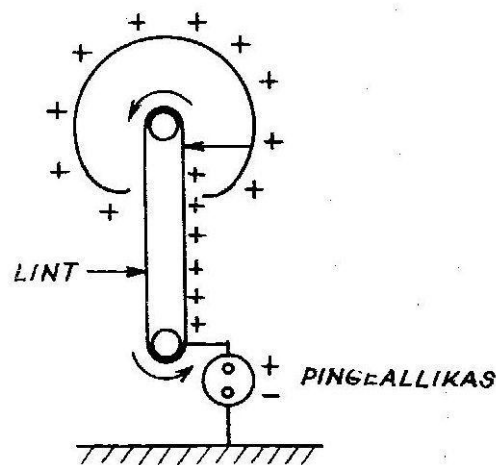


2. ALALISVOOLU SEADUSED

Voolutugevus ja –tihedus

- 2.1. Milline laeng läbib juhet, kui vool selles kasvab 10 s jooksul nullist kuni 3 amprini?
- 2.2. Kui suur laeng läbib juhet, kui voolutugevus selles väheneb ühtlaselt $t = 10$ s jooksul väärtuselt $i_1 = 10$ A kuni väärtuseni $i_2 = 5$ A?
- 2.3. Vool väheneb juhtmes 18 A-st kuni nullini nii, et iga 0,01 s jooksul väheneb ta kaks korda. Kui suur laeng kandub voolu vähenemise käigus läbi juhtme ristlõike?
- 2.4. Homogeensel prootonite joal, mis läbis kiirendava pinge $U = 600$ kV, on ringikujuline ristlõike raadiusega $r = 5,0$ mm. Leida elektrivälja tugevus joa pinnal ja joa telje ning joa pinna potentsiaalide vahe, kui voolutugevus $I = 50$ mA.
- 2.5. Vertikaalsete katetega plaatkondensaatorist voolab välja ühtlase kiirusega $v = 2,26 \cdot 10^{-2}$ m/s kondensaatorit täitev petrooleum, mille suhteline dielektriline läbitavus $\epsilon = 2$. Kondensaatori katted on ruudukujulised, külje pikkusega $a = 10$ cm ja katete vahemaaga $d = 1$ m. Kondensaator on ühendatud alalispinge allikaga, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 100$ V. Leida ühendusjuhtmes kulgeva voolu tugevus.
- 2.6. Vertikaalset silinderkondensaatorit, mille dielektrikuks on õhk, lastakse ühtlaselt, kiirusega $v = 5,0$ mm/s, langeda destilleeritud vette. Kondensaator on ühendatud alalispinge allikaga $U = 200$ V, tema katete vahemaa $d = 2,0$ mm ja katete keskmine kõverusraadius $r = 50$ mm. Võttes arvesse seda, et $d \ll r$, määrata ühendusjuhtmetes kulgeva voolu tugevus.
- 2.7. Lühistatud katetega plaatkondensaatoris liigub ühe katte poolt teise suunas jääva kiirusega v katetega paralleelne õhuke metallplaat, mille laeng on q . Kondensaatori katete vahemaa on d ja nende laengud q_1 ja q_2 , kusjuures $q_1 + q_2 = -q$. Määrata katteid ühendavas juhtmes kulgeva voolu tugevus.
- 2.8. Pikk ühtlaselt laetud silinder, mille raadius $R = 1,0$ cm, liigub ühtlaselt kiirusega $v = 10$ m/s oma telje sihis. Elektrivälja tugevus silindri pinnal $E = 0,9$ kV/cm. Arvutada konvektsioonvoolu, s.t. laengu mehaanilisest ülekandest tingitud voolu tugevus.
- 2.9. Skemaatiliselt on van de Graaffi generaatorit kujutatud joonisel 2.1. Hinnata, millist maksimaalset voolu võib anda see generaator ja kui kõrge potentsiaalini võib laadida generaatori sfääri, mille raadius $R = 1,5$ m. Dielektrikust lindi laius $d = 100$ cm ja tema liikumiskiirus $v = 20$ m/s. Generaator asetseb õhus, mille läbilöötkeskib väljatugevusel $E_m = 30$ kV/cm.
- 2.10. Elektronlambis kulgeb vool metallsilindril niidile, mis asetseb silindri teljel. Määrata elektrivoolu tihedused silindri ja niidi vahetus läheduses, kui voolutugevus on 3 mA, niidi ja silindri pikkus 2,5 cm, niidi läbimõõt 0,02 mm ning silindri läbimõõt 1 cm.
- 2.11. Määrata laeng, mis läbib juhet takistusega $R = 3 \Omega$, kui pinge juhtme otstel kasvab ühtlaselt $\tau = 20$ s jooksul väärtuselt $U_1 = 2$ V kuni väärtuseni $U_2 = 4$ V.

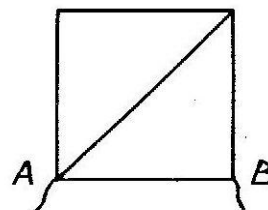


Joon. 2.1.

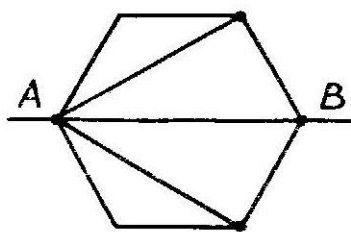
- 2.12. Kui suur laeng läbib takistist, kui voolutugevus selles väheneb $\tau = 10$ s jooksul väärtuselt $i_1 = 10$ A kuni väärtuseni $i_2 = 5$ A. Takistile rakendatud pinge on konstantne. Voolutugevuse vähenemine saavutatakse takistuse ühtlase suurenemise teel.
- 2.13. Kondensaator, mille mahtuvus $C = 400$ pF, ühendati läbi takisti $R = 650 \Omega$ alalispinge allikaga U_0 . Millise aja möödumisel on kondensaatori pinge $U = 0,9 U_0$?
- 2.14. Kondensaator, mille dielektriline läbitavus $\epsilon = 2,1$, kaotab aja $t_0 = 3,0$ min jooksul pool talle antud laengust. Eeldades, et laengukaod on tingitud ainult dielektriku juhtivusest, arvutada tema eritakistus.
- 2.15. Vooluringi moodustab alalispinge allikas elektromotoorjõuga $\mathcal{E}$, temaga järjestikku ühendatud resistor takistusega R ja kondensaator mahtuvusega C . Vooluallika sisetakistus on tühiselt väike. Ajahetkel $t = 0$ vähendati kondensaatori mahtuvust kiiresti (hüppeliselt) η korda. Määrata vooluringis tekkinud voolutugevus kui aja funktsioon.
- 2.16. Pingeni U_0 laetud kondensaator, mille mahtuvus on C_1 , ühendatakse laadimata kondensaatoriga, mille mahtuvus on C_2 . Leida vooluringis kulgeva voolu tugevuse ajaline sõltuvus, kui ühendusjuhtmete takistus on R . Milline soojushulk eraldub juhtmetes voolu kulgemise tagajärjel?

