutku večja energija magnetnega polja v tuljavi? (518 mW; 328 mW; 191 mW)
- Koaksialni vodnik je sestavljen iz dveh prevodnih valjev s tankima stenama in polmeroma a in b , tako kot v preseku kaže slika 130. V notranjem valju teče tok I , ki se vrača po zunanjem valju. Koliko energije je shranjene v magnetnem polju med obema vodnikoma pri kablu dolžine l ? ($\frac{\mu_0 I^2 l}{4\pi} \ln \frac{b}{a}$)
- Koliko energije potrebujemo, da znotraj kocke s stranicami 10 cm ustvarimo električno polje velikosti 100 kV/m? Koliko energije potrebujemo, da v isti prostornini ustvarimo magnetno polje velikosti 1 T? (44 μ J; 400 J)



Slika 124:

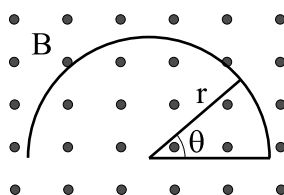


Slika 125:

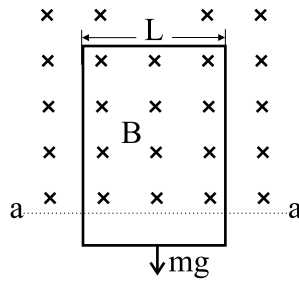


Slika 126:

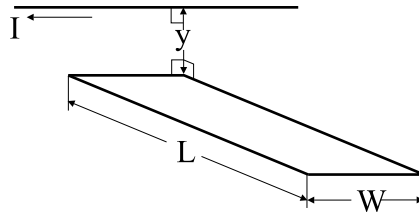
7. Dve krožni zanki sta postavljeni koncentrično v isti ravnini. Prva ima N_1 ovojev in polmer r_1 , druga pa N_2 ovojev in polmer r_2 . Kolikšna je medsebojna induktivnost, če predpostavimo, da je $r_1 \gg r_2$? ($\frac{\pi\mu_0 N_1 N_2 R_2^2}{2R_1}$)
8. Induktivnost tesno navite tuljave s 400 ovoji je 8 mH. Kolikšen je magnetni pretok skozi tuljavo, kadar v njej teče električni tok 5,0 mA? ($0,1 \mu\text{Wb}$)
9. Krožna tuljava ima 20 ovojev in polmer 10 cm. Zunanje magnetno polje 2,6 mT je pravokotno na tuljavo. Kolikšen je magnetni pretok skozi tuljavo? Kolikšna je induktivnost tuljave, če magnetni pretok skozi tuljavo izgine, ko v tuljavi teče tok 3,8 A?
10. Valjasta tuljava je navita iz bakrene žice s premerom 2,5 mm. Ovoji so naviti tesno skupaj v eno plast. Polmer tuljave je 2 cm, njena dolžina pa 2 m. Koliko ovojev ima tuljava? Kolikšna je dolžinska gostota induktivnosti blizu središča tuljave? ($800; 2,5 \times 10^{-4} \text{ H/m}$)
11. Dolgo tanko valjasto tuljavo zvijemo v toroid. Dokaži, da se induktivnost tuljave ne spremeni!
12. Induktorja L_1 in L_2 , ki sta daleč narazen (tako, da lahko zanemarimo medsebojno induktivnost), sta vezana zaporedno. Kolikšna je njuna nadomestna induktivnost? ($L_1 + L_2$)
13. Induktorja L_1 in L_2 , ki sta daleč narazen, sta vezana vzporedno. Kolikšna je njuna nadomestna induktivnost? ($1/L = 1/L_1 + 1/L_2$)
14. Osi dveh dolgih vzporednih žic s polmerom a sta d narazen. V žicah tečeta enaka tokova v nasprotnih smereh. Kolikšna je induktivnost takega para žic, če sta žici dolgi l in zanemarimo magnetni pretok v samih žicah? ($\frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{d-a}{a}$)
15. V nekem trenutku sta tok in inducirana napetost v induktorju taka, kot kaže slika 131. Ali tok v tuljavi narašča ali pojema? Kolikšna je induktivnost induktorja, če je inducirana napetost 17 V in se tok spreminja za 25 kA/s? (pojema; 0,68 H)
16. V tuljavi z induktivnostjo 12 H teče tok 2,0 A. Kako hitro moramo izključiti tok, da se na tuljavi inducira napetost 60 V?
17. Dolga valjasta tuljava s 100 ovoji/cm ima polmer 1,6 cm. Predpostavi, da je magnetno polje, ki nastane v tuljavi, homogeno in vzporedno z osjo tuljave. Kakšna je induktivnost enega metra take tuljave? Kolikšna napetost se inducira na enem metru tuljave, če se tok v eni sekundi spremeni za 13 A? (0,10 H; 1,3 V)



Slika 127:

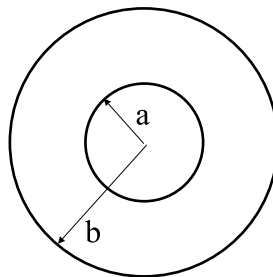


Slika 128:

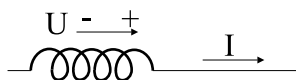


Slika 129:

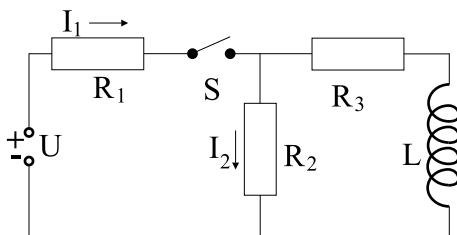
18. Tesno navita tuljava ima tako induktivnost, da se v njej inducira napetost 3,0 mV, kadar se v njej spreminja tok za 5,0 A/s. Stalni tok 8,0 A povzroči magnetni pretok $40 \mu\text{Wb}$ skozi vsak ovoj tuljave. Kolikšna je induktivnost tuljave? Koliko ovojev ima tuljava?
19. Tok v vezju RL naraste z nič na tretjino končne vrednosti v 5,0 s. Kolikšna je induktivna časovna konstanta R/L ?
20. Tok v vezju RL se zmanjša z 1,0 A na 10 mA v prvi sekundi, potem ko odklopimo baterijo. Kolikšen je upor v vezju, če je induktivnost 10 H?
21. Tuljavo z induktivnostjo 50 mH in uporom 180Ω v nekem trenutku priključimo na napetost 45 V. Kako hitro se tok povečuje po 1,2 ms? (12,0 A/s)
22. Toroidna tuljava s kvadratnim presekom ima notranji polmer 10 cm in zunanjšega 12 cm. Tuljava ima eno plast tesno navite žice premera 1,0 mm. Upor enega metra žice je $0,02 \Omega$. Kolikšna je induktivnost tuljave? Kolikšna je induktivna časovna konstanta R/L ?
23. Na sliki 132 je $U = 100 \text{ V}$, $R_1 = 10,0 \Omega$, $R_2 = 20,0 \Omega$, $R_3 = 30,0 \Omega$ in $L = 2,00 \text{ H}$. Kolikšna sta tokova I_1 in I_2 v trenutku, ko sklenemo stikalo S ? Kolikšna sta tokova dolgo potem, ko stikalo sklenemo, potem, ko po dolgem času stikalo razklenemo in dolgo za tem? ($I_1 = I_2 = 3,33 \text{ A}$; $I_1 = 4,55 \text{ A}$, $I_2 = 2,73 \text{ A}$; $I_1 = 0$, $I_2 = 1,82 \text{ A}$; $I_1 = I_2 = 0$)
24. V vezju na sliki 133 je $U = 10 \text{ V}$, $R_1 = 5,0 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$ in $L = 5,0 \text{ H}$. Kolikšni so: tok I_1 skozi R_1 , tok I_2 skozi R_2 , tok I skozi stikalo, napetost na uporu R_2 , napetost na L in dI_2/dt za primera, ko stikalo S ravno sklenemo, in ko je stikalo že dolgo sklenjeno?
25. V vezju na sliki 134 sklenemo stikalo S ob času $t = 0$. Potem tokovni vir poskrbi za stalen tok skozi stikalo s spreminjanjem gonilne napetosti. Kako se s časom spreminja tok skozi induktor? Dokaži, da je tok skozi upor enak toku skozi induktor v trenutku $t = (L/R) \ln 2$!



Slika 130:

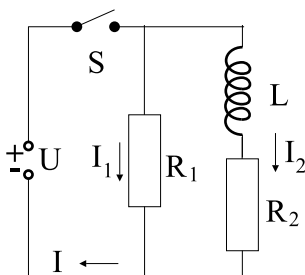


Slika 131:

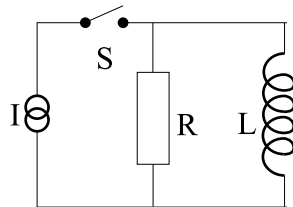


Slika 132:

26. V magnetnem polju induktorja je, kadar teče skozenj tok 60 mA, shranjenih 2,5 mJ energije. Kolikšna je induktivnost induktorja? Kolikšen bi moral biti tok, da bi bilo shranjeno štirikrat več energije?
27. Tuljavo z induktivnostjo 2,0 H in uporom 10Ω priključimo v nekem trenutku na baterijo z napetostjo 100 V. Kolikšen tok teče skozi tuljavo v ravnovesju? Koliko energije je tedaj shranjene v tuljavi? V kolikšnem času je v tuljavi četrtnina končne energije? S kolikšno močjo deluje baterija po 0,1 s? Kolikšna je tedaj moč na upor in moč spreminjanja energije magnetnega polja v tuljavi? Ob katerem času sta moči enaki? Koliko energije odda baterija, koliko se je shrani v tuljavi in koliko se je porabi na uporu v prvih dveh sekundah po priključitvi? (10 A; 100 J)
28. Tok I teče skozi tuljavo z induktivnostjo L . Kolikšna je energija tuljave? Tuljavo nato s stikalom preklopimo od vira na upor R . Tuljava se izprazni skozi upor. Kako se spreminja tok skozi tuljavo s časom? Koliko energije odda tuljava uporu (izračunaj tako, da po času integriraš trenutno moč, s katero se troši energija na uporu)? Primerjaj to z začetno energijo tuljave!
29. Valjasta tuljava je dolga 85 cm, ima presek 17 cm^2 in 950 ovojev. V tuljavi teče tok 6,6 A. Kolikšna je prostorninska gostota energije magnetnega polja znotraj tuljave? Kolikšna je celotna energija magnetnega polja znotraj tuljave (zanemari pojave na koncih)?
30. Toroidna tuljava z induktivnostjo 90 mH ima prostornino $0,020 \text{ m}^3$. Kolikšen tok teče v tuljavi, če je povprečna gostota energije 70 J/m^3 ? (5,58 A)
31. Kolikšna mora biti električna poljska jakost, da bo prostorninska gostota energije električnega polja enaka prostorninski gostoti energije magnetnega polja $0,5 \text{ T}$?
32. Povprečno magnetno polje v medzvezdnem prostoru naše galaksije je 10^{-10} T . Kolikšna je energija magnetnega polja v prostornini kocke s stranicami 10 svetlobnih let (za primerjavo - Soncu najbližja zvezda je oddaljena 4,3 svetlobnih let, polmer Rimske ceste pa je 8×10^4 svetlobnih let)? ($3 \times 10^{36} \text{ J}$)
33. Kolikšna je induktivnost koaksialnega kabla z dolžino l , polmerom žile r in polmerom plašča R ?
34. V krožni zanki s polmerom 50 mm teče tok 100 A. Kolikšna je velikost magnetnega polja v središču zanke? Kolikšna je tam prostorninska gostota energije magnetnega polja? (1,3 mT; $0,63 \text{ J/m}^3$)

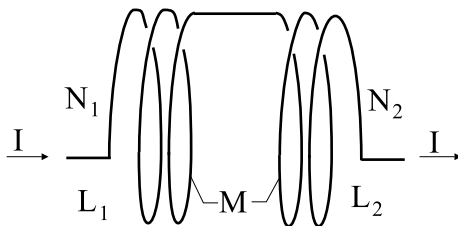


Slika 133:



Slika 134:

35. V bakreni žici s premerom 2,5 mm teče enakomerno porazdeljen tok 10 A. Kolikšni sta gostoti energije magnetnega in električnega polja na površini žice? Dolžinska gostota upora žice je $3,3 \Omega/\text{km}$. ($1,0 \text{ J/m}^3$; $4,8 \times 10^{-15} \text{ J/m}^3$)
36. V prostoru sta dve tuljavi. V prvi se inducira napetost 25 mV, kadar v prvi tuljavi ni toka, tok v drugi pa narašča za 15 A/s. Kolikšna je medsebojna induktivnost tuljav? Kolikšen je magnetni pretok v drugi tuljavi, kadar v drugi tuljavi ni toka v prvi tuljavi pa teče tok 3,6 A? ($1,67 \text{ mH}$; $6,00 \text{ mWb}$)
37. Tuljava ima induktivnost $L_1 = 25 \text{ mH}$ in $N_1 = 100$ ovojev. Druga tuljava ima $L_2 = 40 \text{ mH}$ in $N_2 = 200$. Tuljavi se ne premikata. Njuna medsebojna induktivnost je $M = 3,0 \text{ mH}$. V prvi tuljavi se tok spreminja za $4,0 \text{ A/s}$. Kolikšen je magnetni pretok v drugi tuljavi zaradi toka v prvi? Kolikšna napetost se inducira v prvi tuljavi? Kolikšna napetost se inducira v drugi tuljavi?
38. Na sliki 135 vidimo zaporedno zvezani tuljavi. Induktivnosti posameznih tuljav sta L_1 in L_2 . Njuna medsebojna induktivnost je M . Dokaži, da tako vezani tuljavi lahko nadomestimo z eno, katere induktivnost je $L_1 + L_2 + 2M$! Kako bi morali biti povezani tuljavi, da bi bila nadomestna induktivnost enaka $L_1 + L_2 - 2M$? (Navoje druge tuljave bi navili v nasprotni smeri)



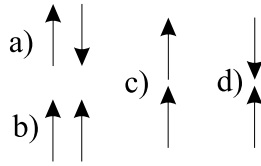
Slika 135:

39. Kratko tuljavo s krožnim presekom in z N ovoji postavimo tako, da objema dolgo valjasto tuljavo s polmerom R in n ovoji na enoto dolžine. Dokaži, da je njuna medsebojna induktivnost $M = \mu_0 \pi R^2 n N$!
40. Na toroidno tuljavo z N_1 ovoji, notranjim polmerom a , zunanjim polmerom b in višino h navijemo tuljavo z N_2 ovoji. Dokaži, da je medsebojna induktivnost tuljav enaka $M = \frac{\mu_0 N_1 N_2 h}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$!
41. Valjasta tuljava z dolžinsko gostoto ovojev n_2 in polmerom R_2 objema enako dolgo valjasto tuljavo z dolžinsko gostoto ovojev n_1 in polmerom R_1 . Dokaži, da je medsebojna induktivnost $M = \pi R_1^2 l \mu_0 n_1 n_2$, kjer je l dolžina obeh tuljav!
42. Pravokotna zanka ima 100 ovojev, dolžino 30 cm in širino 8,0 cm. V ravnini zanke teče vzporedno z daljšo stranico dolga ravna žica oddaljena 1,0 cm,. Kolikšna je medsebojna induktivnost žice in zanke? ($\frac{\mu_0 N l}{2\pi} \ln(1 + b/a)$; $13 \mu\text{H}$)

12 Magnetizem in snov

1. Kolikšen je nihajni čas prostovisečega paličastega magneta z magnetnim dipolnim momentom μ in vztrajnostnim momentom J v magnetnem polju velikosti B ? To je ena od metod za določanje velikosti magnetnega dipolnega momenta. ($2\pi \sqrt{\frac{J}{\mu B}}$)
2. Kolikšen je klasičen magnetni dipolni moment elektrona, ki kroži okoli protona v vodikovem jedru? ($9,27 \times 10^{-24} \text{ J/T}$)
3. Paramagnetni plin je v zunanjem magnetnem polju 1,5 T. Magnetni dipolni moment atomov plina je $1,0 \mu_B$ (μ_B je Bohrov magneton). Primerjaj povprečno translacijsko kinetično energijo atomov ($3kT/2$) in njihovo magnetno energijo ($2\mu_B$) pri sobni temperaturi 300 K! ($0,039 \text{ eV}$; $0,00017 \text{ eV}$)

- Dokaži, da za prost elektron velja $\mu_S = \frac{e}{m}S$, če so μ_S magnetni dipolni moment, e naboj, m masa in S vrtilna količina (spin) elektrona!
- Na sliki 136 so prikazane štiri možne postavitve dveh magnetnih igel. V prostoru ni zunanjega magnetnega polja. Katere lege so stabilne?