Juhtide takistus

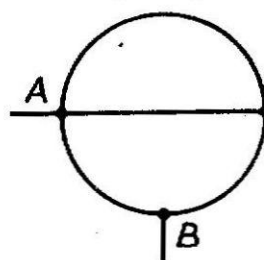
- 2.17. Kera 2-mm läbimõõduga vasktraati kaalub 28 kG. Määrata selle traadi takistus.
- 2.18. Traadi takistus $R_0 = 36 \Omega$. Pärast seda, kui ta tükeldati võrdse pikkusega lõikudeks, mis ühendati omavahel paralleelselt, oli süsteemi takistus $R = 1 \Omega$. Mitmeks osaks tükeldati traat?
- 2.19. Arvutada joonisel 2.2 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui 1 m pikkuse traadi takistus on 10Ω ja ruudu külje pikkus 10 cm.
- 2.20. Leida joonisel 2.3 kujutatud juhtmestiku takistus R_{AB} , arvestades, et iga sirglõigu takistus on r .



Joon. 2.2

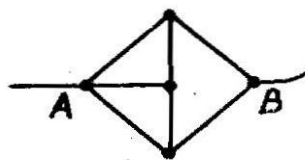


Joon. 2.3.



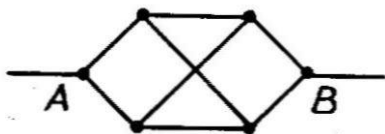
Joon. 2.4.

- 2.21. Arvutada joonisel 2.4 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui 10 cm pikkuse traaditüki takistus on 1Ω ja ringi raadius 10 cm.
- 2.22. Ühtlasest 50 cm pikkusest ja 10- oomise takistusega traadist valmistati rõngas. Kuidas tuleb rõngaga ühendada vooluallika juhtmed, et rõnga takistus oleks 1Ω . Arvutada vastavate rõngalõikude takistused ning pikkused.
- 2.23. Leida joonisel 2.5 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui mistahes naabersõlmi ühendava traadi takistus $r = 1 \Omega$.



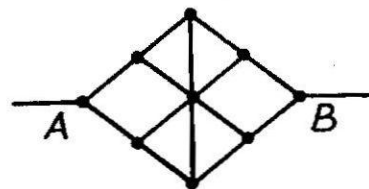
Joon. 2.5.

- 2.24. Leida joonisel 2.6 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui mistahes naabersõlmi ühendava traadi takistus $r =$



Joon. 2.7.

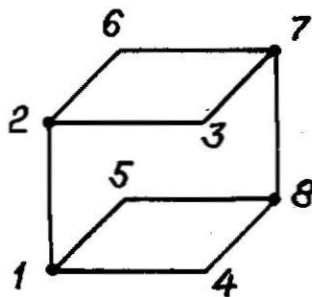
1 Ω .



Joon. 2.6.

- 2.25. Leida joonisel 2.7 ja B vahel, kui takistus $r = 1 \Omega$.

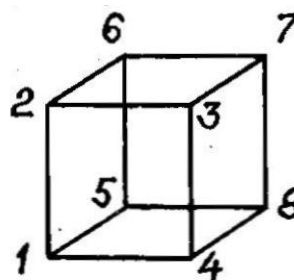
- 2.26. Traatkarkass ruudust, mis on traadiga, mille võrdsed ruudu Määrata karkassi punktide 2 – 8, 2 vahel. Ruudu takistus on 1 Ω .



Joon. 2.8.

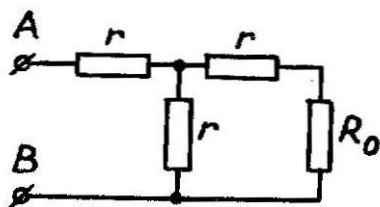
kujutatud traatraamistiku takistus punktide A mistahes naabersõlmi ühendava traadi

(joon. 2.8) koosneb kahest horisontaalsest omavahel ühendatud kahe vertikaalse pikkused on küljega. takistus – 7 ja 4 – 6 külje



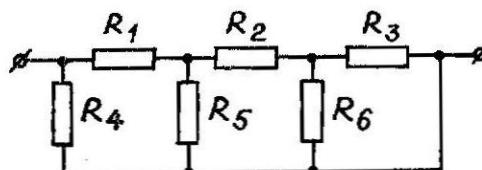
Joon. 2.9.

- 2.27. Leida kuubikujulise traatkarkassi takistus tippude 1-7, 1-2 ja 1-3 vahel, kui ühe serva takistus on R (vt. joon. 2.9).



Joon. 2.10.

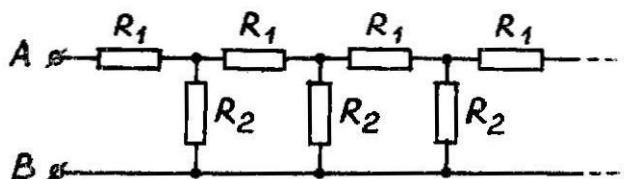
Kui suur peab olema takistus r joonisel 2.10 kujutatud skeemis,



Joon. 2.11.

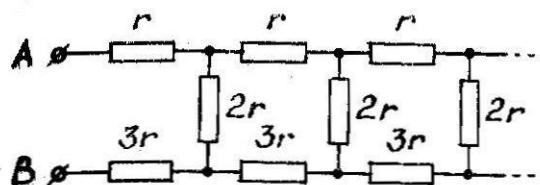
- et klemmide A ja B vaheline sisendtakistus oleks R_0 ?
- 2.29. Joonisel 2.11 kujutatud vooluringis $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 9 \Omega$, $R_3 = R_4 = R_6 = 6 \Omega$, $R_5 = 4 \Omega$. Arvutada selle vooluringi takistus.

- 2.30. Joonisel 2.12 on näidatud lõputu ahel, mis on saadud takistist $R_1 = 4,0 \Omega$ ja $R_2 = 3,0 \Omega$ koosneva lüli kordamisega. Leida selle ahela takistus punktide A ja B vahel.



Joon. 2.12.

- 2.31. Leida joonisel 2.13 kujutatud lõpmatu ahela takistus.

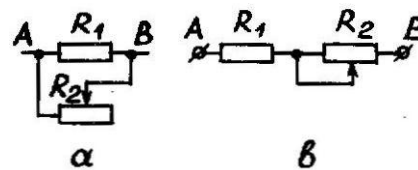


Joon. 2.13.

- 2.32. Vooluringi lõik AB koosneb kahest resistorist, millest üks on jääva takistusega $R_1 = 50 \Omega$, teine R_2 aga reguleeritav 0-st kuni 100 oomini. Näidake graafiliselt, kuidas muutub lõigu AB takistus sõltuvalt R_2 väärtusest resistorite R_1 ja R_2 järjestikuses ja paralleelses ühendamisel. (joon. 2.14)

- 2.33. Alumiiniumiga kaetud raudtraadi välisdiameeter on 6 mm, raudsüdamik diameeter 5 mm ja traadi pikkus 1 km. Määrata selle traadi takistus.

2.34. Suhteliselt halval elektrijuhtl on silindrilise toru kuju. Toru pikkus on l , raadiused r_1 ja r_2 , materjali eritakistus ρ . Toru silindrilised pinnad on kaetud õhukese ideaalse elektrijuhi kihiga ning ühendatud vooluallikaga. Määrata toru takistus niisuguse ühenduse korral.



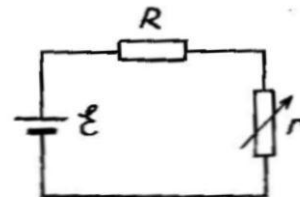
Joon. 2.14.

- 2.35. Sfäärilise kondensaatori katete raadiused on r_1 ja r_2 , katetevaheline ruum on täidetud ainega, mille eritakistus on ρ . Arvutada katetevahelise kerakihi takistus.
- 2.36. Sfäärilise kondensaatori katetevaheline ruum on täidetud dielektrikuga, mille suhteline läbitavus $\epsilon = 7$ ja eritakistus $\rho = 10^{11} \Omega$. Kondensaatori mahtuvus $C = 3000$ pF. Leida kondensaatorit läbiv lekkevool, kui talle rakendada pinge $U = 2$ kV.
- 2.37. Lõpmatult suures keskkonnas, mille eritakistus $\rho = 10^2 \Omega \cdot m$, asetseb metallkera diameetriga $D = 0,1$ m. Kui suurt takistust avaldab see keskkond keralt lõpmatusse kulgevale voolule?
- 2.38. Teatud potentsiaalini laetud kera, mille raadius on r , ühendati juhi vahendusel Maaga. Juhi takistus on 100 CGSE_r . Juhi laengu neutraliseerimise käigus vähendatakse kera raadiust nii, et tema potentsiaal jääb konstantseks. Millise kiirusega peab muutma kera raadiust?
- 2.39. Ristkülikukujulise ristlõikega vasest poolrõnga siseraadius $r_1 = 10$ cm ja välisraadius $r_2 = 20$ cm. Ristlõikepindala $S = 5 \text{ cm}^2$, potentsiaalide vahe rõnga otstel $U = 5$ mV. Määrata poolrõnga takistus, voolutugevus rõngas ning voolutihedus punktis, mis asetseb rõnga teljest $x = 15$ cm kaugusel. Ekvipotentsiaalpinna lageda rõnga telge läbivateks radiaalseteks tasapindadeks.
- 2.40. Metallkerake, mille raadius on a , asetseb kaugusel h ideaalselt juhtivast tasapinnast. Kerakest ümbritsevat ruumi täidab homogeenne, elektrit halvasti juhtiv keskkond, mille eritakistus on ρ . Eeldades, et $a \ll h$, leida: a) voolutihedus juhtiva taspinna juures kui vaadeldava punkti ja kerakese vahemaa r funktsioon; kera ja tasapinna potentsiaalide vahe on U , b) juhtiva taspinna ja kerakese vahelise keskkonna takistus.
- 2.41. Kaks ühesugust metallkera asetsevad homogeeneses, elektrit nõrgalt juhtivas keskkonnas, mille eritakistus on ρ . Leida keradevahelise keskkonna takistus, eeldades, et nende vahekaugus b on märgatavalt suurem kerade raadiusest a .
- 2.42. Kaks pikka paralleelset sirgjuhet asetsevad elektrit halvasti juhtivas keskkonnas, mille eritakistus on ρ . Kummagi juhtme raadius on a ning nende vahemaa d , kusjuures $a \ll d$. Leida: a) voolutihedus punktis, mille kaugus kummastki juhtmest on r , kui juhtmete potentsiaalide vahe on U ; b) juhtmetevahelise keskkonna takistus juhtmete ühikulise pikkusega lõigu kohta.
- 2.43. Plaatkondensaatori katetevahelise ruumi täidab klaas, mille eritakistus $\rho = 10^{11} \Omega \cdot m$ ja suhteline dielektriline läbitavus $\epsilon = 6$. Kondensaatori mahtuvus $C = 4,0$ nF. Määrata kondensaatorit läbiv lekkevool, kui talle rakendatud pinge $U = 2,0$ kV.
- 2.44. Plaatkondensaatori katetevahelise ruumi täidab mittehomogeenne, elektrit halvasti juhtiv aine, mille erijuhtivus muutub piki katete ristsirget lineaarselt, väärtusega $\sigma_1 = 1,0$ pS/m kuni väärtuseni $\sigma_2 = 2,0$ pS/m. Kummagi katte pindala $S = 230 \text{ m}^2$, katete vahekaugus $d = 2,0$ mm. Leida kondensaatorit läbiva voolu tugevus, kui talle rakendada pinge $U = 300$ V.
- 2.45. Pikk silindriline sirgjuhe on valmistatud materjalist, mille eritakistus sõltub ainult kaugusest r silindri teljeni vastavalt valemile $\rho = a/r^2$, kus a on konstant. Juhtme ristlõikepindala on S . Leida: a) juhtme takistus ühikulise pikkusega lõigu kohta, b) elektrivälja tugevus juhtmes, mis põhjustab temas voolu I .
- 2.46. Tõestada, et voolutiheduse joonte murdumispeadus kahe juhtiva keskkonna lahutuspinna avaldub alalisvoolu korral valemiga $\tan \alpha_2 / \tan \alpha_1 = \sigma_2 / \sigma_1$, kus σ_1 ja σ_2 on keskkondade erijuhtivused ja α_2 ja α_1 nurgad lahutuspinna normaali ja voolutiheduse joonte vahel vastavates keskkondades.
- 2.47. Raudtraadile, pikkusega $l = 5$ m, on rakendatud pinge $U = 4,2$ V. Määrata voolutihedus traadis temperatuuril $t = 120^\circ\text{C}$.

- 2.48. Milline on volframhõõgniidi temperatuur võimenduslambis, kui külmas olekus ($\sim 10^\circ\text{C}$) on niidi takistus $0,53\ \Omega$ ja hõõgumisel $6,22\ \Omega$?
- 2.49. 3-oomise takistusega alumiiniumtraat ja 2-oomise takistusega raudtraat on ühendatud järjestikku. Kuidas sõltub niisuguse ahela takistus temperatuurist?
- 2.50. Sõepulk on ühendatud järjestikku sama jämeda raudpulgaga. Kuidas peavad suhtuma nende pulkade pikkused, et sellise süsteemi takistus ei sõltuks temperatuurist?