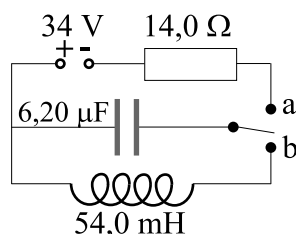
Slika 136:

- V osnovnem stanju vodikovega atoma je najverjetnejša oddaljenost elektrona od protona $5,2 \times 10^{-11}$ m. Kolikšno je električno in magnetno polje protona na mestu elektrona, merjeno v smeri protonovega spina? Naboj in magnetni moment protona sta $1,6 \times 10^{-19}$ C in $1,4 \times 10^{-26}$ J/T. Kolikšno je razmerje orbitalnega magnetnega dipolnega momenta elektrona in magnetnega dipolnega momenta protona?
- Naboj q je enakomerno porazdeljen po prstanu s polmerom r . Prstan se vrti okoli osi skozi središče prstana pravokotno na njegovo ravnino s kotno hitrostjo ω . Dokaži, da je magnetni dipolni moment prstana enak $\mu = q\omega r^2/2!$ Kakšna je smer magnetnega dipolnega momenta, če je naboj q pozitiven?
- Kolikšen je magnetni dipolni moment enakomerno nabite kroglice z maso m in vrtilno količino Γ ? Naboj kroglice je q . ($q\Gamma/2m$)
- Dve dolgi ravni žici sta vzporedni z osjo z . Žici prebadata os x , prva $2r$, druga $-2r$ od izhodišča. V žicah tečeta enako velika tokova I v nasprotnih smereh. Os valja s polmerom r in dolžino L leži na osi z . Kolikšen je magnetni pretok skozi polovico plašča valja, ki leži nad ravnino xz ? ($\frac{\mu_0 I L}{\pi} \ln 3$)
- Zemeljski magnetni dipolni moment je $8,0 \times 10^{22}$ J/T. Kolikšen tok bi moral teči v zanki, napeljeni okoli Zemlje po ekvatorju, da bi imela zanka enak moment?
- Valjast paličast magnet je dolg 5,0 cm in ima premer 1,0 cm. Magnetizacija v magnetu je $5,3 \times 10^3$ A/m. Kolikšen je magnetni dipolni moment magneta? (20,8 mJ/T)
- Elektron s kinetično energijo K_e kroži v magnetnem polju B v ravnini, pravokotni na polje. Dokaži, da je magnetni moment elektrona zaradi kroženja enak $\mu = K_e/B$ in da kaže v nasprotni smeri kot magnetno polje! Kolikšen je magnetni dipolni moment iona s kinetično energijo K_i ? V magnetnem polju 1,2 T je ioniziran plin, ki ga sestavlja $5,3 \times 10^{21}$ elektronov/m³ in prav tolikšna številska gostota ionov. Povprečna kinetična energija elektronov je $6,2 \times 10^{-20}$ J, protonov pa $7,6 \times 10^{-21}$ J. Kolikšna je magnetizacija plina?
- Nasičena magnetizacija feromagnetne kovine nikelj je $4,70 \times 10^5$ A/m. Kolikšen je magnetni moment nikljevega atoma? Nikelj ima gostoto 8,9 kg/l in atomsko masno število 58,71.
- Dipolni moment atoma v kosu železa je $2,1 \times 10^{-23}$ J/T. Predpostavi, da so magnetni momenti vseh atomov v 5 cm dolgem kosu železa s presekom 1,0 cm² poravnani. Kolikšen je dipolni moment palice? S kolikšnim navorom lahko držimo magnet pod pravim kotom na zunanje magnetno polje 1,5 T? Gostota železa je 7,9 kg/l. (8,9 Am²; 13 Nm)
- Zemljin magnetni dipolni moment je $8,0 \times 10^{22}$ J/T. Kolikšen bi moral biti polmer železne kroglice v središču Zemlje, če bi bil Zemljin magnetni moment rezultat magnetiziranega železa v krogli? Predpostavi, da so vsi dipolni momenti poravnani. Gostota Zemljine sredice je 14 kg/l. Magnetni dipolni moment železovega atoma je $2,1 \times 10^{-23}$ J/T. Namagneteno jedro v resnici ne more biti vir Zemljinega magnetnega momenta, ker so tam temperature previsoke.

13 Elektromagnetno nihanje

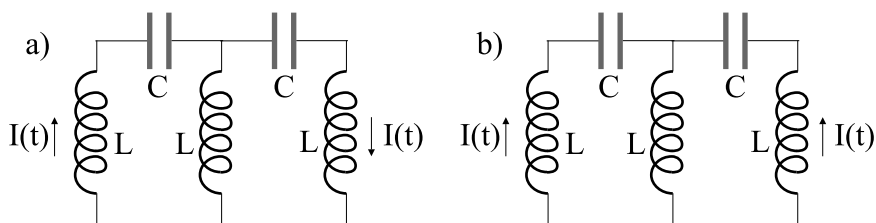
- Kondenzator s kapaciteto 1,5 μ F napolnimo do napetosti 57 V. Baterijo nato zamenjamo s tuljavo z induktivnostjo 12 mH. Kolikšen je največji tok v tuljavi, če zanemarimo upor? (640 mA)
- V LC-vezju je največja energija induktorja 1,5 mH enaka 17 μ J. Kolikšen je največji tok v vezju? (150 mA)
- V LC-vezju sta kondenzator 1,7 μ F in tuljava 12 mH. Koliko časa preteče od takrat, ko je na kondenzatorju največ naboja, do trenutka, ko je energija tuljave enaka energiji kondenzatorja? Koliko je tedaj naboja na kondenzatorju? Največji naboj kondenzatorja je Q . (110 μ s; 0,707 Q)

4. V vezju so zaporedno vezani upor $1,5 \Omega$, tuljava 12 mH in kondenzator $1,6 \mu\text{F}$. Po kolikšnem času pade amplituda nihanja v vezju na polovico začetne vrednosti? Koliko nihajev se zgodi v tem času? (11 ms; 13)
5. Kolikšna je kapaciteta LC-vezja, če je največji naboj na kondenzatorju $1,60 \mu\text{C}$, celotna energija vezja pa $140 \mu\text{J}$ (9,14 nF)
6. V tuljavi LC-vezja z induktivnostjo $1,5 \text{ mH}$ je največ $10 \mu\text{J}$ energije. Kolikšen je največji tok?
7. V LC-vezju je $L = 1,1 \text{ mH}$ in $C = 4,0 \mu\text{F}$. Kolikšen je največji tok, če je največji naboj $3,0 \mu\text{C}$? (45,2 mA)
8. V LC-vezju se vsa energija pretoči iz električne v kondenzatorju v magnetno v tuljavi v $1,5 \mu\text{s}$. Kolikšen je nihajni čas vezja? Kolikšna je frekvenca nihanja? Po kolikšnem času bo električna energija spet največja? (6 μs ; 167 kHz; 3 μs)
9. Kolikšno induktivnost mora imeti tuljava, ki jo vežemo vzporedno s kondenzatorjem s kapaciteto $6,7 \mu\text{F}$, da bo frekvenca nihanja v vezju 10 kHz? (38 μH)
10. V LC-vezju sta kondenzator $1,0 \text{ nF}$ in induktor $3,0 \text{ mH}$. Napetost niha z amplitudo $3,0 \text{ V}$. Kolikšen je največji naboj na kondenzatorju? Kolikšen je največji tok skozi tuljavo? (3,0 nC; 1,7 mA)
11. V LC-vezju je kondenzator $4,0 \mu\text{F}$. Največja napetost na kondenzatorju je $1,50 \text{ V}$. Največji tok skozenj je 50 mA . Kolikšna je induktivnost vezja? S kolikšno frekvenco niha napetost? (3,60 mH; 1,33 kHz)
12. Stikalo v vezju na sliki 137 je dolgo v položaju *a*. Nato ga preklopimo v položaj *b*. S kolikšno frekvenco zaniha napetost? Kolikšna je amplituda toka v vezju?



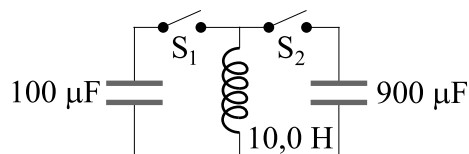
Slika 137:

13. Na voljo imamo induktor 10 mH in dva kondenzatorja $5,0 \mu\text{F}$ in $2,0 \mu\text{F}$. Kakšne so lastne frekvence vezij, ki jih lahko sestavimo s temi elementi? (600, 710, 1100, 1300 Hz)
14. V LC-vezju je $L = 25,0 \text{ mH}$ in $C = 7,80 \mu\text{F}$. V času $t = 0$ je tok v vezju $9,20 \text{ mA}$, naboj na kondenzatorju je $3,80 \mu\text{C}$ in kondenzator se polni. Kolikšna je polna energija vezja? Kolikšen je največji naboj v kondenzatorju? Kolikšen je največji tok? Kolikšna je faza ϕ , če naboj na kondenzatorju opišemo s $q = Q \cos(\omega t + \phi)$? Kolikšen je ϕ , če je kondenzator v začetku ne polni, ampak prazen? (1,98 μJ ; 5,56 μC ; 12,6 mA; $-46,9^\circ$; $+46,9^\circ$)
15. Tri enake tuljave in dva enaka kondenzatorja so vezani, kot kaže slika 138. Kolikšen je tok v srednji tuljavi, če tečejo tokovi tako, kot kaže slika 138 a? Dokaži, da je v tem primeru frekvenca, s katero niha napetost, enaka $\omega = 1/\sqrt{LC}$! Kolikšen je tok v srednji tuljavi, če tečeta tokova skozi levo in desno tuljavo tako, kot kaže slika 138 b? Dokaži, da v tem primeru tokovi nihajo s frekvenco $\omega = 1/\sqrt{3LC}$! Ker sta frekvenci v obeh primerih različni, tuljav in kondenzatorjev v vezju ne moremo zamenjati z ekvivalentno zanko z enim samim induktorjem in kondenzatorjem. Takemu nihanju pravimo sklopljeno nihanje. S primeroma smo opisali lastni nihanji. (nič; $2I(t)$)



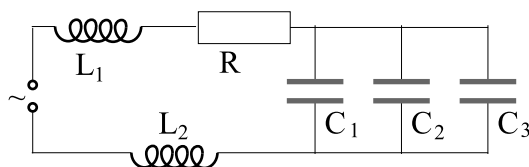
Slika 138:

16. Na sliki 139 sta kondenzatorja $900 \mu\text{F}$ in $100 \mu\text{F}$ ter tuljava $10,0 \text{ H}$. Večji kondenzator je nabit do 100 V , manjši pa je prazen. Kako moramo preklapljati stikali S_1 in S_2 , da manjši kondenzator napolnimo do 300 V ?



Slika 139:

17. Kolikšen upor R moramo vezati zaporedno s kondenzatorjem $C = 12,0 \mu\text{F}$ in tuljavo $L = 220 \text{ mH}$, da se bo amplituda naboja na kondenzatorju zmanjšala na 0,99 začetne vrednosti po 50 nihajih? ($8,66 \text{ m}\Omega$)
18. V dušenem LC-vezju je naboj na kondenzatorju ob času $t = 0$ največji in enak Q . Koliko časa preteče, da amplituda naboja na kondenzatorju pade na polovico začetne vrednosti? ($\frac{L}{R} \ln 2$)
19. V dušenem LC-vezju so upor $7,20 \Omega$, kondenzator $3,20 \mu\text{F}$ in tuljava $12,0 \text{ H}$. V začetku v vezju ni toka in naboj na kondenzatorju je $6,20 \mu\text{C}$. Koliko je naboja na kondenzatorju po 5, 10 in 100 nihajih?
20. Za koliko se spremeni lastna frekvenca LC-vezja z $L = 4,40 \text{ H}$ in $C = 7,30 \mu\text{F}$, ko se upor z nič poveča na 100Ω ? ($2,10 \times 10^{-3}$)
21. Dokaži, da je relativna izguba energije v enem nihaju dušenega LC-vezja $\Delta U/U$ enaka $2\pi R/\omega L$! Količini $Q = \omega L/R$ pravimo tudi dobrot resonatorja. Vezje z veliko dobroto ima majhen upor in majhno izgubo energije v enem nihaju.
22. Vir izmenične napetosti s spremenljivo frekvenco je priključen na zaporedno vezana kondenzator s kapaciteto $3,00 \mu\text{F}$ in induktor z induktivnostjo $2,50 \text{ mH}$. Pri kateri frekvenci vira je amplituda toka v vezju največja? ($1,84 \text{ kHz}$)
23. V vezju na sliki 140 je prikazan generator s spremenljivo frekvenco, ki je priključen na spremenljiv upor R , kondenzator $C = 5,50 \mu\text{F}$ in induktor L . Kadar je upor nastavljen na 100Ω , je amplituda toka pri frekvencah $1,30$ in $1,50 \text{ kHz}$ enaka polovici največje amplitude. Kolikšna je induktivnost induktorja L ? Kaj se zgodi s frekvencama, pri katerih je amplituda toka enaka polovici največje amplitude, če povečamo upor?

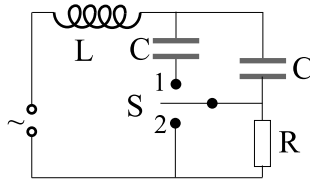


Slika 140:

14 Izmenični tokovi

1. Na vir izmenične napetosti s frekvenco 60 Hz in napetosti 36 V je priključen kondenzator s kapaciteto $15 \mu\text{F}$. Kolikšna je impedanca (kapacitanca) kondenzatorja? Kolikšna je amplituda toka? (177Ω ; $0,203 \text{ A}$)
2. Na vir izmenične napetosti s frekvenco 60 Hz in napetosti 36 V je priključen induktor z induktivnostjo 230 mH . Kolikšna je impedanca (induktanca) induktorja? Kolikšna je amplituda toka? ($86,7 \Omega$; $0,415 \text{ A}$)
3. Na vir izmenične napetosti s frekvenco 60 Hz in amplitudo 36 V so zaporedno priključeni upor 160Ω , kondenzator $15 \mu\text{F}$ in induktor 230 mH . Kolikšna je impedanca vezja? Kolikšna je amplituda toka? Kolikšen je fazni zaostanek toka za napetostjo? Kolikšna je efektivna napetost vira? Kolikšen je efektivni tok v vezju? S kolikšno močjo dela vir? S kolikšno močjo se porablja energija na upor? (184Ω ; $0,196 \text{ A}$; $-29,4^\circ$; $25,5 \text{ V}$; $0,139 \text{ A}$; $3,07 \text{ W}$; $3,07 \text{ W}$)
4. Napetost na primarni tuljavi transformatorja v transformatorski postaji je 17 kV . Transformator dovaja energijo bližnjim hišam, kjer je napetost 220 V . Obe napetosti sta efektivni. Kolikšno je razmerje števila ovojev na primarni tuljavi in sekundarni tuljavi transformatorja? V povprečju trošijo v okoliških hišah 78 kW moči. Kolikšen je efektivni tok v primarni in kolikšen v sekundarni tuljavi? Kolikšen je nadomestni upor sekundarne tuljave? Kolikšen je nadomestni upor primarne tuljave? (71 ; $9,2 \text{ A}$; 650 A ; $0,18 \Omega$; 930Ω)
5. Frekvenca napetosti ν v omrežju je 50 Hz . Kolikšna je ω , če napetost opišemo z $U = U_0 \cos \omega t$?
6. Kondenzator $1,50 \mu\text{F}$ je priključen na vir izmenične napetosti z amplitudo 30 V . Kolikšna je amplituda toka, če je frekvenca napetosti 1 kHz in kolikšna pri frekvenci 8 kHz ?

7. Reaktanca induktorja 45 mH je 1,3 k Ω . Kolikšna je frekvenca napetosti na induktorju? Kolikšna bi bila kapaciteta kondenzatorja z enako reaktanco pri tej frekvenci? Kolikšni sta reaktanci tega induktorja in kondenzatorja pri dvakrat višji frekvenci? (4,60 kHz; 26,6 nF; 2,6 k Ω ; 0,65 k Ω)
8. Napetost izmeničnega vira opišemo z $U = U_0 \sin \omega t$, kjer je $U_0 = 25$ V in $\omega = 377$ rad/s. Na vir je priključen induktor 12,7 H. Kolikšen je največji tok? Kolikšna je napetost na viru v trenutku, ko je tok v vezju največji? Kolikšen je tok v vezju v trenutku, ko je napetost enaka -12,5 V in narašča? Ali v tem trenutku vir daje energijo ali jo prejema od vezja? (39,1 mA; 0; 33,8 mA; daje)
9. Napetost izmeničnega vira opišemo z $U = U_0 \sin \omega t$, kjer je $U_0 = 25$ V in $\omega = 377$ rad/s. Na vir je priključen kondenzator 4,15 μ F. Kolikšen je največji tok? Kolikšna je napetost na viru v trenutku, ko je tok v vezju največji? Kolikšen je tok v vezju v trenutku, ko je napetost enaka -12,5 V in narašča? Ali v tem trenutku vir daje energijo ali jo prejema od vezja?
10. Napetost izmeničnega vira opišemo z $U = U_0 \sin(\omega t - \pi/4)$, kjer je $U_0 = 30$ V in $\omega = 350$ rad/s. Tok je podan z $I = I_0 \sin(\omega t - 3\pi/4)$, kjer je $I_0 = 620$ mA. V katerih časih po $t = 0$ dosežeta napetost in tok na viru prvič največjo vrednost? V vezju je poleg vira en sam element; kateri? Kolikšna je vrednost tega elementa?
11. Napetost izmeničnega vira opišemo z $U = U_0 \sin(\omega t - \pi/4)$, kjer je $U_0 = 30$ V in $\omega = 350$ rad/s. Tok je podan z $I = I_0 \sin(\omega t + \pi/4)$, kjer je $I_0 = 620$ mA. V katerih časih po $t = 0$ dosežeta napetost in tok na viru prvič največjo vrednost? V vezju je poleg vira en sam element; kateri? Kolikšna je vrednost tega elementa? (6,73 ms; 2,24 ms; kondenzator; 59,0 μ F)
12. Iz generatorja trifazne napetosti vodijo tri žice. Napetost v prvi žici lahko opišemo z $U_1 = A \sin(\omega t)$. Napetost v drugi in tretji opišemo z $U_2 = A \sin(\omega t - 120^\circ)$ in $U_3 = A \sin(\omega t - 240^\circ)$. Nekateri električni aparati so narejeni tako, da jih napajamo s trifaznim tokom. Običajni aparati so priključeni samo na dve žici, za kar lahko uporabimo dva od treh izhodov trifaznega generatorja. Kolikšna je potencialna razlika (amplituda in frekvenca) med poljubnima izhodoma trifaznega generatorja?
13. Kolikšen je v resonanci fazni zamik toka v vezju RLC glede na napetost izmeničnega vira?
14. Ali je amplituda napetosti na tuljavi vezja RLC lahko večja od amplitude napajalne napetosti? Kolikšna je amplituda napetosti na tuljavi v resonanci, če so amplituda napetosti vira 10 V, upor 10 Ω , induktivnost 1,0 H in kapaciteta 1,0 μ F?
15. Tuljava z induktivnostjo 88 mH in neznanim uporom je vezana zaporedno s kondenzatorjem 0,94 μ F na vir izmenične napetosti s frekvenco 930 Hz. Kolikšen je upor tuljave, če je fazni zamik med napetostjo na viru in tokom 75° ? (89 Ω)
16. V vezju RLC je amplituda gonilne napetosti 30 V, $R = 5,00$ Ω , $C = 20$ μ F in $L = 1,00$ H. Pri kateri frekvenci vira ω_0 bo amplituda toka največja? Pri katerih frekvencah ω_1 in ω_2 bo amplituda toka enaka polovici največje amplitude? Kolikšna je relativna širina resonančne krivulje $((\omega_1 - \omega_2)/\omega_0)$ za tok? (224 rad/s; 6,00 A; 228 rad/s; 219 rad/s; 0,039)
17. Amplituda napetosti vira v vezju RLC je 125 V. Amplituda toka je 3,20 A. Tok prehiteva napetost za 0,982 rad. Kolikšni sta impedanca in rezistanca vezja?
18. V vezju RLC je frekvenca napetosti 60 Hz. Amplituda napetosti na induktorju je dvakrat večja od amplitude napetosti na uporu in kondenzatorju. Za koliko tok zaostaja za napetostjo? Kolikšen mora biti upor vezja, da je amplituda toka 300 mA, amplituda napetosti na viru pa 30 V? (45 $^\circ$; 70,7 Ω)
19. Vezje RLC s kombinacijo R_1, L_1 in C_1 ima enako resonančno frekvenco kot drugo vezje RLC s kombinacijo R_2, L_2 in C_2 . Kolikšna je lastna frekvenca vezja RLC, ki ga dobimo, tako da prejšnji dve vezji vezemo zaporedno?
20. Voltmeter za izmenično napetost z veliko impedanco priključimo vzporedno z uporom, nato s kondenzatorjem in še s tuljavo RLC-vezja, ki ga napaja vir izmenične napetosti z efektivno napetostjo 100 V. Pri vseh elementih pokaže voltmeter enako vrednost. Kolikšna je ta vrednost?
21. Dokaži, da je relativna širina resonančne krivulje na polovični višini (FWHM) enaka $\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \sqrt{\frac{3C}{L}} R!$
22. V vezju RLC na sliki 141 je efektivna napetost vira izmenične napetosti enaka 220 V, njegova frekvenca pa je 50 Hz. Kadar je stikalo razklenjeno, tako kot kaže slika, tok prehiteva napetost za 20° . Kadar je stikalo v položaju 1, tok zaostaja za napetostjo za 10° . Kadar je stikalo v položaju 2, je efektivni tok v vezju 2,0 A. Kolikšni so R, L in C ?
23. Kolikšna je amplituda napetosti, če je njena efektivna vrednost 100 V? (141 V)



Slika 141:

24. Kolikšen enosmerni tok greje upor enako kot izmenični tok z amplitudo 2,6 A?
25. Dokaži, da je povprečna moč vezja, kjer so zaporedno vezani vir izmenične napetosti, upor, induktor in kondenzator, enaka $\bar{P} = U_0^2 R/Z^2$, kjer je U_0 amplituda napetosti v viru, R upor in Z impedanca vezja!
26. Električni motor, priključen na vir izmenične napetosti s frekvenco 50 Hz in efektivno napetostjo 220 V, opravlja delo z močjo 0,2 KS (1 KS = 746 W). Kolikšen je efektivni upor motorja, izražen z močjo, če skozenj teče efektivni tok 0,650 A? Ali je ta upor enak uporu tuljav, ki bi ga izmerili z ohmmetrom, ko motor ni priključen na vir? (354 Ω)
27. Klima, priključena na omrežno napetost, se obnaša ekvivalentno uporu 12 Ω in induktivni reaktanci 1,3 Ω , ki sta vezana zaporedno. Kolikšna je impedanca klime? S kolikšno močjo prejema klima električno energijo?
28. Efektivni upor električnega motorja je 32 Ω . Njegova induktivna reaktanca je 45 Ω . Priključen je na efektivno napetost 420 V. Kolikšen tok teče skozi motor? (7,61 A)
29. Dokaži, da se v enem nihaju T vezja RLC: a) energija, shranjena v kondenzatorju, ne spremeni; b) energija shranjena v tuljavi ne spremeni; c) energija, ki jo odda vir, zapiše kot $0,5TU_0I \cos \phi$; in d) na uporu porabi $0,5TRI^2$ energije! Dokaži, da sta količini c) in d) enaki!
30. V vezju RLC so $R = 16,0 \Omega$, $C = 31,2 \mu\text{F}$, $L = 9,20 \text{ mH}$ in $U = U_0 \sin \omega t$, kjer je $U_0 = 45,0 \text{ V}$ in $\omega = 3000 \text{ rad/s}$. Kolikšni so ob času $t = 0,442 \text{ ms}$: moč, s katero oddaja energijo vir; moč, s katero se energija shranjuje v kondenzatorju; moč, s katero se energija shranjuje v tuljavi; moč, s katero se energija porablja na uporu? Kaj pomeni negativni predznak, katerega od gornjih rezultatov? Dokaži, da je vsota zadnjih treh moči enaka prvi! Kolikšna bi morala biti kapaciteta, da bi bila moč porabe na uporu največja; najmanjša? Kolikšni sta največja in najmanjša možna poraba energije?
31. Vir izmenične napetosti je priključen na neznano vezje. Z meritvijo ugotovimo, da se napetost spreminja kot $U = U_0 \sin \omega t$, kjer je $U_0 = 75,0 \text{ V}$. Tok se spreminja kot $I = I_0 \sin(\omega t + 42^\circ)$, kjer je $I_0 = 1,20 \text{ A}$. S kolikšno močjo deluje vir? Ali tok prehiteva ali zaostaja za napetostjo? Ali je vezje v resonanci? Ali je vezje bolj induktivno kot kapacitivno? Ali je v vezju upor; kondenzator; induktor?
32. Dušilec luči je narejen tako, da je zaporedno z žarnico vezan spremenljiv induktor. Induktivnost lahko spreminjamo od 0 do L_m . Napajanje ima efektivno napetost 220 V in frekvenco 50 Hz. Na žarnici je označeno "220 V, 100 W". Kolikšen mora biti L_m , da lahko moč žarnice zmanjšamo za petkrat? Predpostavi, da je upor žarnice neodvisen od temperature. Ali bi lahko za dušenje namesto induktorja uporabili spremenljiv (od 0 do R_m) upor? Kolikšen bi moral biti R_m , da bi bilo dušenje enako kot prej? Zakaj spremenljivi uporni ni v uporabi?
33. V vezju RLC so upor 15 Ω , kondenzator 4,7 μF , tuljava 25 mH in vir izmenične napetosti z efektivno napetostjo 75 V ter frekvenco 550 Hz. Kolikšen je efektivni tok v vezju? Kolikšne so efektivne napetosti na uporu, tuljavi in kondenzatorju? S kolikšno povprečno močjo se troši energija na posameznih elementih vezja? (2,59 A; 38,8 V; 224 V; 159 V; 100 W; 0; 0)
34. Vir izmenične napetosti napaja primarno tuljavo transformatorja z napetostjo 100 V. Primarna tuljava ima 50 ovojjev. Kolikšna je napetost na sekundarni tuljavi, ki ima 500 ovojjev?
35. Transformator ima 500 ovojjev na primarni tuljavi in 10 na sekundarni. Kolikšna je napetost na sekundarni tuljavi, če je efektivna napetost na primarni 120 V in sekundarna tuljava ni obremenjena? Kolikšna sta tokova v primarni in sekundarni tuljavi, če na sekundarno priključimo upor 15 Ω ? (2,4 V; 3,2 mA; 0,16 A)
36. Avtotransformator je narejen tako, da je na železno jedro navita ena sama tuljava, ki ima priključek na začetku, koncu in nekje v sredi. Med začetnim in srednjim priključkom je 200 ovojjev, med srednjim in končnim pa 800. Za priključke primarne tuljave lahko vzamemo katerikoli par priključkov in ravno tako za sekundarno tuljavo. Katera so vsa možna razmerja primarne in sekundarne napetosti?

37. Porabnik električne energije v tovarni dobiva elektriko od izmeničnega vira po dolgem kablu. V tovarni je transformator, ki napetost v kablu V_t pretvori v omrežno napetost. Upor kabla je $0,30 \Omega$. Moč vira je 250 kW . Izračunaj padec napetosti in moč porabe električne energije na kablu za napetosti z amplitudo $V_t = 80 \text{ kV}$, $8,0 \text{ kV}$ in $0,80 \text{ kV}$! ($1,9 \text{ V}$; $5,8 \text{ W}$; 19 V ; $0,58 \text{ kW}$; $0,19 \text{ kV}$; 58 kW)
38. Visokoimpedančni izhod avdioojačevalca si lahko predstavljamo kot vir izmenične napetosti z velikim notranjim uporom r . Nanj priključimo nizkoimpedančni zvočnik, ki ima upor R . Največ moči iz vira preide na porabnik, kadar je $r = R$. V našem primeru sta upora različna. Vzemimo $r = 1000 \Omega$ in $R = 10 \Omega$. Kakšen transformator bi vstavili med izhod ojačevalca in vhod zvočnika, da bi "izenačili impedanci"? Kolikšno mora biti razmerje navojev?
39. Dokaži, da je napetost na kondenzatorju v vezju RLC največja, kadar je frekvenca vira izmenične napetosti enaka $\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{2L}}$, kjer je ω_0 resonančna frekvenca vezja!

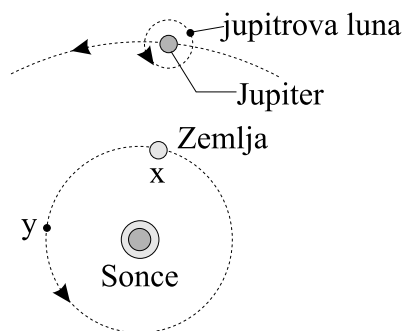
15 Maxwelllove enačbe

- Ploščati kondenzator se polni z nabojem. Kakšno je inducirano magnetno polje med ploščama v oddaljenosti r od središča plošč? Kolikšno je magnetno polje, če je $r > R$, kjer je R polmer plošč kondenzatorja? Kolikšno je magnetno polje na razdalji $r = R = 55 \text{ mm}$, če je $dE/dt = 1,50 \times 10^{12} \text{ V/m s}$? Kolikšen je v tem primeru premikalni tok med ploščama? Na kolikšni razdalji od središča je magnetno polje enako polovici največje vrednosti? ($B = 0,5\mu_0\epsilon_0 r dE/dt$ za $r \leq R$, $B = \frac{\mu_0\epsilon_0 R^2}{2r} \frac{dE}{dt}$ za $r > R$; 459 nT ; $0,126 \text{ mA}$; $27,5 \text{ mm}$ in 110 mm)
- Kolikšna je impedanca praznega prostora ($\sqrt{\mu_0/\epsilon_0}$)? (377Ω)
- Ploščati kondenzator z okroglima ploščama polmera 30 mm , ki sta $5,0 \text{ mm}$ narazen, napaja izmenična napetost z amplitudo 150 V in frekvenco 50 Hz . Kolikšno je največje magnetno polje, ki se zaradi tega inducira?
- Dokaži, da premikalni tok v ploščnem kondenzatorju lahko zapišemo kot $I_p = C \frac{dU}{dt}$, kjer je U napetost na kondenzatorju!
- Ploščati kondenzator z okroglima ploščama premera 20 cm se polni. Gostota premikalnega toka med ploščama je enakomerna in enaka 20 A/m^2 . Kolikšna je velikost magnetnega polja med ploščama 50 mm od osi, ki prebada središči plošč? S kolikšno hitrostjo se spreminja električno polje med ploščama? ($0,63 \mu\text{T}$; $2,3 \times 10^{12} \text{ V/sm}$)
- Specifični upor srebra je $1,62 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$. Srebrna žica ima presek $5,00 \text{ mm}^2$. Tok v žici je v nekem trenutku 100 A in se spreminja za 2000 A/s . Tok je enakomerno razporejen po preseku. Kolikšno je električno polje v žici? Kolikšen je premikalni tok v žici? Kolikšno je razmerje magnetnega polja, ki ga povzroča premikalni tok, in magnetnega polja zaradi toka v razdalji r od žice?
- Ploščati kondenzator s površino plošč A in razmikom med ploščama d je napolnjen s snovjo, ki ima dielektričnost ϵ in specifično prevodnost σ . Kondenzator v začetku napolnimo do napetosti U , nato pa se prazni skozi snov med ploščama. Kolikšno je magnetno polje med ploščama v času praznjenja kondenzatorja?

16 Elektromagnetno valovanje

- Opazovalec stoji $1,8 \text{ m}$ od točkastega vira svetlobe. Vir ima moč 250 W . Kolikšna sta efektivno magnetno in električno polje na mestu opazovalca? Predpostavi, da vir sveti enakomerno na vse strani. ($1,6 \times 10^{-7} \text{ T}$; 48 V/m)
- Prašni delci, ki odletijo s kometa, ne ostanejo v kometovi orbiti ampak jih Sončni veter odpihne v smeri radialno od Sonca. Predpostavi, da je prašni delec okrogel, ima polmer r , gostoto $\rho = 3,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ in popolnoma absorbira vpadlo svetlobo. Pri kolikšnem polmeru r je privlačna gravitacijska sila zaradi Sonca enaka odbojni sili svetlobnega tlaka? ($1,7 \times 10^{-7} \text{ m}$)
- Polarizacijski ravnini dveh polarizatorjev sta vzporedni, tako da je jakost prepuščene svetlobe največja. Za koliko moramo zavrteti katerega koli od polarizatorjev, da bo jakost svetlobe padla na polovico? ($\pm 45^\circ$ ali $\pm 135^\circ$)
- Ameriška mornarica je načrtovala izgradnjo 10000 km^2 velike antene, s katero bi pošiljali sporočila na podmornice. Kolikšna bi bila frekvenca in nihajni čas elektromagnetnega valovanja v signalih, če bi bila valovna dolžina enaka $1,0 \times 10^4$ zemljinih polmerov? Zelo nizke frekvence so potrebne zato, ker visokofrekvenčni signali ne prodrejo globoko v prevodnik (morsko vodo). ($4,7 \times 10^{-3} \text{ Hz}$; $3 \text{ min } 32 \text{ s}$)
- Koliko časa potrebuje radijski signal, da prepotuje razdaljo 150 km od antene do sprejemnika?
- Luno vidimo zato, ker se od nje odbije sončna svetloba. Kdaj je svetloba, ki jo vidimo z Lune, zapustila Sonce? Razdalja od Lune do Zemlje je $3,8 \times 10^5 \text{ km}$ od Sonca do Zemlje pa $1,5 \times 10^8 \text{ km}$.