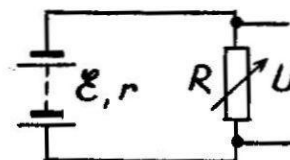
Ohmi seadus

- 2.51. Kuidas tuleks projekteerida pika koridori valgustus ühe lambi abil, et selle võiks sisse ja välja lülitada ükskõik millisest otsast koridori sisenedes või sellest väljudes?
- 2.52. Vooluahel koosneb kolmest järjestikku ühendatud juhtmest, mis on valmistatud samast ainest ning ühepikkused, kuid nende ristlõigete pindalad on $1\ \text{mm}^2$, $2\ \text{mm}^2$, $3\ \text{mm}^2$. Pinge niisuguse ahela otstel on $12\ \text{V}$. Määrata pinge iga juhtme otstel.



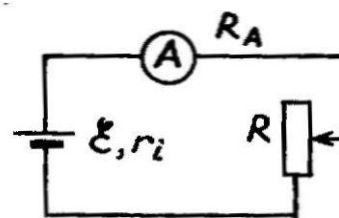
Joon. 2.15.

- 2.53. $17,5$ -oomise takistusega tarbija asub $50\ \text{m}$ kaugusel generaatorist, mille klemmipinge on $110\ \text{V}$. Määrata tarbijat generaatoriga ühendavate vaskjuhtmete ristlõikepindala.
- 2.54. Vooluring on kujutatud joonisel 2.15. Joonestada graafik, mis näitab voolutugevuse sõltuvust takistusest r . Määrata selle graafiku tõus, kui $r = 0$. Vooluallika sisetakistus lugeda tühiselt väikeseks.



Joon. 2.16.

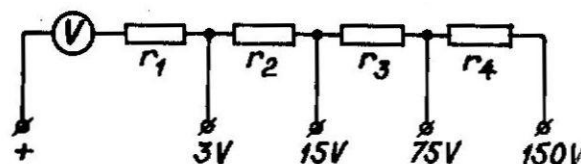
- 2.55. Galvaanielementide patarei, mille elektromotoorjõud on $\mathcal{E}$ ning sisetakistus r , on ühendatud takistiga R (joon. 2.16). Joonestada graafik, mis väljendab sõltuvust välistakistil tekkiva pingest ning takistuse R vahel. Määrata kõvera tõus, kui $R = 0$.
- 2.56. Muutuva suurusega takistuse R mõõtmiseks koostati joonisel 2.17 kujutatud vooluring. Vooluallika elektromotoorjõud on $\mathcal{E}$, sisetakistus r_1 ; ampermeetri takistus on R_A . Hinnata takistuse R mõõtmise täpsust ning leida seos voolu voolu mõõtmise täpsuse Δi ja takistuse mõõtmise täpsuse ΔR vahel, kui skaala jaotised on võrdelised voolutugevusega i .



Joon. 2.17.

- 2.57. Milline šunt tuleb ühendada paralleelselt osutigalvanomeetriga, kui selle slaala jaotiste arv on 100 , jaotise hind $10^{-6}\ \text{A}$, sisetakistus $150\ \Omega$ ning riista on vaja kuni $1\ \text{mA}$ tugevuse voolu mõõtmiseks?

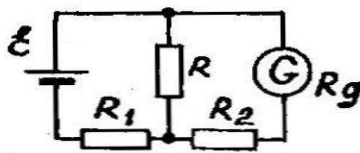
- 2.58. Milliampereetri takistus $R = 9,9\ \Omega$ ja mõõtepiirkond $I_{\max} = 10\ \text{mA}$. Mida tuleb teha, et selle riista abil mõõta : a) voolusid kuni $1\ \text{A}$, b) pingeid kuni $1\ \text{V}$?



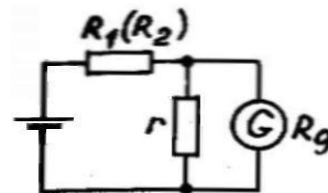
Joon. 2.18.

- 2.59. Mõõteriista sisetakistus on $100\ \Omega$, skaala jaotiste arv 100 ning jaotise hind $10^{-5}\ \text{A}$. Mis tuleb teha, et riista oleks võimalik kasutada kuni 100-V pingele ja teisel juhul kuni $1\ \text{A}$ tugevuse voolu mõõtmiseks?
- 2.60. Galvaanielement ($\mathcal{E} = 1,5\ \text{V}$; $r = 0,2\ \Omega$) on ühendatud ampermeetriga ning see näitab voolu $5\ \text{A}$. Kui suurt voolu näitab sama ampermeeter, kui paralleelselt riistaga ühendada šunt takistusega $0,1\ \Omega$?
- 2.61. 100-V skaalaga voltmeetri sisetakistus on $100\ \Omega/\text{V}$. Kui suurt pinget saab mõõta selle riistaga, kui temaga ühendada eeltakisti $90\ \text{k}\Omega$?
- 2.62. Voltmeetril on neli mõõtepiirkonda: 3 , 15 , 75 ja $150\ \text{V}$ (vt. joon. 2.18). Maksimaalne voolutugevus läbi riista $i_{\max} = 10\ \text{mA}$. Määrata eeltakistused r_1 , r_2 , r_3 ja r_4 , kui mõõteriista enda takistus $r_v = 10\ \Omega$.

- 2.63. Galvanomeetri kalibrimiseks kasutati joonisel 2.19 näidatud skeemi. Määrata galvanomeetri jaotise hind, kui $R_1 = 590 \Omega$, $R_2 = 2890 \Omega$, $R = 110 \Omega$ ja $R_g = 280 \Omega$ korral galvanomeetri osuti hõlbis $N = 30$ jaotiseni. Vooluallika elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 2,6 \text{ V}$.



Joon. 2.19.

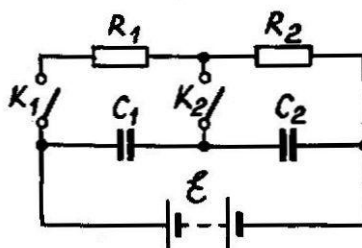


Joon. 2.20.

- 2.64. Galvanomeetri takistuse mõõtmiseks võib kasutada šunteerimise meetodit. Selleks ühendatakse galvanomeeter vooluelemendi vooluringi järjestikku takistussalvaga (joon. 2.20). Takistussalvest valiti $R_1 = 400 \Omega$ ja registreeriti galvanomeetri näit. Seejärel šunteeriti galvanomeeter takistusega $r = 12 \Omega$, ja muutes takistussalve takistust, saavutati esialgne näit. Selgub, et selleks vajalik takistus $R_2 = 150 \Omega$. Arvutada nendest andmetest galvanomeetri takistus.