7. Koliko časa potrebuje signal, da pride do vesoljske sonde pri Saturnu in nazaj, če je razdalja od Zemlje do sonde $1,3 \times 10^9$ km?
8. V Rakovi meglici, ki je oddaljena 6500 svetlobnih let, so kitajski astronomi leta 1054 opazili eksplozijo supernove. Kdaj se je eksplozija v resnici zgodila?
9. Valovna dolžina visokoenergijskih žarkov X , ki nastanejo pri trku elektronov energije 18 GeV s trdno tarčo, je 0,067 fm. Kolikšna je njihova frekvenca? Kolikšna je valovna dolžina radijskih valov zelo nizke frekvence (VLF) 30 Hz? ($4,5 \times 10^{24}$ Hz; $1,0 \times 10^4$ km = 1,6 zemljinih polmerov)
10. Pri kolikšni valovni dolžini je občutljivost povprečnega očesa največja? Kolikšna sta tedaj frekvenca in nihajni čas svetlobe? Pri kolikšni valovni dolžini je občutljivost polovica največje?
11. Helij-neonski laser oddaja rdečo svetlobo valovne dolžine 632,8 nm. Širina črte v spektru je 0,0100 nm (to pomeni, da oddaja svetlobo v frekvenčnem spektru od 632,8 - 0,01 nm do 632,8 + 0,01 nm). Kolikšna je širina črte v frekvenčnem spektru? Katera frekvenca ustreza tej svetlobi?
12. Ena od metod določanja hitrosti svetlobe, ki izvira iz Roemerjevih opazovanj leta 1676, temelji na opazovanju navideznega obhodnega časa ene od Jupitrovih lun. Pravi obhodni čas je 42,5 h. Kako se spremeni navidezni obhodni čas, ko se Zemlja premakne iz točke x v točko y na sliki 142, če upoštevamo končno hitrost svetlobe? Kaj moramo opazovati, da lahko izračunamo hitrost svetlobe? Kateri podatek potrebujemo? Zanimari premikanje Jupitra. Slika ni narisana v pravem razmerju. (Stalno narašča; opazovati moramo navidezni čas med dvema eklipsama in ga primerjati s časom prvih dveh eklips, ki ju opazimo v točki x ; poznati moramo polmer zemljine krožnice)

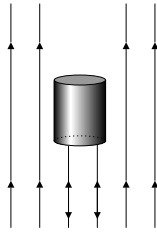


Slika 142:

13. Kolikšna je valovna dolžina elektromagnetnega valovanja, ki ga povzročijo nihanja v vezju LC z $L = 0,253 \mu\text{H}$ in $C = 25,0 \text{ pF}$?
14. Kolikšen induktor moramo povezati vzporedno s kondenzatorjem 17 pF v oscilator, da bo elektromagnetno valovanje, ki tako nastane, imelo valovno dolžino 550 nm? Komentiraj rezultat! ($5,0 \times 10^{-21} \text{ H}$)
15. Največja vrednost električne poljske jakosti ravnega elektromagnetnega valovanja je $3,20 \times 10^{-4} \text{ V/m}$. Kolikšno je največje magnetno polje? (1,07 pT)
16. Električno polje ravnega elektromagnetnega valovanja opišemo z $E_x = 0; E_y = 0; E_z = E_0 \cos[\omega(t - x/c)]$, in sicer so $E_0 = 2,0 \text{ V/m}$, $\omega = \pi \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ in $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$. Valovanje se razširja v smeri pozitivne osi x . Zapiši magnetno polje tega valovanja!
17. Sodobni neodimski laserji lahko dosegaajo moči 100 TW v 1,0 ns dolgih sunkih svetlobe z valovno dolžino 0,26 μm . Koliko energije je v enem sunku?
18. Nam najbližja zvezda α -Centauri je od nas oddaljena 4,3 svetlobnih let. Recimo, da tam lahko spremljajo televizijski program z Zemlje. Kolikšna je tam gostota toka, če je moč oddajnika na Zemlji enaka 1 MW? ($4,8 \times 10^{-29} \text{ W/m}^2$)
19. Elektromagnetno valovanje se razširja v negativni smeri osi y . V nekem trenutku je na nekem mestu električno polje usmerjeno vzdolž osi z in ima velikost 100 V/m. Kolikšno je magnetno polje in kakšna je njegova smer v tem trenutku na tem mestu?
20. Polmer Zemlje je 6400 km. Zemlja je od Sonca oddaljena $1,50 \times 10^8$ km. Kolikšen del celotnega Sončevega sevanja prestreže Zemlja? ($4,51 \times 10^{-10}$)

21. Laserski žarek ni čisto vzporeden, ampak se širi v obliki stožca z odprtino θ . Ta kot imenujemo divergenca žarka. Pri meritvi oddaljenosti z argonskim laserjem z valovno dolžino 514,5 nm posvetimo na Luno. Divergenca laserskega žarka je 0,880 μ rad. Kolikšna je velikost osvetljene površine na Luni? Oddaljenost Lune od Zemlje je $3,8 \times 10^5$ km.
22. Gostota svetlobnega toka, ki na jasen dan pride s Sonca do površine Zemlje, je 100 W/m². Na kolikšni oddaljenosti od infragrelca z močjo 1,0 kW je gostota energijskega toka enaka sončni, če predpostavimo, da grelec sveti na vse strani enako? (89 cm)
23. Dokaži, da je povprečna površinska gostota energijskega toka ravnega elektromagnetnega valovanja enaka $\bar{S} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} = \frac{cB_0^2}{2\mu_0}$!
24. Kolikšna je povprečna površinska gostota energijskega toka ravnega elektromagnetnega valovanja, če je amplituda magnetnega polja $1,0 \times 10^{-4}$ T? (1,2 MW/m²)
25. Ko se ulični svetilki približamo za 150 m, ugotovimo, da se je gostota svetlobnega toka 1,5-krat povečala. Koliko smo bili od svetilke oddaljeni v začetku? (820 cm)
26. Gostota svetlobnega toka na robu Zemljine atmosfere je 1,40 kW/m². Kolikšni sta amplitudi električnega in magnetnega polja svetlobe s Sonca (predpostavi, da je valovna fronta ravna)? (1,03 kV/m; 3,43 μ T)
27. Radijski teleskop v Arecibu, Portoriko, ki ga uporabljajo pri programu SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence), lahko zazna signal, ki ima na celotni površini Zemlje moč 1 pW. Kolikšno moč zazna antena? Premer antene je 300 m. Kolikšna bi morala biti moč vira v središču naše galaksije, ki bi oddajal tak signal? Središče galaksije je oddaljeno $2,2 \times 10^{14}$ svetlobnih let.
28. Helij-neonski laser oddaja svetlobo, ki ima valovno dolžino 632,8 nm in moč 3,0 mW. Divergenca žarka je 0,17 mrad. Kolikšna je gostota svetlobnega toka 40 m od laserja? Kolikšna je moč točkastega vira, ki ima enako gostoto toka na enaki oddaljenosti? (83 W/m²; 1,7 MW)
29. Letalo, ki leti na razdalji 10 km od radijskega oddajnika, prejme signal velikosti 10 μ W/m². Kolikšni sta amplitudi električnega in magnetnega polja pri sprejemniku? Kolikšna je moč oddajnika, če seva enakomerno v vse smeri?
30. Med testiranjem skuša radar zaznati za radar nevidno letalo, ki je oddaljeno 90 km. Moč in frekvenca radarja sta 180 kW in 12 GHz. Predpostavi, da radar oddaja enakomerno v polprostor. Kolikšna je gostota svetlobnega toka na mestu nevidnega letala? Od letala se odbije toliko svetlobe, kot da bi bil njegov presek enak 0,22 m². Kolikšna je moč odbitega snopa svetlobe? Predpostavi, da se odbita svetloba širi enakomerno v polprostor. Kolikšni so gostota odbitega svetlobnega toka, amplituda električnega polja in efektivna velikost magnetnega polja na mestu, kjer je radar? (3,5 μ W/m²; 0,78 μ W; $1,5 \times 10^{-17}$ W/m²; 110 nV/m; 0,25 fT)
31. Na črn košček papirja s površino 2,0 cm² pravokotno vpada svetloba z gostoto toka 10 W/m². S kolikšnim tlakom pritiska svetloba na papir, če se vsa absorbira?
32. Laserje velikih moči uporabljajo za stiskanje plazme. Reflektivnost plazme je ena, kadar je koncentracija elektronov dovolj velika. Laserski žarek, ki sveti v sunkih z največjo močjo $1,5 \times 10^3$ MW, zberemo v piko veliko 1,0 mm², ki sveti na plazmo. Kolikšen je pritisk na plazmo? ($1,0 \times 10^7$ N/m²)
33. Povprečna gostota svetlobnega toka, ki vpada s Sonca na Zemljino atmosfero, je 1,4 kW/m². Kolikšen je pritisk Sončeve svetlobe na atmosfero, če predpostavimo, da se vsa svetloba absorbira? Kolikšen je ta pritisk v primerjavi z normalnim zračnim tlakom na površini Zemlje? Kolikšna je sila, s katero deluje svetloba na Zemljo? Kolikšna je gravitacijska sila Sonca na Zemljo? (4,7 μ Pa; $4,6 \times 10^{-11}$; $6,0 \times 10^8$ N; $3,6 \times 10^{22}$ N)
34. Kolikšen je svetlobni tlak 1,5 m stran od 500 W žarnice? Predpostavi, da sveti žarnica enakomerno v vse smeri in da površina, na kateri merimo pritisk, popolnoma absorbira vpadlo svetlobo.
35. Ravno elektromagnetno valovanje z valovno dolžino 3,0 m se širi v pozitivni smeri osi x . Električna poljska jakost je polarizirana vzdolž osi y in ima amplitudo 300 V/m. Kolikšna je frekvenca valovanja? Kakšno je magnetno polje? Kolikšna sta k in ω , če električno polje opišemo z enačbo $E = E_0 \sin(kx - \omega t)$? Kolikšna je gostota energijskega toka tega valovanja? S kolikšno silo bi to valovanje delovalo na 2,0 m² veliko ploskev, na katero bi vpadalo pravokotno in bi se na ploskvi popolnoma absorbiralo? (100 MHz; 1 μ T v smeri osi z ; 2,1 m⁻¹; $6,3 \times 10^8$ rad/s; 120 W/m²; $8,0 \times 10^{-7}$ N)
36. Šolski helij-neonski laser ima žarek z močjo 5 mW in valovno dolžino 633 nm. Z lečo ga lahko zberemo v piko, ki ima premer dveh valovnih dolžin. Kolikšna je gostota svetlobnega toka v piki? Kolikšen je pritisk na kroglico, ki popolnoma absorbira svetlobo in je enako velika kot žarek? Kolikšna je sila na to kroglico? S kolikšnim pospeškom se premika kroglica? Gostota kroglice je 5 kg/l.

37. Na sliki 143 je prikazan navpično navzgor usmerjen laserski žarek z močjo 4,6 W in premerom 2,6 mm. V žarku stoji valj s premerom, ki je manjši od premera žarka, in obrnjen tako, kot kaže slika. Svetloba se na valju popolnoma absorbira. Kolikšna mora biti višina valja, da valj na žarku lebdi? Gostota snovi, iz katere je narejen valj, je 1,2 kg/l. (491 nm)



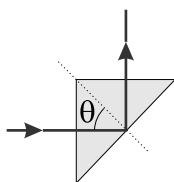
Slika 143:

38. Svetloba z gostoto energijskega toka j vpada pravokotno na površino, kjer se je ηj absorbira, preostanek pa se odbije nazaj. Kolikšen je svetlobni tlak na površini?
39. Vesoljsko plovilo, katerega masa je skupaj s potniki enaka 1,5 t, potuje po vesolju in nanj ne deluje sila teže. Za koliko se spremeni hitrost plovila, potem ko astronom za en dan prižge 10 kW laser? (1,9 mm/s)
40. Vesoljsko plovilo bi lahko jadralo s sončnim vetrom. Kolikšna bi morala biti površina jader, da bi bila sila svetlobnega tlaka enaka gravitacijskemu privlaku Sonca? Masa plovila z jadrom naj bo 1500 kg. Jadro popolnoma odbija sončne žarke in je nanje pravokotno. Plovilo je od Sonca oddaljeno $1,5 \times 10^8$ km.
41. Na prašni delec v medzvezdnem prostoru deluje sila teže in sila svetlobnega tlaka sončnih žarkov. Predpostavi, da je delec okrogel, ima gostoto 1 kg/l in absorbira vso vpadlo svetlobo. Dokaži, da delce, manjše od nekega polmera r , odpihne v vesolje! Kolikšen je r ? (580 nm)
42. Magnetno polje elektromagnetnega valovanja opišemo z enačbami $B_x = B_0 \sin(ky + \omega t)$, $B_y = B_z = 0$. V katero smer se širi valovanje? Zapiši enačbe, ki opisujejo električno polje! Ali je valovanje polarizirano; če je, v kateri smeri?
43. Žarek nepolarizirane svetlobe z gostoto energijskega toka 10 mW/m^2 sveti pravokotno skozi polarizator. Kolikšna je amplituda električnega polja prepuščenega valovanja? Kolikšen svetlobni tlak pritiska na polarizator? (1,9 V/m; $1,7 \times 10^{-11} \text{ N/m}^2$)
44. Žarek nepolarizirane svetlobe sveti skozi dva polarizatorja, položena drug na drugega. Kolikšen mora biti kot med polarizacijskima ravninama polarizatorjev, da bo gostota prepuščenega toka enaka tretjini gostote vpadnega toka?
45. Trije polarizatorji so naloženi drug na drugega. Prvi in tretji sta prekržana pravokotno. Drugi je zavrten za 45° glede na druga dva. Kolikšen del gostote toka nepolarizirane svetlobe pride skozi sklad polarizatorjev? (1/8)
46. Trije polarizatorji so naloženi drug na drugega. Prvi in tretji sta obrnjena enako. Drugi je zavrten za 80° glede na ostala. Kolikšen del toka nepolarizirane svetlobe pride skozi sklad polarizatorjev?
47. Žarek nepolarizirane svetlobe sveti skozi sklad štirih polarizatorjev, ki so obrnjeni tako, da je vsak naslednji zavrten za 30° glede na prejšnjega. Kolikšen del svetlobe pride skozi sklad?
48. Žarek polarizirane svetlobe sveti na polarizator, katerega polarizacijska ravnina je zavrtena za kot θ glede na polarizacijsko ravnino vpadnega valovanja. Prvemu polarizatorju sledi drugi, ki je zasukan pravokotno na polarizacijsko ravnino vpadnega valovanja. Kolikšen je kot θ , če je gostota prepuščenega toka svetlobe enaka desetini gostote vpadnega toka? (20° ali 70°)
49. Vodoraven žarek navpično polarizirane svetlobe z gostoto toka 43 W/m^2 gre skozi dva polarizatorja. Polarizacijska ravnina prvega polarizatorja oklepa z navpičnico kot 70° , polarizacijska ravnina drugega je vodoravna. Kolikšna je gostota prepuščenega toka?
50. Vodoraven žarek nepolarizirane svetlobe z gostoto toka 43 W/m^2 gre skozi dva polarizatorja. Polarizacijska ravnina prvega polarizatorja oklepa z navpičnico kot 70° , polarizacijska ravnina drugega je vodoravna. Kolikšna je gostota prepuščenega toka?
51. Delno polarizirano svetlobo si lahko predstavljamo kot kombinacijo polarizirane in nepolarizirane svetlobe. Z žarkom delno polarizirane svetlobe posvetimo na polarizator. Polarizator nato zavrtimo za 360° , tako da je ves čas pravokoten na vpadni žarek. Kolikšen del vpadnega žarka je polariziran, če je največja gostota prepuščenega toka petkrat večja od najmanjše?

52. Polarizacijsko ravnino polariziranega valovanja lahko obrnemo za 90° tako, da valovanje pošljemo skozi polarizatorje. Kolikšno je najmanjše število polarizatorjev, s katerimi lahko to dosežemo? Kolikšno je najmanjše število polarizatorjev, če naj bo gostota prepuščenega toka vsaj 60 % gostote vpadnega toka? (dva; pet)
53. Na plaži je svetloba v glavnem delno polarizirana zaradi odboja svetlobe na vodni gladini in pesku. Kolikšen del gostote vpadnega toka prepustijo polarizacijska očala, ki absorbirajo vodoravno polarizirano komponento, če je vodoravno polarizirane komponente v vpadnem valovanju 2,3-krat več kot navpično polarizirane? Kolikšen je ta del, če nagnemo glavo z očali v stran v ležeč položaj?
54. Na tanko plast z maso m , specifično toploto c in osnovnico S pravokotno vpada ravno elektromagnetno valovanje. Plast popolnoma absorbira valovanje. Amplituda električnega polja valovanja je E_0 . S kolikšno hitrostjo dT/dt se spreminja temperatura plasti zaradi absorpcije valovanja?
55. Nepolarizirana svetloba vpada pravokotno na polarizator. Za polarizatorjem je drug polarizator, katerega polarizacijska ravnina je zavrtena za kot θ , glede na prvega. Kolikšen je θ , če je delež prepuščenega svetlobnega toka enak p ?
56. Laserski žarek z gostoto toka j se odbije od ravne površine S . Med smerjo žarka in pravokotnico na površino je kot θ . Izrazi svetlobni tlak laserskega žarka, ki se odbije pod kotom θ , s tlakom, ki ga povzroči pravokotni žarek!
57. Svetlobni žarek z gostoto toka j se popolnoma odbije od površine valja s polmerom R . Polmer žarka je večji od polmera valja. Žarek sveti pravokotno na os valja. Kolikšna je dolžinska gostota sile žarka na valj?

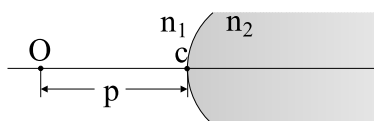
17 Geometrijska optika

1. Kot med žarkom, ki vpada na ravno zglajeno površino kremenca, in pravokotnico na ravnino je $31,25^\circ$. V žarku sta valovanji z valovno dolžino 404,7 nm in 508,6 nm. Lomna količnika za ti valovni dolžini sta 1,4697 in 1,4619. Lomni količnik za obe valovni dolžini v zraku je 1,0003. Kolikšen je kot med lomljenima žarkoma? (6,9 min)
2. Na sliki 144 je trikotna steklena prizma v zraku. Žarek, ki pravokotno vstopa v prizmo na eni strani, se popolnoma odbije na meji med steklom in zrakom. Kaj lahko povemo o lomnem količniku stekla, če je kot $\theta = 45^\circ$? ($n > 1,4$)



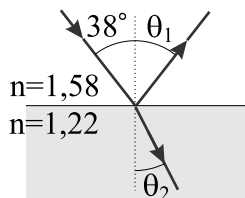
Slika 144:

3. Svetlobo v zraku bi radi polarizirali s stekleno ploščo, ki ima lomni količnik 1,57. Pri katerem vpadnem kotu je odbita svetloba popolnoma polarizirana? Pod katerim kotom se tedaj lomi prepuščena svetloba? ($57,5^\circ$; $32,5^\circ$)
4. Kako mora biti postavljeno in kakšno višino mora imeti navpično ravno zrcalo, da se oseba z višino 190 cm ravno vidi v njem? (95 cm)
5. Krivinski radij konveksnega zrcala je 22 cm. Kje nastane slika objekta, ki stoji 14 cm pred zrcalom? Kolikšna je povečava v tem primeru? ($b = 6,2$ cm; $m = +0,44$)
6. Predmet O na sliki 145 je postavljen v prostoru z lomnim količnikom $n_1 = 1$. Druga polovica prostora je napolnjena s snovjo, ki ima lomni količnik $n_2 = 1,9$. Meja med prvo in drugo snovjo se prilega površini krogle s polmerom $r = 11$ cm s središčem v drugi snovi. Predmet stoji $p = 19$ cm od točke c . Kje nastane slika predmeta? ($b = +65$ cm)



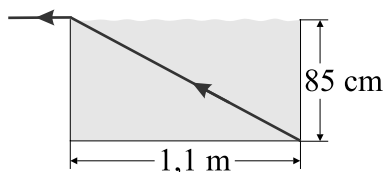
Slika 145:

7. Zbiralna leča ima krivinska radija po 42 cm in je narejena iz stekla z lomnim količnikom 1,65. Kolikšna je njena goriščna razdalja? Kolikšna je goriščna razdalja razpršilne leče z enakima krivinskima radijema in iz enake snovi? (+32 cm; -32 cm)
8. Riževo zrno postavimo na optično os, na kateri sta dve leči 10 cm narazen. Prva ima goriščno razdaljo 24 cm, druga pa 9 cm. Zrno je 6 cm pred prvo lečo. Kje nastane slika zrna? Kje nastane slika, če leči zamenjamo? (18 cm za drugo lečo; 168 cm za lečo, ki je bolj oddaljena od zrna)
9. Poišči kota θ_1 in θ_2 na sliki 146! ($38,0^\circ$; $52,9^\circ$)



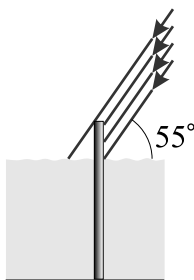
Slika 146:

10. Žarek vpada iz vakuumu na steklen blok pod kotom 32° s pravokotnico. V bloku je kot žarka s pravokotnico enak 21° . Kolikšen je lomni količnik stekla?
11. Kovinski tank na sliki 147 je napolnjen do vrha z neznano tekočino. Opazovalec z očmi tik ob vrhu tanka ravno vidi nasprotni spodnji rob tanka E . Kolikšen je lomni količnik neznanne tekočine? (1,26)



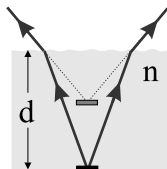
Slika 147:

12. Dva metra dolga navpična palica na sliki 148 sega 50 cm nad vodno gladino. Sončni žarki svetijo pod kotom 55° z vodoravnico. Kolikšna je dolžina sence, ki jo palica meče na dno bazena? (1,07 m)



Slika 148:

13. Dokaži, da se žarek, ki pod kotom θ vpada na stekleno ploščo z debelino t , po prehodu iz stekla ne odkloni, ampak samo vzporedno premakne! Dokaži, da je za majhne kote odklon enak $x = t\theta(n - 1)/n$, kjer je n lomni količnik stekla!
14. Kovanec leži na dnu bazena z globino d . Tekočina v bazenu ima lomni količnik n . Dokaži, da vidimo skoraj pravokotne žarke, ki se odbijejo od kovanca, kot da izvirajo iz globine d/n , tako kot kaže slika 149! To je tudi navidezna globina bazena.
15. Kolikšna je navidezna globina bazena, če opazujemo gladino pod kotom 30° z vodoravnico?
16. V bazenu plava 20 mm debela plast vode z lomnim količnikom 1,33 na 40 mm debeli plasti ogljikovega tetraklorida, ki ima lomni količnik 1,46. Kolikšna je navidezna globina bazena, če opazujemo dno pravokotno?



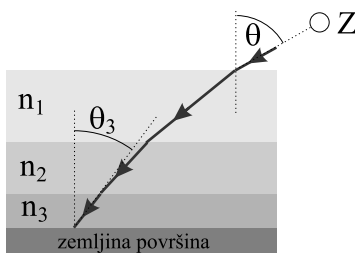
Slika 149:

17. Na dnu 200 cm globokega bazena, polnega vode, je zrcalo. Žarnica je postavljena 250 cm nad vodno gladino. Kje nastane slika žarnice? (351 cm pod zrcalom)
18. Na sliki 150 vidimo presek trikotnega žleba. Dno tvorita zrcali postavljeni pravokotno drugo na drugega. Žarek sveti pravokotno na gladino vode. Dokaži, da je žarek, ki se odbije na dnu žleba, vzporeden vpadnemu žarku! Kako se odbije žarek pri poševnem vpadu?



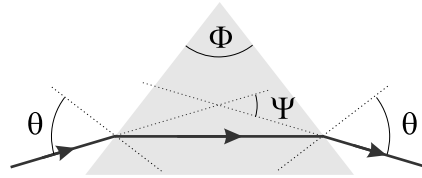
Slika 150:

19. Lomni količnik zraka v Zemljini atmosferi monotono pada od 1,00029 na Zemljini površini do 1,00000 na vrhu atmosfere. To zvezno spreminjanje lahko modeliramo s tremi (ali več) plastmi zraka z različnimi, a v plasti konstantnimi lomnimi količniki. Tako je na sliki 151 $n_3 > n_2 > n_1 > 1,00000$. Opiši pot žarka z zvezde Z , ki vpada na zgornjo plast pod kotom θ glede na pravokotnico! Dokaži, da je navidezni vpadni kot žarka za opazovalca na površini Zemlje dan s $\sin \theta_3 = \frac{1}{n_3} \sin \theta$! Kolikšen je kotni premik $\theta - \theta_3$ za zvezdo, pri kateri je $\theta = 20^\circ$? Te popravke, čeprav majhne, je potrebno upoštevati pri satelitski navigaciji. ($(6,05 \times 10^{-3})^\circ$)

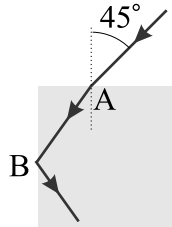


Slika 151:

20. Žarek na sliki 152 vpada na stranico steklene prizme v zraku. Vpadni kot θ je izbran tako, da izstopni žarek oklepa s pravokotnico na drugo ploskev enak kot. Dokaži, da je lomni količnik n podan z $n = \frac{\sin((\Psi + \Phi)/2)}{\sin(\Phi/2)}$, kjer je Φ temenski kot prizme, Ψ pa je kot, za katerega je izstopni žarek odklonjen od vstopnega! Pri opisanem poskusu je Ψ najmanjši in ga imenujemo kot najmanjšega odklona.
21. Kot najmanjšega odklona enakostranične prizme (definiran je v prejšnji nalogi) je 30° . Kolikšen je lomni količnik prizme? (1,41)
22. Lomni količnik benzena je 1,8. Kolikšen je mejni kot, pod katerim se popolnoma odbije žarek, ki iz benzena vpada proti ravni meji med benzenom in zrakom?
23. Žarek na sliki 153 vpada v točki A pod kotom 45° na steklen blok in se popolnoma odbije v točki B. Najmanj kolikšen je lomni količnik stekla? (1,22)
24. Vpadni žarek na sliki 154 je pravokoten na stranico ab trikotne steklene prizme z lomnim količnikom 1,52. Največ kolikšen je lahko kot ϕ , da se žarek popolnoma odbije na stranici ac , če je prizma v zraku? Kolikšen pa, če je prizma potopljena v vodo?
25. Riba je 2,00 m pod površino mirnega jezera. Pod katerim kotom z vodoravnico mora pogledati, da vidi ogenj, ki gori na robu vode 100 m stran? Lomni količnik vode je 1,33. ($41,2^\circ$)



Slika 152:

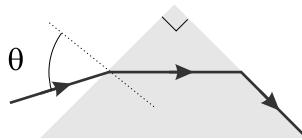


Slika 153:

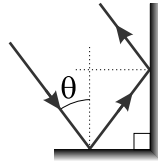
26. Točkast vir svetlobe je 80 cm pod vodno gladino. Kolikšen je premer kroga, ki ga na površini obsije izstopajoča svetloba?
27. V središču steklene kocke je pika. Stranice kocke so dolge 10 mm. Lomni količnik stekla je 1,5. Katere dele na površini kocke moramo prekriti, da pike ne vidimo? Kolikšni del celotne površine kocke pokrijemo? (središče vsake stranice pokrijemo z neprozornim krogom polmera 4,5 mm; 0,63)
28. Žarek sveti na prizmo, tako kot kaže slika 155. Izrazi lomni količnik prizme s θ !
29. Optično vlakno ima stekleno žilo z lomnim količnikom n_1 . Žila je obdana s plaščem, ki ima lomni količnik n_2 ; $n_2 < n_1$. Žarek vstopi v vlakno iz zraka pod kotom θ . Dokaži, da θ ne sme biti večji od $\arcsin \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$, da žarek potuje v vlaknu! Kolikšen je največji kot θ , če je $n_1 = 1,58$ in $n_2 = 1,53$?
30. Žarki v optičnem vlaknu se gibljejo v različnih smereh in zato je pot, ki jo prepotujejo od enega konca vlakna do drugega, različna. Signal se razmaže in informacija se lahko izgubi. Kolikšna je razlika časov, ki jih za potovanje v optičnem vlaknu dolžine L porabi žarek, ki se giblje naravnost v vlaknu, in žarek, ki se popolnoma odbija pod največjim možnim kotom? Lomni količnik žile je n_1 in plašča n_2 . ($\Delta t = \frac{L}{c} \frac{n_1}{n_2} (n_1 - n_2)$)
31. Pod katerim vpadnim kotom je svetloba, ki se odbija na vodni površini, popolnoma polarizirana? Ali je ta kot odvisen od valovne dolžine?
32. Svetlobni žarek se v vodi, ki ima lomni količnik 1,33, odbije od steklene plošče z lomnim količnikom 1,53. Pri kolikšnem vpadnem kotu, bo odbita svetloba popolnoma polarizirana? ($49,0^\circ$)
33. Izračunaj največji in najmanjši Brewstrov kot za odboj bele svetlobe na površini kremenčevega stekla! V beli svetlobi so zastopana valovanja z valovno dolžino med 400 in 700 nm. Lomni količnik je največji za valovno dolžino 400 nm (1,470) in najmanjši za valovno dolžino 700 nm (1,456).
34. Rdeča svetloba se na steklenem bloku odbija pod Brewstrovim kotom. Prepuščeni žarek se lomi pod kotom 32° . Kolikšna sta lomni količnik stekla in Brewstrov kot? (1,60; $58,0^\circ$)
35. S kolikšno hitrostjo se nam približuje slika, če se s hitrostjo v približujemo ravnemu zrcalu?
36. Žarek na sliki 156 se odbije od dveh pravokotnih ravnih zrcal. Kolikšen je kot med vpadnim in odbitim žarkom? (180°)
37. Vešča leti v višini oči in 10 cm od ravnega zrcala. Opazovalec je oddaljen 30 cm od zrcala. Na katero razdaljo mora izostriti pogled, da bo videl sliko vešče v zrcalu?



Slika 154:

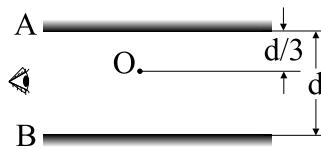


Slika 155:



Slika 156:

38. Dve ravni ogledali A in B na sliki 157 sta za d narazen. Majhen predmet O je postavljen za $d/3$ od ogledala A . V ogledalih vidimo vrsto slik predmeta. Kje so prve štiri slike predmeta v ogledalu A ?



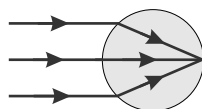
Slika 157:

39. Dokaži, da se žarek zavrti za 2α , če se zrcalo zavrti za α !
40. Točkast predmet je 10 cm od ravnega zrcala. Oko s premerom zenice 5 mm je oddaljeno 20 cm. S kolikšnega dela površine zrcala se odbije svetloba s predmeta, da pride v oko? Oko, predmet in slika predmeta so v isti črti.
41. Kakšna je krajevna odvisnost gostote svetlobnega toka na ravnem zaslonu, ki je od točkastega vira svetlobe oddaljen d , če na drugo stran vira, ravno tako stran d , postavimo ravno zrcalo?
42. Mačje oko obsega množico ogledal, od katerih je vsako sestavljeno tako, da tri ravna zrcala postavimo v vogal kocke. Zrcala odbijejo vpadni žarek po treh odbojih v isti smeri, po kateri je prišel. Dokaži!
43. Konkavno kozmetično ogledalo ima krivinski radij 35 cm. Postavljeno je tako, da je slika obraza pokončna in 2,5-krat povečana. Kolikšna je razdalja med obrazom in zrcalom?
44. Enačba krogelnega zrcala velja le za žarke v bližini optične osi. Nariši primer, ko žarki niso blizu optične osi. Z ravnilom premeri oddaljenost predmeta in slike od zrcala ter rezultat primerjaj z napovedjo enačbe!
45. Dopolni tabelo za krogelna ali ravna zrcala! Skiciraj postavitve! Razdalje so v centimetrih. Če kje manjka predznak, ga poišči. V tabeli je r krivinski radij zrcala, f goriščna razdalja, i razdalja od slike do temena zrcala, p razdalja od predmeta do temena zrcala, m pa je povečava.

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
tip	konk		+20			20		konv
f [cm]	20							
r [cm]					-40		40	
i [cm]					-10		4,0	
p [cm]	+10	+10	+30	+60				+24
m		+1		-0,5		+0,10		0,50
realna slika		ne						
pokončna slika								ne

46. Podolgovat predmet z dolžino L leži na osi krogelnega zrcala. Razdalja od predmeta do temena zrcala je a . Kolikšna je dolžina slike predmeta? Kolikšna je vzdolžna povečava? Izrazi vzdolžno povečavo s prečno povečavo m !
- $$\left(L \left(\frac{f}{a-f}\right)^2\right); m^2$$

47. Svetleča točka se po osi konkavnega zrcala premika s hitrostjo 5,0 cm/s proti zrcalu. Krivinski radij zrcala je 15 cm. Kolikšne so hitrosti slike zrcala v trenutkih, ko je točka od temena oddaljena 30, 8,0 in 0,10 cm? $\left(-\left(\frac{r}{2a-r}\right)^2 v_0\right)$
48. Vzporedni žarek laserske svetlobe vpada v trdno prozorno kroglo z lomnim količnikom n , tako kot kaže slika 158. Kolikšen je lomni količnik, če se žarek zbere ravno na zadnjem delu krogle? Kolikšen bi moral biti lomni količnik, da bi se žarek zbral v središču krogle? (2; ni mogoče)

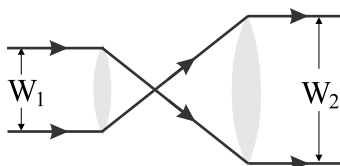


Slika 158:

49. Dopolni tabelo! Vsak stolpec ustreza krogelni površini, ki ločuje sredstvi z lomnima količnikoma n_1 in n_2 . Predpostavi, da je predmet točkast, oddaljen p od temena, in da slika nastane na razdalji i od temena. Krivinski radij krogelne površine je r .