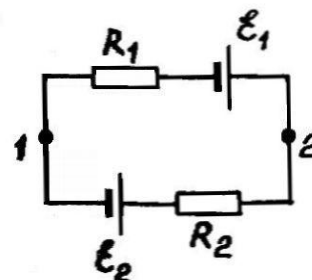
- 2.65. Määrata potentsiaalide vahe kondensatorite C_1 ja C_2 katetel (vt. joon. 2.21) järgmistel juhtudel: a) lüliti K_1

ja K_2 on suletud; b) lüliti K_1 on suletud, lüliti K_2 on avatud; c) lüliti K_1 on avatud, lüliti K_2 suletud. $C_1 = 2 C_2$, $R_1 = 3R_2$, $\mathcal{E} = 60 \text{ V}$. Vooluallika sisetakistus on tühiselt väike.



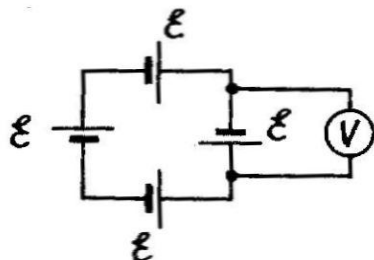
Joon. 2.21.

- 2.66. Leida punktide 1 ja 2 potentsiaalide vahe joonisel 2.22 näidatud vooluringis, kui $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $\mathcal{E}_1 = 60 \text{ V}$ ja $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ V}$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed.

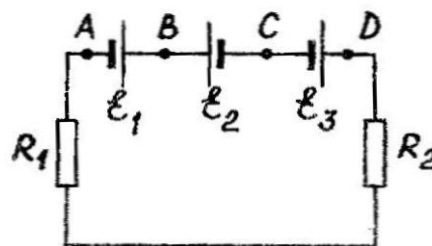


Joon. 2.22.

- 2.67. Neli ühesugust vooluallikat, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 1 \text{ V}$ ja sisetakistus $r = 4 \Omega$, on ühendatud vastavalt joonisel 2.23 näidatud skeemile. Mida



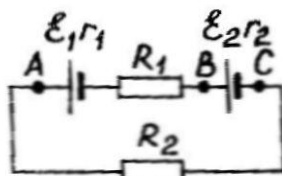
Joon. 2.23.



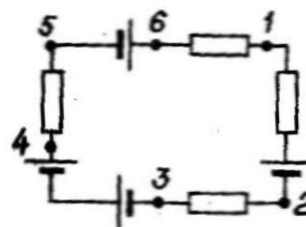
Joon. 2.24.

- 2.68. Millised on joonisel 2.24 kujutatud vooluringi punktide A ja B ning B ja C potentsiaalide vahed, kui $\mathcal{E}_1 = 75 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 30 \text{ V}$, $\mathcal{E}_3 = 15 \text{ V}$, $R_1 = 12 \Omega$ ja $R_2 = 9 \Omega$? Iga vooluallika sisetakistus $r = 1 \Omega$.
- 2.69. Akut, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$ ja sisetakistus $r = 1 \Omega$, laetakse vooluga $i = 3 \text{ A}$. Leida pinge aku klemmidel.

- 2.70. Leida potentsiaalide vahe joonisel 2.25 kujutatud vooluringi punktide A ja B ning B ja C vahel, kui $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ V}$, $r_1 = 1 \Omega$, $r_2 = 1,5 \Omega$, $R_1 = 0,5 \Omega$ ja $R_2 = 5 \Omega$.



Joon. 2.25.

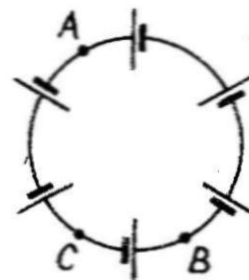


Joon. 2.26.

- 2.71. Vooluring koosneb neljast ühesugusest vooluallikast, igaüks

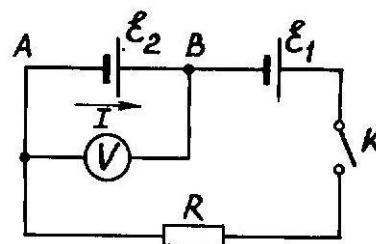
elektromotoorjõuga $\mathcal{E} = 2 \text{ V}$ ja sisetakistusega $r = 1 \Omega$, ning neljast takistist, igaüks takistusega $R = 10 \Omega$ (joon. 2.26). Mida näitab punktide 1 ja 2, 1 ja 6, 5 ja 6 ning 3 ja 4 vahele lülitatud suure sisetakistusega voltmeeter?

- 2.72. Mitu ühesugust galvaanielementi moodustavad joonisel 2.27 kujutatud vooluringi. Ühendusjuhtmete takistus on tühiselt väike. Määrata potentsiaalide vahe ühendusjuhtmete mis tahes kahe punkti, näiteks punktide A ja B või A ja C vahel. Lahendada sama ülesanne, kui elementide elektromotoorjõud on üksteisest erinevad, sisetakistused aga võrdelised elektromotoorjõududega. Milline on vastus esimesele küsimusele, kui elemendid on pööratud teineteise poole samamargiliste poolustega?



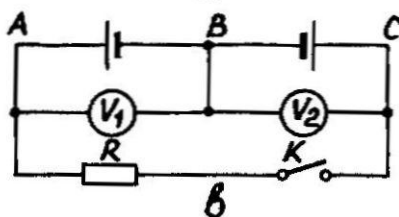
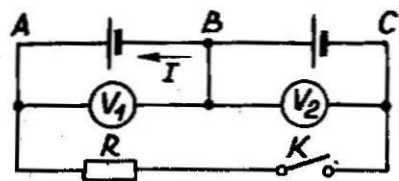
Joon. 2.27.

- 2.73. Tarbijate toitmiseks kasutatakse kahest järjestikusest elementist ($\mathcal{E}_1, r_1$ ja $\mathcal{E}_2, r_2$) koosnevat patareid. Tarbija takistus on R . Leida tingimus, mil sellisest patareist saadud vool on väiksem kui vool, mille saaks tarbija, kui kasutada ainult ühte elementidest ($\mathcal{E}_1, r_1$).
- 2.74. Kaks ühesuguse elektromotoorjõuga, kuid erinevate sisetakistustega r_1 ja r_2 vooluallikat on ühendatud järjestikku. Eeldades, et $r_2 \gg r_1$, leida välistakistus R , mille korral potentsiaalide vahe ühe vooluallika (millise?) klemmidel saab võrdseks nulliga.
- 2.75. Kaks vooluallikat elektromotoorjõududega $\mathcal{E}_1$ ja $\mathcal{E}_2$ ning suure takistusega voltmeeter, mille null on skaala keskel, on ühendatud takistiga R vastavalt joonisele 2.28. Vooluallikate sisetakistused on võrdsed välistakistusega R . Avatud lüliti K korral hõlbis voltmeetri osuti paremale. Leida, millises vahekorras peavad olema $\mathcal{E}_1$ ja $\mathcal{E}_2$, et voltmeetri osuti hõlbiks suletud lüliti korral: a) paremale, b) vasakule, c) jääks nullasendisse.