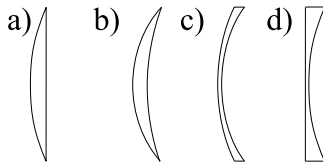
	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
n_1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
n_2	1,5	1,5	1,5		1,0	1,0	1,0	
p [cm]	+10	+10		+20	+10		+70	+100
i [cm]		-13	+600	-20	-6,0	-7,5		+600
r [cm]	+30		+30	-20		-30	+30	-30
realna slika								

50. Ozek vzporeden žarek svetlobe z leve vpada na stekleno kroglo. Lomni količnik stekla n je manjši od 2. Izrazi razdaljo točke, kjer se zbere žarek, od točke, kjer žarek zadane kroglo, z n in polmerom krogle r ! $\left(\frac{2-n}{2(n-1)}r\right)$ desno od desnega roba krogle)
51. Predmet je postavljen 20 cm pred zbiralno lečo, ki ima goriščno razdaljo 30 cm. Kje nastane slika? Poišči sliko, tako da narišeš potek žarkov!
52. Zbiralni leči s skupno optično osjo in goriščnima razdaljama f_1 in f_2 sta postavljeni za $f_1 + f_2$ narazen, kot kaže slika 159. Tak sestav razširi žarek s širine W_1 na širino W_2 , pri čemer žarek ostane vzporeden. Izrazi W_2 z W_1 , f_1 in f_2 ! Kolikšno je razmerje gostot svetlobnega toka vpadnega in razširjenega žarka? Kako bi dosegli isto z zbiralno in razpršilno lečo (nariši)? $(f_2 W_1 / f_1)$; $(f_2 / f_1)^2$; leči bi postavili za $f_2 - f_1$ narazen, kjer je f_2 zbiralna leča)



Slika 159:

53. Bikonveksno lečo naredimo iz stekla z lomnim količnikom 1,5. Kolikšna sta krivinska radija krogelnih ploskev, če naj bo en krivinski radij dvakrat večji od drugega in naj bo goriščna razdalja leče 60 mm? (45 mm; 90 mm)
54. Z zbiralno lečo, ki ima goriščno razdaljo 20,0 cm, na zaslonu izostrimo sliko Sonca. Kolikšen je premer slike?
55. Leča je narejena iz stekla z lomnim količnikom 1,5. Ena stran leče je ravna, druga je konveksna s krivinskim radijem 20 cm. Kolikšna je goriščna razdalja leče? Kje nastane slika predmeta, postavljenega 40 cm pred lečo? (+ 40 cm; v neskončnosti)
56. Katere od leč na sliki 160 so zbiralne in katere razpršilne?
57. Dokaži, da je goriščna razdalja tanke krogelne leče z lomnim količnikom n in krivinskima radijema r_1 in r_2 podana z $\frac{1}{f} = \frac{n-n'}{n'} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$, če je leča potopljena v tekočino z lomnim količnikom n' !
58. Filmska kamera z goriščno razdaljo 75 mm snema osebo, visoko 180 cm in oddaljeno 27 m. Kolikšna je velikost osebe na filmskem traku?

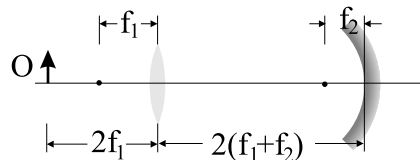


Slika 160:

59. Dopolni tabelo! Vsak stolpec ustreza tanki leči. Poišči manjkajoče predznake. Nariši, kako potekajo žarki za vsak primer!

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)
tip	zbiralna								
f [cm]	10	+10	10	10					
r_1 [cm]					+30	-30	-30		
r_2 [cm]					-30	+30	-60		
b [cm]									
a [cm]	+20	+5,0	+5,0	+5,0	+10	+10	+10	+10	+10
n					1,5	1,5	1,5		
m			>1,0	<1,0				0,50	-0,50
realna slika									da
pokončna slika								da	

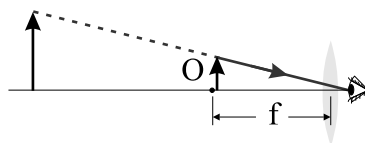
60. Zbiralna leča z goriščno razdaljo +20 cm je postavljena 10 cm pred razpršilno lečo z goriščno razdaljo -15 cm. Predmet je postavljen 40 cm pred zbiralno lečo. Kje nastane in kakšna je slika predmeta?
61. Predmet stoji 1,0 m pred zbiralno lečo z goriščno razdaljo 0,50 m. Ravno zrcalo je 2,0 m za lečo. Kje nastane slika, če pogledamo skozi lečo v zrcalo? Ali je slika realna ali navidezna? Ali je slika pokončna ali obrnjena? Kolikšna je povečava slike? (0,60 m na strani leče, ki je obrnjena od ogledala; realna; pokončna; +0,20)
62. Razdalja predmeta na sliki 161 od leče je dvakrat večja od goriščne razdalje leče f_1 . Na drugi strani leče je konkavno zrcalo z goriščno razdaljo f_2 . Razdalja od leče do zrcala je $2(f_1 + f_2)$. Nariši potek žarkov! Kje nastane slika, kako je obrnjena, ali je realna, kolikšna je njena povečava?



Slika 161:

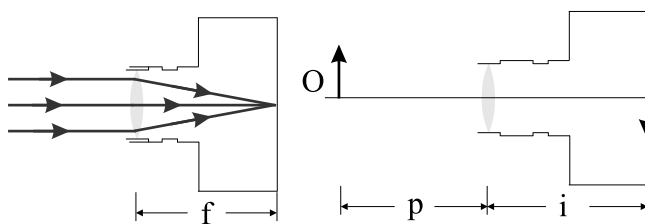
63. Realna, obrnjena slika predmeta nastane 40 cm od predmeta. Slika je pol tako velika kot predmet. Kakšna leča naredi to sliko? Kje leča stoji? Kolikšna je njena goriščna razdalja? (zbiralna; 26,7 cm; 8,89 cm)
64. Predmet je 20 cm pred zbiralno lečo z goriščno razdaljo +10 cm. Druga zbiralna leča z goriščno razdaljo 12,5 cm je 30 cm za prvo lečo. Kje je slika? Kakšna je slika? Nariši potek žarkov!
65. Dve tanki leči z goriščnima razdaljama f_1 in f_2 sta tesno ena ob drugi. Dokaži, da njuna kombinacija ustreza eni sami leči z goriščno razdaljo $f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$!
66. Moč leče P je definirana kot $P = 1/f$, kjer je f goriščna razdalja leče. Enota za moč je dioptrija; 1 dioptrija = 1 m⁻¹. Dokaži, da je moč sestava dveh leč enaka vsoti njunih moči!
67. Osvetljen diapozitiv je postavljen 44 cm od zaslona. Kje mora stati zbiralna leča z goriščno razdaljo 11 cm, da bo slika na zaslonu ostra? (22 cm)
68. Dokaži, da je razdalja med predmetom in realno sliko, ki jo naredi zbiralna leča, vedno večja ali kvečjemu enaka štirikratniku goriščne razdalje leče!

69. Osvetljen predmet je postavljen D od zaslona. Dokaži, da je razdalja d med mestoma, kamor lahko postavimo zbiralno lečo z goriščno razdaljo f , tako da je slika na zaslonu ostra, enaka $d = \sqrt{D(D-4f)}$! Dokaži, da je razmerje velikosti slike za ta položaja leče enako $\left(\frac{D-d}{D+d}\right)^2$!
70. Objektiv mikroskopa ima goriščno razdaljo 4,00 cm, okular 8,00 cm. Leči sta 25,0 cm narazen. Kolikšna je razdalja med goriščnima ravninama leč? Koliko mora biti predmet oddaljen od objektiva, da slika objektiva nastane v gorišču okularja? Kolikšna je tedaj povečava objektiva? Za koliko okular poveča zorni kot? Kolikšna je celotna povečava mikroskopa?
71. Povečava teleskopa je 36. Premer leče objektiva je 75 mm. Najmanj kolikšen mora biti premer okularja, da bo slednji zbral vso svetlobo iz zelo oddaljenega točkastega vira, ki jo prepusti objektiv? (2,1 mm)
72. Dokaži, da se slika predmeta na sliki 162 približa iz neskončnosti in da se zorni kot (in kotna povečava) poveča, če predmet približamo z mesta, kjer je narisano, očesu! Kotno povečavo lahko tako poljubno večamo, vendar tako pridemo do točke, kjer oko ne zmore več izostriti slike (pri normalnem očesu je ta razdalja 15 cm). Dokaži, da je največja uporabna povečava zornega kota enaka $1 + a/f$, kjer je f goriščna razdalja lupe in $a = 15$ cm. Dokaži, da je v tem primeru kotna povečava enaka povečavi leče!



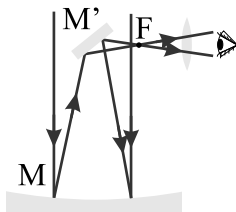
Slika 162:

73. Pri opazovanju neskončno oddaljenega predmeta je goriščna razdalja očesne leče enaka 2,50 cm. Kolikšna mora biti goriščna razdalja leče pri opazovanju 40,0 cm oddaljenega predmeta? Ali očesne mišice povečajo ali zmanjšajo ukrivljenost leče pri napanjanju oči (gledanju na blizu)?
74. Leča zbere sliko za mrežnico, če je oko daljnovidno. Pri kratkovidnosti pa slika nastane pred mrežnico. Kakšno lečo je treba dodati pred oko, da odpravimo kratkovidnost, in kakšno, da odpravimo daljnovidnost? Nariši potek žarkov za vsak primer! Ali je oseba, ki potrebuje očala samo za branje, daljnovidna ali kratkovidna? Kolikšna mora biti goriščna razdalja leče, ki bi omogočala opazovanje neskončno oddaljenih predmetov človeku, ki lahko vidi predmet le, če je največ 50 cm stran? Ali je leča zbiralna ali razpršilna? Kolikšna je dioptrija leče?
75. Na sliki 163 je osnovna shema fotografske kamere. Zbiralna leča v objektivu ima goriščno razdaljo 5,00 cm. Kadar je predmet postavljen v neskončnosti, slika nastane na filmu, ki je na zadnji strani ohišja. Predmet nato približamo na razdaljo 100 cm. Za koliko moramo premakniti lečo, da je obrnjena realna slika ponovno ostra? (za 3 mm, na 5,3 cm)



Slika 163:

76. Na sliki 164 je shema zrcalnega teleskopa. Vzporeden snop svetlobe se odbije od zrcala M z goriščno razdaljo f_{ob} in na ravnem zrcalu M' usmeri proti objektivu. Slika zrcala M nastane v goriščni ravnini okularja, ki ima goriščno razdaljo f_{ok} . Dokaži, da je povečava takega teleskopa enaka $-f_{ob}/f_{ok}$! Zrcalo teleskopa na Mt. Palomarju v Kaliforniji ima premer 500 cm in goriščno razdaljo 16,8 m. Kolikšna bi bila velikost slike 1 m dolge palice, oddaljene 2,0 km? Kolikšna mora biti goriščna razdalja okularja, da je kotna povečava enaka 200?
77. Predmet je postavljen 10 mm pred objektivom mikroskopa. Objektiv in okular sta 300 mm narazen. Slika objektiva nastane 50 mm pred okularjem. Kolikšna je povečava mikroskopa? (-75)



Slika 164:

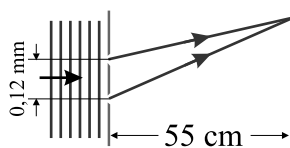
18 Interferenca

- Žarka vstopita v različni sredstvi, kot kaže slika 165. Svetloba v žarkih ima valovno dolžino 550,0 nm. Zgornja snov ima lomni količnik 1,600, spodnja pa je zrak. Debelina plasti je 2,567 μm . Kolikšna je fazna razlika izstopnih valovanj? Izrazi fazno razliko tudi z valovno dolžino! (5 rad; 0,8 λ)



Slika 165:

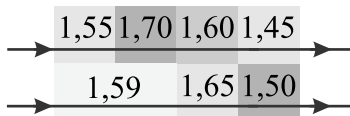
- Kolikšna je na zaslonu C na sliki 166 razdalja med sosednjima ojačitvama v središču interferenčnega vzorca? Valovna dolžina svetlobe je 546 nm, reži sta 0,12 mm narazen, zaslon je 55 cm oddaljen od rež. (2,5 mm)



Slika 166:

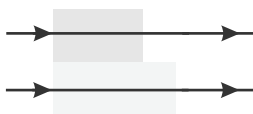
- Kakšno valovanje nastane, ko interferirajo valovanja $E_1 = E_0 \sin(\omega t)$, $E_2 = E_0 \sin(\omega t + 60^\circ)$ in $E_3 = E_0 \sin(\omega t - 30^\circ)$? ($E = 2,4E_0 \sin(\omega t + 8,8^\circ)$)
- Bela svetloba z enakomerno gostoto toka med valovnimi dolžinami 430 - 690 nm vpada pravokotno na tanko plast vode z debelino 320 nm in lomnim količnikom 1,33. Plast vode je v zraku. Kolikšna valovna dolžina je najmočnejša v odbiti svetlobi? (567 nm)
- Steklena leča je na eni strani prevlečena s tanko plastjo magnezijevega fluorida (MgF_2). Ta plast zmanjša odboj s površine leče. Lomni količnik magnezijevega fluorida je 1,38 in stekla 1,50. Kolikšna je najmanjša debelina plasti, pri kateri se zaradi interference ne odbije svetloba iz sredine vidnega spektra (valovna dolžina 550 nm)? Predpostavi, da svetloba vpada na lečo pod pravim kotom. (99,6 nm)
- Valovna dolžina rumene natrijeve svetlobe v zraku je enaka 589 nm. Kolikšna je njena frekvenca? Kolikšna je valovna dolžina te svetlobe v steklu z lomnim količnikom 1,52? Kolikšna je hitrost razširjanja svetlobe v steklu? ($5,09 \times 10^{14}$ Hz; 388 nm; $1,97 \times 10^8$ m/s)
- Za koliko je svetloba v safirju hitrejša od svetlobe v diamantu? Lomni količnik safirja je 1,77, diamanta pa 2,42.
- V neki tekočini izmerimo hitrost rumene natrijeve svetlobe $1,92 \times 10^8$ m/s. Kolikšen je lomni količnik tekočine za to svetlobo?
- Kolikšna je hitrost svetlobe z valovno dolžino 550 nm v kremenčevem steklu? ($2,1 \times 10^8$ m/s)
- Kadar se elektron giblje v snovi hitreje od svetlobe v tej snovi, elektron seva elektromagnetno valovanje (pojav Čerenkova). Najmanj kolikšna mora biti hitrost elektrona, da seva v snovi z lomnim količnikom 1,54?
- Svetlobni žarek sveti vzdolž osi 1,6 km dolge cevi. V cevi je lahko zrak ali vakuum. Kdaj je čas, ki ga potrebuje žarek, da prepotuje cev, večji in za koliko? (kadar je v cevi zrak, je čas daljši za 1,55 ns)

12. Valovi na morju se približujejo obali s hitrostjo $4,0 \text{ m/s}$, pod kotom 30° glede na pravokotnico na obalo. V neki razdalji od obale se jim hitrost zmanjša na $3,0 \text{ m/s}$, ker je tam globina manjša. V kateri smeri valovi butnejo ob obalo? Ali lahko razložimo, zakaj valovi pridejo do obale večinoma pravokotno, čeprav potujejo na odprtem morju v različnih smereh? (22° ; lom zmanjša vpadni kot)
13. Na sliki 167 sta dva svetlobna žarka, od katerih gre vsak po svoji poti skozi snovi z različnimi lomnimi količniki. Kateri od žarkov pride skozi snovi hitreje? Kolikšna je razlika v času?



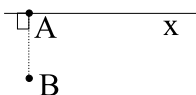
Slika 167:

14. Valovanji v dveh svetlobnih žarkih v zraku sta v začetku v fazi. Njuna valovna dolžina je $600,0 \text{ nm}$. Žarka nato potujeta skozi različni snovi, kot kaže slika 168. Zgornja plast je debela $3,50 \mu\text{m}$ in ima lomni količnik $1,60$, spodnja pa je debela $4,00 \mu\text{m}$ in ima lomni količnik $1,40$. Za koliko valovnih dolžin se razlikujeta fazi izstopajočih valovanj?



Slika 168:

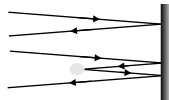
15. Enobarvna zelena svetloba z valovno dolžino 550 nm osvetljuje vzporedni ozki reži, ki sta $7,70 \mu\text{m}$ narazen. Pod kakšnim kotom nastane ojačitev tretjega reda? ($0,216 \text{ rad} = 12,4^\circ$)
16. Kako moramo spremeniti oddaljenost zaslona od rež pri Youngovem poskusu, da ostane razdalja med sosednjimi ojačitvami enaka, če razmik med režama podvojimo? (podvojiti)
17. Pri Youngovem poskusu uporabimo modrozeleno svetlobo z valovno dolžino 500 nm . Reži sta $1,20 \text{ mm}$ narazen. Zaslona je oddaljen $5,40 \text{ m}$. Kolikšna je na zaslonu razdalja med dvema sosednjima ojačitvama?
18. Pri poskusu z dvema uklonskima režama in svetlobo z valovno dolžino 589 nm se smeri sosednjih ojačitev razlikujeta za $0,20^\circ$. Za koliko sta ojačitvi narazen, če poskus izvedemo pod vodo, ki ima lomni količnik $1,33$? ($0,15^\circ$)
19. Pri poskusu z dvema uklonskima režama, ki sta $5,0 \text{ mm}$ narazen in $1,0 \text{ m}$ od zaslona, opazimo na zaslonu dva interferenčna vzorca, ker sta v vpadni svetlobi zastopani svetlobi z valovnimi dolžinama 480 nm in 600 nm . Kolikšna je na zaslonu razdalja med ojačitvama tretjega reda obeh valovanj?
20. Vira valovanj A in B na sliki 169 sta v fazi in oddajata valovanji z enakima valovnimi dolžinama. Razdalja med viroma je enaka trem valovnim dolžinam. Z valovno dolžino izrazi najmanjšo in največjo razdaljo od vira A vzdolž osi x do točke, kjer valovanji z obeh virov destruktivno interferirata! ($8,75 \lambda$)



Slika 169:

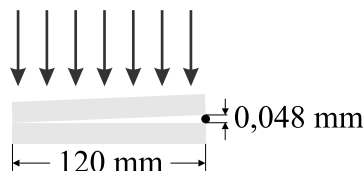
21. Tanka rezina sljude z lomnim količnikom $1,58$ prekriva eno od dveh rež. Srednjo točko oddaljenega zaslona zdaj pokriva ojačitev, ki je bila sedma po vrsti pred vstavitvijo rezine. Kolikšna je debelina rezine, če je valovna dolžina svetlobe 550 nm ?
22. Seštej količine $10 \sin(\omega t)$, $15 \sin(\omega t + 30^\circ)$ in $5 \sin(\omega t - 45^\circ)$, tako da si pomagaš s faznim diagramom!
23. Vir A oddaja radijske valove z valovno dolžino 400 m . Vir B oddaja valovanje z enako valovno dolžino in zaostaja v fazi za $\pi/2$. Kolikšna je fazna razlika valovanj z obeh virov v točki, ki je od vira B oddaljena 100 m več kot od vira A ? (0)

24. Dve valovanji z enako frekvenco imata amplitudi $1,00 E_0$ in $2,00 E_0$. Valovanji interferirata v točki, kjer je fazna razlika med njima $\pi/3$. Kolikšna je amplituda kombiniranega valovanja na tem mestu? ($2,65 E_0$)
25. Točkasta vira A in B na sliki 169 oddajata radijske valove z valovno dolžino 1 m. Vira sta 4 m narazen in sevata v fazi. Moči obeh virov sta enaki. Na katerih razdaljah od vira A vzdolž osi x z detektorjem zaznamo prve štiri ojačitve? Ali je moč valovanja pri prvi oslabitvi enaka nič?
26. Dokaži, da je pri Youngovem poskusu kotna širina interferenčnih maksimumov na polovični višini enaka $\Delta\theta = \lambda/2d$, kjer je d razdalja med režama!
27. Kakšna je odvisnost gostote svetlobnega toka od kota pri Youngovem poskusu, kjer je ena od rež toliko širša, da je amplituda valovanja, ki iz te reže doseže na srednjo točko zaslona, dvakrat večja od amplitude valovanja, ki pride iz druge reže? ($j = 1/9j_m[1 + 8\cos^2(\pi d \sin\theta/\lambda)]$, j_m je jakost osrednje ojačitve)
28. Žarek na sliki 170 se enkrat odbije od ravnega zrcala. Drugi žarek se odbije od zrcala, nato od prašnega delca, ki je za L stran od zrcala, in zopet od zrcala. Žarka sta pred prvim odbojem v fazi. Najmanj kolikšna mora biti razdalja L , da imata odbita žarka nasprotno fazo, če je njuna valovna dolžina λ ? Zanemari nagnjenost žarkov.



Slika 170:

29. Svetloba z valovno dolžino 585 nm v zraku pravokotno vpada na opno iz milnice z lomnim količnikom 1,33 in debelino $1,21 \mu\text{m}$. Ali je svetloba, ki se odbije od obeh strani opne, ojačana ali oslabljena? (oslabljena)
30. Ravni val monokromatske svetlobe vpada pravokotno na tanko plast olja na steklu. Valovno dolžino svetlobe lahko zvezno spreminjamo. Oslabitev svetlobe opazimo pri valovnih dolžinah 500 nm ter 600 nm in nikjer vmes. Lomni količnik stekla je 1,50, olja pa 1,30. Kolikšna je debelina oljne plasti?
31. Stekleno ploščo z lomnim količnikom 1,40 prevlečemo s plastjo snovi, ki ima lomni količnik 1,55. Kolikšna je najmanjša debelina plasti, pri kateri bo zelena svetloba z valovno dolžino 525 nm prepuščena ojačano? Katere druge valovne dolžine bodo še prepuščene ojačano? Katere valovne dolžine vidne svetlobe bodo prepuščene oslabljeno? (169 nm;; modrovijolična bo oslabljena)
32. Na debeli stekleni plošči z lomnim količnikom 1,50 je tanka plast acetona z lomnim količnikom 1,25. Bela svetloba vpada pravokotno na plast. V odbiti svetlobi je ojačana svetloba z valovno dolžino 700 nm. Odbita svetloba z valovno dolžino 600 nm je oslabljena. Kolikšna je debelina acetonske plasti? (840 nm)
33. Kapljica olja z lomnim količnikom 1,20 plava na vodi z lomnim količnikom 1,33. Kapljico vidimo tako, da z vrha opazujemo svetlobo, ki se odbije od nje. Ali bo zunanji (tanjši) del kapljice svetel ali temen? Kolikšna je debelina kapljice na mestu, kjer se vidi tretja modra prog od njenega roba? Zakaj barve izginejo, ko je debelina kapljice dovolj velika?
34. Monokromatska svetloba vpada iz snovi z lomnim količnikom n_1 pravokotno na plast z lomnim količnikom n_2 in enakomerno debelino, ki je večja od desetine valovne dolžine. Za plastjo je snov z lomnim količnikom n_3 . Najmanj kolikšna mora biti debelina plasti v valovnih dolžinah, da se odbije najmanj svetlobe (največ se je prepusti) in je $n_1 < n_2 > n_3$? Kaj pa če je $n_1 < n_2 < n_3$? Pri kolikšni debelini se odbije največ svetlobe in je $n_1 < n_2 < n_3$? ($\lambda/2n_2$; $\lambda/4n_2$; $\lambda/2n_2$)
35. Širok snop svetlobe z valovno dolžino 680 nm na sliki 171 pravokotno vpada na dve stekleni plošči. Plošči sta dolgi 120 mm. Na enem koncu sta ločeni s tanko žičko premera $48 \mu\text{m}$. Koliko svetlih prog vidimo na spodnji plošči, ko gledamo iz smeri vpadnih žarkov? Kaj pa, če na plošči vpada bela svetloba? Zakaj je tedaj rob, tam kjer se plošči stikata, temen? S katerega dela vidnega spektra je svetloba, ki destruktivno interferira desno od temnega območja? Kakšna je tam barva odbite svetlobe? (141)
36. Stekleno ploščo z lomnim količnikom 1,5 postavimo na plastično ploščo z lomnim količnikom 1,2 tako, kot kaže slika 172 a. Plošči se dotikata na levem robu. Na plošči pravokotno vpada svetloba z valovno dolžino 600 nm. Slika odbite svetlobe je na sliki 172 b. Kolikšen je razmik med steklom in plastiko na desnem robu? Koliko svetlih prog vidimo, če prostor med ploščama zapolni voda z lomnim količnikom 1,33? (1800 nm; 8)
37. Leča s krivinskim polmerom R na sliki 173 leži na ravni stekleni plošči. Na lečo od zgoraj pravokotno vpada svetloba z valovno dolžino λ . V odbiti svetlobi opazimo krožne kolobarje ojačane in oslabljene svetlobe. Kolobarje imenujemo Newtonovi kolobarji in so posledica različne debeline zračne plasti med lečo in ploščo. Kolikšni so polmeri interferenčnih ojačitev r , če predpostavimo, da je $r \ll R$?



Slika 171:

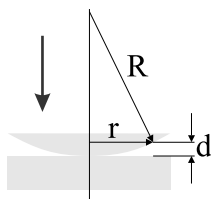


Slika 172:

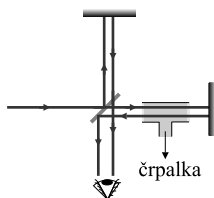
38. Z meritvami Newtonovih kolobarjev lahko določimo ukrivljenost leče. Polmera n -tega in $n + 20$ -tega kolobarja sta 0,162 cm in 0,368 cm. Svetloba, ki jo uporabimo, ima valovno dolžino 546 nm. Kolikšen je krivinski radij površine leče na mestu, kjer se je dotika ravna plošča?
39. Dokaži, da je razmik med m -tim in sosednjim Newtonovim kolobarjem enak $\sqrt{\lambda R/m}/2$, kjer je R krivinski radij leče, λ pa valovna dolžina svetlobe in je $m \gg 1$! Dokaži, da je površina med tema kolobarjema enaka $\pi\lambda R$!
40. V Michelsonovem interferometru premaknemo zrcalo za 0,233 mm. Pri tem se interferenčni vzorec premakne za 792 prog. Kolikšna je valovna dolžina svetlobe, ki interferira?
41. Tanko opno z lomnim količnikom 1,40 vstavimo pravokotno na optično pot v krak Michelsonovega interferometra. Kolikšna je debelina opne, če se interferenčni vzorec premakne za sedem prog in ima svetloba valovno dolžino 589 nm?
42. V krak Michelsonovega interferometra vstavimo 5 cm dolgo neprodušno posodo, ki je na nasprotnih straneh zastekljena in priključena na vakuumsko črpalko, tako kot kaže slika 174. Uporabimo svetlobo z valovno dolžino 500 nm. Potem, ko zrak izčrpamo iz posode, se vzorec premakne za 60 črt. Kolikšen je lomni količnik zraka?
43. Zapiši, kako je pri Michelsonovem interferometru gostota svetlobnega toka na zaslonu odvisna od položaja premičnega zrcala! Položaj merimo od točke, ko sta oba kraka enako dolga. ($I = I_0 \cos^2(2\pi x/\lambda)$)
44. Pod katerim kotom se ojačano odbije svetloba z valovno dolžino 550 nm, ki pod kotom 30° vpada na tanko plast olja z lomnim količnikom 1,2? Plast olja je debela $2 \mu\text{m}$ in plava na vodi z lomnim količnikom 1,33.
45. Svetlobni žarek na sliki 175 potuje iz točke A v točko B . Dokaži, da je čas, ki ga potrebuje svetloba, da prepotuje pot iz A v B , najmanjši, kadar kota θ_1 in θ_2 ustrezata lomnemu zakonu!

19 Uklon

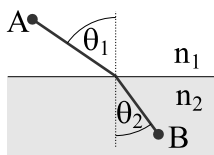
1. Reža je osvetljena z vzporednim žarkom bele svetlobe. Kolikšna mora biti širina reže, da bo prva oslabitev rdeče svetlobe z valovno dolžino 650 nm pod kotom 15° ? Kolikšna je valovna dolžina svetlobe, ki je pod tem kotom ojačana? ($2,5 \mu\text{m}$)
2. Kolikšna je pri uklonu na eni reži gostota toka prve stranske ojačitve v primerjavi z gostoto toka sredinske ojačitve? (4,5 %)



Slika 173:

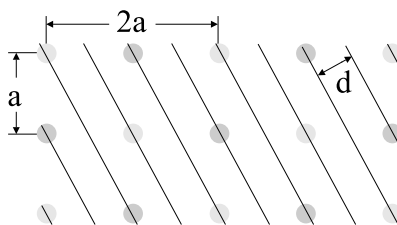


Slika 174:



Slika 175:

3. Leča ima premer 32 mm in goriščno razdaljo 24 cm. Kolikšen mora biti zorni kot dveh zelo oddaljenih točkastih predmetov, da zadostita Rayleighovemu kriteriju, če je valovna dolžina svetlobe 550 nm? Koliko sta narazen središči interferenčnih vzorcev točkastih predmetov v goriščni ravnini leče? ($2,10 \times 10^{-5}$ rad; $5 \mu\text{m}$)
4. Pointilizem je tehnika slikanja, kjer je slika sestavljena iz množice majhnih pik. V približku si lahko predstavljamo sliko kot tesno zložene enako velike barvne ploskve okrogle oblike. Najmanj kolikšna mora biti razdalja, s katere opazujemo sliko, da na njej ne bomo več videli pik, ampak enakomerno obarvano površino? Premer zenice je 1,5 mm, središča ploskev so med sabo 2,0 mm narazen. (6,1 m)
5. Pri uklonu na dveh režah je zaslon postavljen 52 cm od njiju. Reži sta 0,12 mm narazen in 0,025 mm široki. Valovna dolžina svetlobe je 480 nm. Kolikšna je razdalja med sosednjimi ojačitvami na zaslonu? Kolikšna je razdalja med osrednjo ojačitvijo in prvo oslabitvijo uklonske ovojnice? Koliko svetlih črt je v osrednji ojačitvi? (2,1 mm; 10 mm; 9)
6. Uklonska mrežica je dolga 25,4 mm in ima $1,26 \times 10^4$ rež. Nanjo pravokotno vpada žarek z modro (450 nm) in rdečo (625 nm) svetlobo. Pri katerih kotih nastanejo ojačitve drugega reda? Kolikšne so širine črt? ($26,5^\circ$; $38,3^\circ$; $1,98 \times 10^{-5}$ rad; $3,14 \times 10^{-5}$ rad)
7. Uklonska mrežica je dolga 25,4 mm in ima $1,26 \times 10^4$ rež. Osvetluje jo natrijeva svetilka, v kateri sta rumeni barvi z valovnima dolžinama 589,00 in 589,59 nm. Pod katerim kotom se v prvem redu ojači barva s krajšo valovno dolžino? Kolikšen je v prvem redu kot med ojačitvama obeh barv? Kolikšna sme biti razlika valovnih dolžin, da jih v prvem redu še razločimo z mrežico? Najmanj koliko rež mora imeti mrežica, da razloči rumeni natrijevi barvi? (17° ; 1,05 min; $\Delta\lambda = 0,0467$ nm; 998)
8. Rentgenska svetloba z valovno dolžino 0,110 nm sveti na kristal soli. Ioni so v kristalu razporejeni v ogliščih tesno skupaj zloženih kock. Razdalja med sosednjimi ioni je 0,563 nm. Pod katerimi koti lahko vpada svetloba na družino ravnin, prikazanih na sliki 176, da je odbita svetloba ojačana? ($25,9^\circ$ za drugi red in $60,9^\circ$ za četrti red)

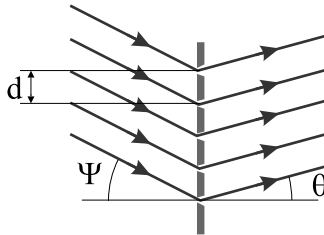


Slika 176:

9. Enobarvna svetloba sije na 0,022 mm široko režo. Kot med direktnim ojačanim in prvim oslabljenim snopom je $1,8^\circ$. Kolikšna je valovna dolžina svetlobe? (690 nm)
10. Enobarvna svetloba z valovno dolžino 441 nm sveti na ozko režo. Na 2,00 m oddaljenem zaslonu je druga oslabitev oddaljena 1,50 cm od centralne ojačitve. Kolikšen je kot med tema žarkoma? Kolikšna je širina reže?