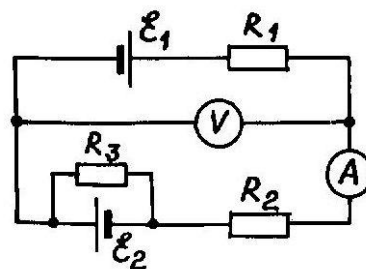
Joon. 2.28.

- 2.76. Kaks vooluallikat ja kaks suure takistusega voltmeetrit on ühendatud takistiga R vastavalt joonisele 2.29, a. Avatud lüliti K korral on voltmeetrite V_1 ja V_2 näidud vastavalt $U_1 = 1,8 \text{ V}$ ja $U_2 = 1,4 \text{ V}$; osutid on hõlbinud paremale.



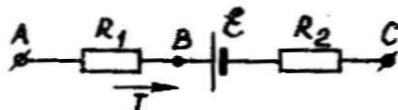
Joon. 2.29.

Suletud lüliti korral on voltmeetrite näidud $U_1' = 1,4 \text{ V}$ ja $U_2' = 0,6 \text{ V}$; hõlbed on jälle nullist paremale. Mida näitavad voltmeetrid, kui vooluallikad ühendada nendega vastavalt joonisele 2.29, b ja lüliti K on

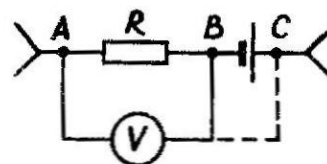


Joon. 2.30.

- suletud.
- 2.77. Mida näitab suure takistusega voltmeeter joonisel 2.30 esitatud vooluringis, kui ampermeetri näit I



Joon. 2.31.



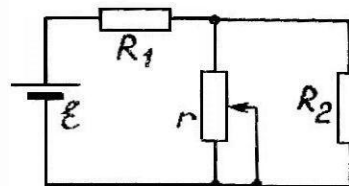
Joon. 2.32.

= 75 mA, $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 20 \Omega$ ja ampermeetri ning voluallikate takistused on tühiselt väikesed?

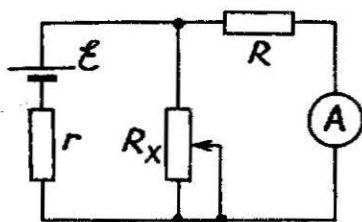
- 2.78. Joonisel 2.31 kujutatud voluuringi lõigu takistused $R_1 = 3,7 \Omega$, $R_2 = 5,6 \Omega$ ja tühiselt väikese sisetakistusega voluallika elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 5 \text{ V}$. Voluutugevus vaadeldavas lõigus $I = 1 \text{ A}$. Määrata potentsiaalide vahe punktide A ja B, B ja C ning A ja C vahel.
- 2.79. Voluuringi ühe osa takistus on R ning sellega on järjestikku ühendatud voluallikas, mille $\mathcal{E} = 2,2 \text{ V}$ (joon.2.32). Voluallika sisetakistus on tühiselt väike. Voltmeeter, mille 0 asetseb skaala keskel, on ühendatud punktidega A ja B. Voltmeetri osuti on kaldunud paremale ning näitab 0,5 V; ka voolu suund on vasakult paremale. Mida näitab voltmeeter, kui parempoolne juhe ühendada punktiga C?

Kirchhoffi reeglid

- 2.80. Voluuringi skeem on esitatud joonisel 2.33. Kujutada graafiliselt läbi takisti R_1 kulgeva voolu tugevuse sõltuvus takistusest r . Suurused $\mathcal{E}$, R_1 ja R_2 on antud. Määrata kõvera tõus, kui $r = 0$.
- 2.81. Milline peab olema joonisel 2.34 kujutatud voluuringi takistuste r , R_x ja R omavaheline suhe, et ampermeetri näit muutuks vähe R_x

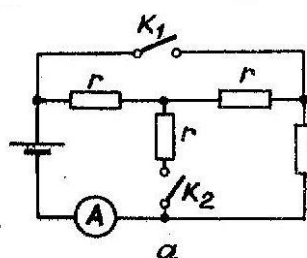


Joon. 2.33.

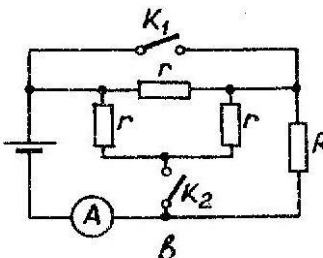


Joon. 2.34.

muutmisel suurtes piirides? Voluallika sisetakistus jätta arvesta mata. Valige joonise 1.2.35 kujutat



a

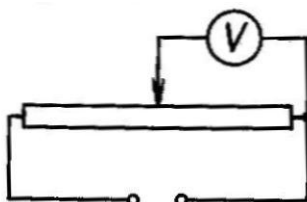


b

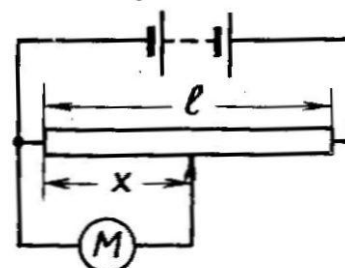
Joon. 2.35.

ud voluuringides selline takistus R , et avatud lüliti K_1 ja suletud lüliti K_2 korral ampermeeter näitaks samasugust voolu kui suletud lüliti K_2 ja avatud lüliti K_1 korral. Ampermeetri ja voluallika takistused on tühiselt väikesed.

- 2.83. Patareiga, mille elektromotoorjõud on $\mathcal{E}$ ja sisetakistus r , ühendati kaks paralleeset reostaati takistusega R_1 ja R_2 . Leida patareid ja reostaati R_1 läbiv vool I_1 . Kuidas muutub vool I_1 , kui reostaat R_2 välja lülitada? (Vaadelda erijuhtu, kui $r \ll R_1$).

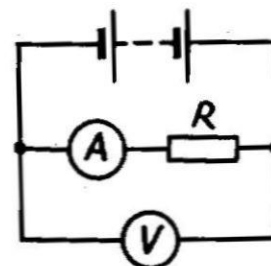


Joon. 2.36.



Joon. 2.37.

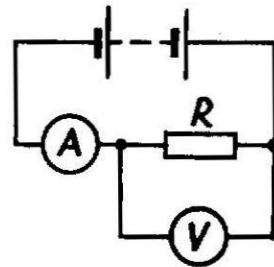
- 2.84. Potentsiomeetrile kogutakistusega 2000Ω , on rakendatud pinge 100 V (joon. 2.36). Potentsiomeetri ühe otsa ja liugkontakti vahele on lülitatud voltmeeter, mille takistus on 500Ω . Millist pinget näitab voltmeeter, kui liugkontakt on potentsiomeetri keskpunktis?
- 2.85. Joonisel 2.37 kujutatud potentsiomeetri pikkus $l = 50 \text{ cm}$, takistus $R_0 = 500 \Omega$ ning tema otstele rakendatud pinge $U_0 = 200 \text{ V}$. Voolu tarbiva riista M takistus võib omada väärtusi $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$, $R_3 = 500 \Omega$, $R_4 = 5000 \Omega$, $R_5 = \infty$. Määrata selle riista klemmpinge U sõltuvus liugkontakti kaugusest potentsiomeetri otsani. Tulemus esitada analüütiliselt ja viie graafikuna ühel ja samal pinnal.
- 2.86. Takistust R mõõdetakse voltmeetri ja ampermeetri abil joonisel 2.38 näidatud skeemi järgi. Ampermeetri takistus on $0,03 \Omega$. Määrata R , kui ampermeetri lugem on $0,32 \text{ A}$ ja voltmeetri lugem $9,6 \text{ V}$. Milline on



Joon. 2.38.

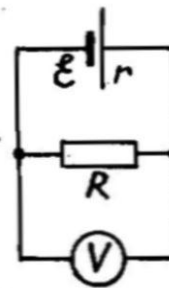
tulemuse suhteline viga, kui jätta ampermeetri takistus arvestamata? Lahendada analoogiline ülesanne, kui samade mõõteriistade lugemid on vastavalt 7 A ja 2,1 V.

- 2.87. Takistust R mõõdetakse voltmeetri ja ampermeetri abil joonisel 2.39 näidatud skeemi järgi. Voltmeetri takistus on $1000\ \Omega$. Määrata R , kui ampermeetri lugem on 2,4 A ja voltmeetri lugem 7,2 V. Milline on tulemuse suhteline viga, kui jätta arvestamata voltmeetri läbiv vool? Lahendada analoogiline ülesanne, kui samade mõõteriistade lugemid on vastavalt 24 mA ja 7,2 V.



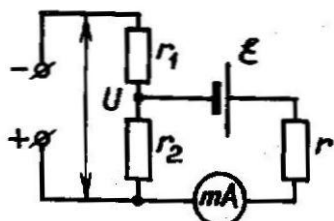
Joon. 2.39.

- 2.88. Galvaanielementide patarei sisetakistus on $5\ \Omega$. Patarei klemmipinget mõõdetakse voltmeetriga, mille takistus on $1000\ \Omega$. Mitu protsenti selle patarei elektromotoorse jõu täpsest väärtusest moodustab tehtud viga, kui lugeda voltmeetri näitu elektromotoorse jõu väärtuseks?
- 2.89. Vooluringi moodustab pingeallikas ning takistus R (joon. 2.40). Pingeallika klemmidega ühendatud voltmeeter näitas 50 V; teine voltmeeter ühendatult samade klemmidega näitab 51 V, kuna elektrostaatilise voltmeetri näit on 52 V. Avatud vooluringi korral on elektrostaatilise voltmeetri näit 65 V. Määrata vooluringi välistakistus, vooluallika sisetakistus ning teise voltmeetri takistus, kui esimese takistus on $6500\ \Omega$.

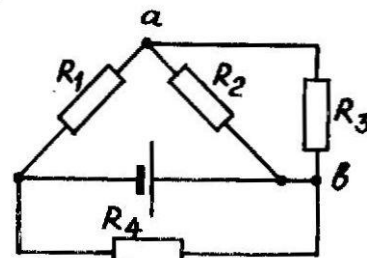


Joon. 2.40

- 2.90. Tundmatu pinge U võrdlemiseks normaalelemendi elektromotoorjõuga $\mathcal{E} = 1,0183\text{ V}$ kasutatakse joonisel 2.41 näidatud skeemi. Leida pinge U , kui $r_1 + r_2 = 1000\ \Omega$, $r = 500\ \Omega$ (selle hulka on arvatud ka milliampermeetri ja elemendi sisetakistused ja vool läbi normaalelemendi puudub siis, kui $r_2 = 20\ \Omega$).



Joon. 2.41.



Joon. 2.42.

vooluallikat läbiva voolu tugevus i ja punktide a ja b vaheline pinge U . Leida takistus R_4 .

- 2.92. Akupatareid, mis koosneb $n = 120$ elemendist mahutavusega $q = 360\text{ A}\cdot\text{t}$, laetakse 8 tunni jooksul.

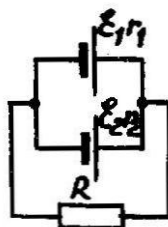
Akude laadimiseks

ühendatakse nad nelja paralleelseesse rühma. Laadimiseks

kasutatakse pinget $U = 220\text{ V}$. Iga aku elektromotoorjõud enne laadimist $\mathcal{E}_1 = 1,8\text{ V}$, pärast seda peab aga olema $\mathcal{E}_2 = 2,7\text{ V}$. Aku sisetakistust Ω . Milline reostaat tuleb lülitada nendes tingimustes?

- 2.93. Kasutada on neli ühesugust V ja sisetakistus $r = 0,2\ \Omega$. korral on voolutugevus välisahelas

- 2.94. N ühesugust vooluelementi, igaüks jaotatud m gruppi, igas grupis n ühendatud paralleelselt, grupid olema grupeeritud elemendid, et voolutugevus läbi konstantse väärtusega välistakistuse R oleks maksimaalne? Kui suur on see voolutugevus?

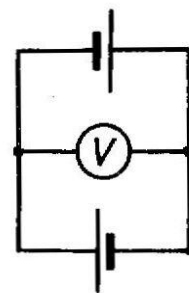


Joon. 2.43.

vooluelementi, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 2$ Välistakistus $R = 0,2\ \Omega$. Millise ühenduse maksimaalne? Kui suur on see voolutugevus? elektromotoorjõuga $\mathcal{E}$ ja sisetakistusega r , on elementi. Gruppides on elemendid omavahel aga järjestikku. Kuidas peavad

- 2.95. Kaks vooluallikat, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 2\text{ V}$ ja $\mathcal{E}_2 = 3\text{ V}$, ning sisetakistused vastavalt $r_1 = 1\ \Omega$ ja $r_2 = 1,5\ \Omega$, moodustavad patarei (vt. joon. 2.43), mille klemmidega on ühendatud takisti $R = 20\ \Omega$. Millise ekvivalentse vooluallikaga võib selle patarei asendada?

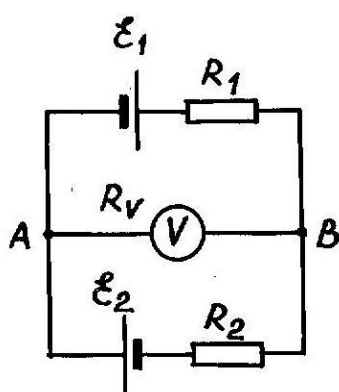
2.96. Kaks võrdse elektromotoorjõuga $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$ ja sisetakistusega $r = 2 \Omega$ vooluallikat on omavahel ühendatud nii, nagu näha joonisel 2.44. Leida vooluallikaid läbiva voolu tugevus. Mida näitab voltmeeter?