11. Na ozko režo sveti svetloba z barvama, ki imata valovni dolžini λ_a in λ_b . Širina reže je izbrana tako, da prva uklonska oslabitev barve z valovno dolžino λ_a pade na drugo oslabitev barve z valovno dolžino λ_b . Kakšno je razmerje med λ_a in λ_b ? Ali sovpadata še kakšni uklonski oslabitvi?
12. Kolikšno mora biti razmerje širine reže in valovne dolžine svetlobe, da bo pri uklonu svetlobe na reži prva oslabitev pod kotom 45° ?
13. Ravno valovanje z valovno dolžino 590 nm pravokotno vpada na režo s širino 0,40 mm. Med režo in zaslon je postavljena tanka zbiralna leča z goriščno razdaljo 70 cm. Kolikšna mora biti razdalja med lečo in zaslonom, da bo slika na zaslonu ostrá? Kolikšna je na zaslonu razdalja med osrednjim uklonskim maksimumom in prvo oslabitvijo? (70 cm; 1,0 mm)
14. Zvok s frekvenco 3000 Hz in hitrostjo 343 m/s vpada v 100 m dolgo dvorano skozi odprtino široko 30 cm. Na zadnji steni je zvok najmočnejši točno nasproti odprtine. Koliko se moramo premakniti ob steni, da bo zvok prvič najšibkejši? (41,2 m od pravokotnice na zvočnik)
15. Izdelovalci žic ali drugih drobnih izdelkov lahko uporabijo laser za nadzor debeline. Laserski žarek se na žici ukloni in na zaslonu nastane enak uklonski vzorec kot pri tanki reži enake širine. Kolikšna je razdalja med desetimi oslabitvami, če uporabimo laser z valovno dolžino 632,8 nm in je debelina žice 1,37 mm? Zaslon je postavljen 2,60 m za žico.
16. Reža je široka 0,10 mm. Nanjo vpada žarek svetlobe z valovno dolžino 589 nm. Kolikšna je fazna razlika med delnim žarkom, ki izvira iz vrha reže, in žarkom, ki izvira iz sredine reže, če se žarek ukloni pod kotom 30° ? (160°)
17. Polna širina na polovični višini (full width at half maximum - FWHM) je kot med najbližjima žarkoma, katerih gostota toka je enaka polovici gostote toka v žarku sredi ojačitve. Dokaži, da gostota toka pade na polovico pri vrednosti α , ki je rešitev transcendenčne enačbe $\sin^2 \alpha = \alpha^2/2$, kjer je $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$ in je a širina reže, λ valovna dolžina svetlobe in θ kot uklona! Preveri, ča je rešitev 1,39 rad! Dokaži, da je FWHM enaka $\Delta\theta = 2 \arcsin(0,443\lambda/a)$! Izračunaj FWHM centralne ojačitve za reže, ki so široke 1,0, 4,0 in 10 valovnih dolžin! (53° ; 10° ; $5,1^\circ$)
18. Pri avtomobilu sta žarometá 1,4 m narazen. Pod kakšnim zornim kotom in na kolikšni razdalji ju oko razloči? Premer zenice je 5 mm. Svetloba iz žarometá je sicer bela, a pri računu poenostavimo, da je svetloba enobarvna in ima valovno dolžino 550 nm. Poleg tega predpostavimo, da je ločljivost omejena samo z uklonom.
19. Koliko sta narazen točki na Lunini površini, ki ju še razloči teleskop na Mt. Palomarju s premerom zrcala 5,1 m? Razdalja do Lune je $3,8 \times 10^5$ km. Valovna dolžina svetlobe je okoli 550 nm.
20. Najmanj kolikšen mora biti premer leče na vohunskem satelitu, če naj ima ločljivost 30 cm na višini 160 km? Goriščna razdalja leče je 3,6 m. Predpostavi, da je valovna dolžina svetlobe 550 nm.
21. V osrednji ojačitvi uklonskega vzorca dveh širokih rež je 11 svetlih prog. Koliko prog je v drugi ojačitvi? (5)
22. Koliko svetlih prog je v osrednji ojačitvi uklonskega vzorca dveh rež, če sta reži široki pol toliko, kot sta narazen njuni središči?
23. Dokaži, da je enačba, ki opisuje interferenčni vzorec dveh rež s širino a , enaka enačbi, ki opisuje interferenčni vzorec ene reže s širino $2a$, če je razmik med obema režama enak a , tako da iz dveh rež nastane ena sama!
24. Kako široki in koliko narazen morata biti reži, da v uklonskem vzorcu manjka četrta ojačitev (če ne štejemo osrednje)? Ali manjka še kakšna druga ojačitev?
25. Na reži s širino a in za d narazen pravokotno vpada ravno valovanje z valovno dolžino λ . Kolikšna je razdalja med ojačitvami na zaslonu, oddaljenem za D ? ($\lambda D/d$)
26. Uklonska mrežica ima 6000 rež na 20,0 mm. Kolikšna je razdalja med dvema režama? Pri katerih kotih se ojači ravno valovanje z valovno dolžino 589 nm, ki vpada pravokotno na mrežico? (3330 nm; 0; $\pm 10,2^\circ$; $\pm 20,7^\circ$; $\pm 32,0^\circ$; $\pm 45^\circ$; $\pm 62,2^\circ$)
27. Uklonska mrežica ima 200 rež/mm. Ojačitev se pojavi pri kotu 30° . Kolikšne so lahko valovne dolžine, pri katerih je to možno? Katerim barvam ustrežajo te valovne dolžine?
28. Uklonska mrežica ima 315 rež/mm. Za kakšne valovne dolžine iz vidnega dela spektra še vidimo uklonsko ojačanje petega reda? (krajše od 635 nm)
29. Koliko redov celotnega vidnega spektra (400 nm do 700 nm) lahko poleg neuklonjenega žarka vidimo z uklonsko mrežico, ki ima 400 rež/mm?

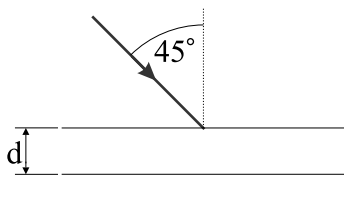
30. Svetloba z valovno dolžino 600 nm vpada pravokotno na uklonsko mrežico. Sosednji ojačitvi se pojavita pri kotih podanih s $\sin \theta = 0,2$ in $\sin \theta = 0,3$. Ojačitve četrtega reda ni. Kolikšna je razdalja med sosednjimi režami uklonske mrežice? Kolikšna je najmanjša širina posamezne reže? ($6,0 \mu\text{m}$; $1,5 \mu\text{m}$)
31. Na uklonski mrežici so reže s širino 300 nm ločene za 900 nm. Na mrežico vpada svetloba z valovno dolžino 600 nm pod pravim kotom. Koliko ojačitev je v uklonskem vzorcu? Kolikšna je širina spektralnih črt prvega reda, če ima mrežica 1000 rež?
32. Svetloba plinske svetilke vpada pravokotno na uklonsko mrežico. Reže na uklonski mrežici so $1,73 \mu\text{m}$ narazen. Zelena svetloba se ojači pod koti $\pm 17,6^\circ$, $37,3^\circ$, $-37,1^\circ$, $65,2^\circ$ in $-65,0^\circ$. Katera valovna dolžina najbolj ustreza podatkom?
33. Vzporeden snop žarkov vpada na uklonsko mrežico pod kotom Ψ , kot kaže slika 177. Dokaži, da ojačitve nastanejo pri kotih θ , podanih z enačbo $d(\sin \Psi + \sin \theta) = m\lambda$, kjer je d razmik med sosednjima režama, m je uklonski red in λ je valovna dolžina svetlobe!



Slika 177:

34. Spektralni črti imata valovni dolžini λ in $\lambda + \Delta\lambda$, kjer je $\Delta\lambda \ll \lambda$. Dokaži, da se žarka, uklonjena na uklonski mrežici, razmikata pod kotom $\Delta\theta = \frac{\Delta\lambda}{\sqrt{(d/m)^2 - \lambda^2}}$, kjer je d razmik med sosednjima režama in m red uklonjene svetlobe!
35. Dokaži, da se spektra drugega in tretjega reda bele svetlobe ($400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$) prekrivata, in to neodvisno od mrežne konstante d !
36. Dokaži, da uklonska mrežica z enako širokimi neprozornimi in prozornimi progami ustvari uklonski vzorec, kjer manjkajo vsi sodi redi ojačitev (razen $m = 0$)!
37. Bela svetloba vpada pravokotno na uklonsko mrežico s 350 režami/mm. Zaslon je oddaljen 30 cm od mrežice. V zaslon izrežemo kvadratno odprtino, široko 10 mm. Notranji rob odprtine je 50 mm oddaljen od neuklonjene črte. Kolikšne valovne dolžine pridejo skozi odprtino?
38. Črta D natrijevega spektra je dublet z valovnima dolžinama 589,0 in 589,6 nm. Najmanj kolikšno mora biti število rež v uklonski mrežici, da lahko v drugem uklonskem redu razločimo črti?
39. Uklonska mrežica ima 600 rež/mm in je široka 5,0 mm. Kolikšna je najmanjša razlika valovnih dolžin, velikih približno 500 nm, da jih z mrežico še razločimo pri drugem uklonskem redu? (56 pm)
40. Tretji red natrijevega rumenega dubleta se pri uklonski mrežici ojači pod kotom 10° . Črti komaj še razločimo. Kolikšni sta mrežna konstanta in širina mrežice?
41. Dokaži, da disperzijo mrežice lahko zapišemo kot $D = \frac{\tan \theta}{\lambda}$!
42. Uklonska mrežica ima 40000 rež na 76 mm. Kolikšna je v prvih treh redih disperzija za natrijevo svetlobo $\lambda = 589 \text{ nm}$? Kolikšna je ločljivost mrežice pri teh redih?
43. Ločljivost uklonske mrežice je $R = \lambda/\Delta\lambda = Nm$. Dokaži, da med sabo lahko ločimo frekvence, ki se razlikujejo več kot $\Delta\nu = c/Nm\lambda$! Dokaži, da je časovni zamik med žarkoma, ki prideta iz rež na robovih, enak $\Delta t = (Nd/c) \sin \theta$! Dokaži, da velja $\Delta t \Delta\nu = 1$! Predpostavi, da je $N \gg 1$.
44. Žarki gama z valovno dolžino 0,12 nm, ki se sipljejo na kristalu litijevega fluorida, so v drugem redu ojačani pod kotom 28° . Kolikšna je medmrežna razdalja ravnin, na katerih pride do odboja?
45. Kolikšen je najmanjši Braggov kot, pod katerim se ojačano odbijejo žarki gama z valovno dolžino 30 pm od mrežnih ravnin v kristalu kalcita, če so te $0,30 \text{ nm}$ narazen? ($2,9^\circ$)
46. Pod katerim kotom se ojačano odbijejo rentgenski žarki v drugem redu, če je Braggov kot za prvi red $3,4^\circ$ in se žarki odbijejo na isti družini mrežnih ravnin?

47. Žarki gama vpadajo pod kotom 30° na družino mrežnih ravnin natrijevega klorida, ki so $39,8$ pm narazen. Kolikšna je valovna dolžina žarkov gama, če je odboj od teh ravnin ojačan v prvem redu? ($39,8$ pm)
48. Žarki gama z valovnimi dolžinami od $95,0$ do 140 nm na sliki 178 vpadajo na družino mrežnih ravnin, ki so 275 pm narazen. Kakšne so valovne dožine valovanj, ki se ojačano odbijejo od teh ravnin? Za koliko bi morali zavrteti kristal okoli osi pravokotno na list, da bi se ojačano odbila svetloba z valovno dolžino $0,125$ nm?



Slika 178:

20 Fotometrija

- Pod stropom je točkasto svetilo, ki sveti enakomerno v spodnji del prostorskega kota. Moč svetila je 100 W. Kolikšni so svetilnost, osvetljenost in svetlost svetila? ($15,9$ W/srad v spodnji del prostora, 0 v zgornji del; nima smisla; nima smisla)
- Obravnavaј Sonce kot segreto kroglasto svetilo. Gostota svetlobnega toka na Zemlji je $1,4$ kW/m². Razdalja od Sonca do Zemlje je 150×10^6 km. Polmer Sonca je $6,96 \times 10^8$ m. Kolikšna je svetilnost Sonca? Kolikšen je skupni izsevani svetlobni tok? Kolikšna je gostota izsevanega svetlobnega toka na Sončevi površini? Kolikšna je svetlost Sončeve površine, če Sonce seva po Lambertovem zakonu? Kolikšna je svetilnost Sonca? Kolikšna je temperatura Sonca? Pri kolikšni valovni dolžini ima spekter sončne svetlobe vrh? ($3,1 \times 10^{27}$ Cd; $3,9 \times 10^{26}$ W; 7×10^7 W/m² = 7×10^9 lm/m²; $2,2 \times 10^5$ Cd/m²; $3,32 \times 10^{23}$ Cd = $3,15 \times 10^{25}$ W/srad; 6000 K; 500 nm)
- Na list formata A4 sveti Sonce. Kolikšna je osvetljenost lista ob 12h in kolikšna ob 15h? Albedo papirja je 1 , gostota vpadnega svetlobnega toka pa $1,0$ kW/m². Ob 12h vpadajo žarki pravokotno na list. S kolikšno močjo se absorbira svetloba? List oddaja svetlobo po Lambertovem zakonu. Kolikšna je gostota izsevanega svetlobnega toka? Kolikšni sta svetilnost in svetlost lista? ($62,4$ W; $19,9$ W $\cos \beta$, β je kot pod katerim opazujemo list; 318 W/m²;)
- Kolikšna je temperatura, do katere se segreje bel list papirja (albedo $0,9$) v vesolju, če je gostota vpadnega svetlobnega toka $1,4$ kW/m²? (333 K)

21 Fizikalne količine

21.1 Fizikalne konstante

svetlobna hitrost	c	$3,00 \times 10^8$ m/s
gravitacijska konstanta	κ	$6,67 \times 10^{-11}$ N m ² /kg ²
Avogadrovo število	N_A	$6,02 \times 10^{26}$ kmol ⁻¹
plinska konstanta	R	8314 J/kmol K
influenčna konstanta	ε_0	$8,85 \times 10^{-12}$ As/Vm
indukcijska konstanta	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ Vs/Am
Planckova konstanta	h	$6,63 \times 10^{-34}$ Js
Boltzmannova konstanta	k	$1,38 \times 10^{-23}$ J/K
osnovni naboj	e_0	$1,60 \times 10^{-19}$ As
masa elektrona	m_e	$9,11 \times 10^{-31}$ kg
masa protona	m_p	$1,67 \times 10^{-27}$ kg
Bohrov radij	r_B	$5,29 \times 10^{-11}$ m
Bohrov magneton	μ_B	$9,27 \times 10^{-24}$ J/T
		$5,79 \times 10^{-5}$ eV/T
Stefanova konstanta	σ	$5,67 \times 10^{-8}$ W/m ² K ⁴

21.2 Astronomske količine

razdalja od Lune do Zemlje	$3,28 \times 10^8$ m
razdalja od Sonca do Zemlje	$1,50 \times 10^{11}$ m
razdalja do najbližje zvezde (Proxima Centauri)	$4,04 \times 10^{16}$ m
razdalja do središča galaksije	$2,2 \times 10^{20}$ m
razdalja do galaksije Andromeda	$2,1 \times 10^{22}$ m
razdalja do roba vidnega vesolja	$\sim 10^{26}$ m
masa Zemlje	$5,98 \times 10^{24}$ kg
masa Lune	$7,36 \times 10^{22}$ kg
masa Sonca	$1,99 \times 10^{30}$ kg
polmer Zemlje	$6,37 \times 10^6$ m
polmer Lune	$1,74 \times 10^6$ m
polmer Sonca	$6,96 \times 10^8$ m
pospešek na površini Zemlje	$9,81$ m/s ²

21.3 Lastnosti snovi

gostota [kg/m³]

črna luknja (ena sončna masa)	10^{19}
nevtronska zvezda	10^{18}
uranovo jedro	3×10^{17}
jedro bele pritlikavke	10^{10}
živo srebro	13600
svinec	11350
Zemlja (sredica)	9500
jeklo	7860
Zemlja (povprečje)	5500
Zemlja (skorja)	2800
aluminij	2710
beton	2320
steklo	2190
kost	1900
Sonce (povprečje)	1400
kri	1060
polistiren	1050
morska voda	1024
voda	1000
led	917
les (jelka)	525
stiropor	100
zrak (293 K, 50 b)	60,5
zrak (293 K, 1 b)	1,21
najboljši laboratorijski vakuum	10^{-17}
medzvezdni prostor	10^{-20}

specifična toplota [J/kg K]

svinec	128
volfram	134
živo srebro	140
srebro	236
medenina	380
baker	386
granit	790
steklo	840
aluminij	900
led	2220
etanol	2430
morska voda	3900
voda	4190

koeficient toplotne prevodnosti [W/m K]

poliuretanska pena	0,024
suh zrak	0,026
steklena volna	0,043
les	0,11
helij	0,15
vodik	0,18
steklo	1,0
nerjaveče železo	14
svinec	35
aluminij	235
baker	401
srebro	428

dielektričnost

zrak (1 atm)	1,00054
polistiren	2,6
papir	3,5
transformatorsko olje	4,5
ognjevarno steklo	4,7
porcelan	6,5
silicij	12
germanij	16
etanol	25
voda (25° C)	78,5
voda (20° C)	80,4
titanijeva keramika	130
stroncijev titanat	310

prebojna jakost električnega polja [kV/mm]

zrak (1 atm)	3
stroncijev titanat	8
ognjevarno steklo	14
papir	16
polistiren	24

upor pri sobni temperaturi (20° C)

snov specifični upor [Ωm] temperaturni koeficient
specifičnega upora [K^{-1}]

	<i>prevodniki</i>	
srebro	$1,62 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-3}$
baker	$1,69 \times 10^{-8}$	$4,3 \times 10^{-3}$
aluminij	$2,75 \times 10^{-8}$	$4,4 \times 10^{-3}$
volfram	$5,25 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
železo	$9,68 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-3}$
platina	$10,6 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
manganin	$48,2 \times 10^{-8}$	$0,002 \times 10^{-3}$
	<i>polprevodniki</i>	
silicij, čist	$2,5 \times 10^3$	-70×10^{-3}
silicij, tip <i>p</i>	$2,8 \times 10^{-3}$	
silicij, tip <i>n</i>	$8,7 \times 10^{-4}$	
	<i>izolatorji</i>	
steklo	$10^{10} - 10^{14}$	
kremenčevo steklo	$\sim 10^{16}$	

lomni količnik (pri $\lambda = 589 \text{ nm}$)

vakuum	točno 1
zrak (normalni pogoji)	1,00029
voda (20° C)	1,33
acetone	1,36

etanol	1,36
vodna raztopina sladkorja (20 %)	1,38
vodna raztopina sladkorja (80 %)	1,49
kremenčevo steklo	1,46
okensko steklo	1,52
kuhinjska sol	1,54
polistiren	1,55
ogljikov disulfid	1,63
svinčeno steklo	1,65
safir	1,77
diamant	2,42

Literatura

[1] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Fundamentals of Physics, John Wiley, New York (1993).