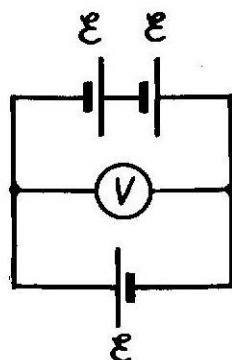
Joon. 2.44.

2.97. Mida näitab eelmise ülesande vooluringis olev voltmeeter, kui ühe vooluallika sisetakistus $r_1 = 3 \Omega$ ja teise oma $r_2 = 1 \Omega$?

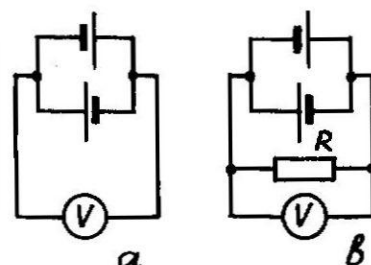
2.98. Mida näitab voltmeeter joonisel 2.45 kujutatud vooluringis, kui $\mathcal{E}_1 = 1,50 \text{ V}$ ja $\mathcal{E}_2 = 1,60 \text{ V}$, $R_1 = 1,00 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,00 \text{ k}\Omega$, $R_V = 2,00 \text{ k}\Omega$ ning vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed?



Joon. 2.45.



Joon. 2.46.



Joon. 2.47.

2.99. Kolm ühesugust vooluallikat on ühendatud omavahel nii, nagu näha joonisel 2.46. Mida näitab voltmeeter?

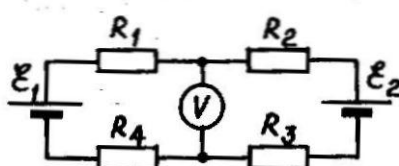
2.100. Mida näitab voltmeeter,

väga suure takistusega kui kaks vooluallikat, kumbki elektromotoorjõuga $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$ ja sisetakistusega $r = 0,5$

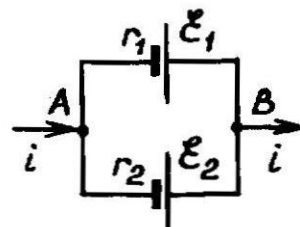
Ω , on ühendatud nii, nagu näidatud joonisel 2.47, a ja b. $R = 0,5 \Omega$. Kuidas muutub voltmeetri näit, kui ühe vooluallika elektromotoorjõudu suurendada kaks korda, jättes tema sisetakistuse endiseks?

2.101. Joonisel 2.48 kujutatud vooluringis on voltmeetri takistus $R_V = 300 \Omega$,

vooluallikate elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 2,2 \text{ V}$ ja takistused $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$, $R_3 = 300 \Omega$ ja $R_4 = 400 \Omega$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed. Mida näitab voltmeeter? Milline on väga suure sisetakistusega voltmeetri näit?



Joon. 2.48.

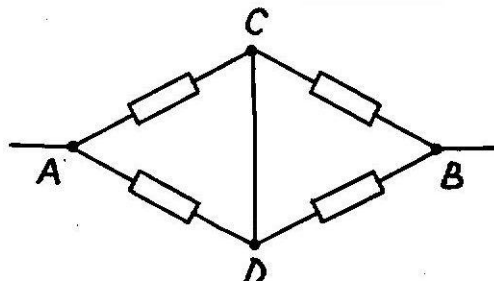


Joon. 2.49.

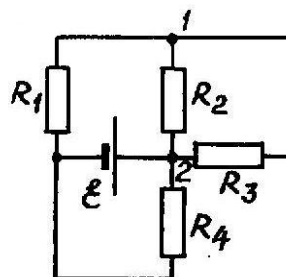
2.102. Mingis vooluringis on joonisel 2.49 kujutatud lõik. Esimese vooluallika elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ V}$ ja sisetakistus $r_1 = 1 \Omega$, teisel vooluallikal $\mathcal{E}_2 = 12 \text{ V}$ ja sisetakistus $r_2 = 4 \Omega$. Voolu tugevus $i = 3$

A. Arvutada vooluallikaid läbivad voolud.

2.103. Joonisel 2.50 kujutatud vooluringis $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, $R_4 = 7 \Omega$ ja $U_{AB} = 36 \text{ V}$. Arvutada voolutugevus lõigis CD ($R_{CD} = 0$).



Joon. 2.50.



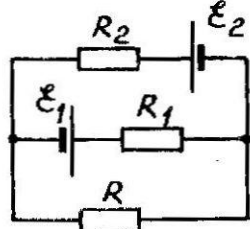
Joon. 2.51.

2.104. Joonisel 2.51 näidatud vooluringis on teada takistused R_1 , R_2 ja R_3 , voolutugevus i läbi vooluallika ning punktide 2 ja 1 potentsiaalide vahe U_{21} . Määrata takistus R_4 .

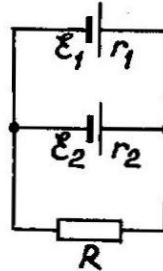
2.105. Kümme ühesugust elementi ($\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$; $r = 0,25 \Omega$) on ühendatud kahte patareisse: ühes kuus, teises neli elementi järjestikku. Patareid on ühendatud paralleelselt ning toidavad koormust takistusega 10Ω . Määrata pinge koormusel.

2.106. Määrata voolu suund ja voolutugevus läbi takisti $R = 5 \Omega$ (joon. 2.52), kui $\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ V}$; $\mathcal{E}_2 = 3,7 \text{ V}$; $R_1 = 10 \Omega$ ja $R_2 = 20 \Omega$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed.

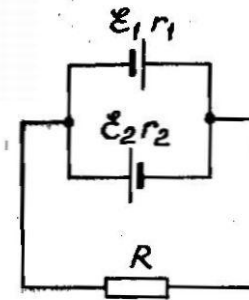
2.107. Ekslikult ühendati vooluringi paralleelselt kaks galvaanielementi, millede elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 1,9 \text{ V}$ ja $\mathcal{E}_2 = 1,1 \text{ V}$ ning sisetakistused $r_1 = 0,1 \Omega$ ja $r_2 = 0,8 \Omega$ (joon. 2.53). Elementid on ühendatud välisakistiga $R = 10 \Omega$. Kui suured on voolutugevused läbi kummagi elemendi ning milline on pingelang takistil R ?



Joon. 2.52.



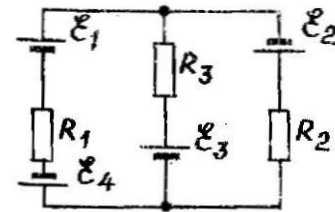
Joon. 2.53.



Joon. 2.54.

2.108. Kaks vooluallikat, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ V}$ ja $\mathcal{E}_2 = 8 \text{ V}$ ning sisetakistused $r_1 = 1 \Omega$ ja $r_2 = 2 \Omega$, on ühendatud takistiga $R = 6 \Omega$ vastavalt joonisel 2.54 näidatud skeemile. Leida voolutugevused kõikides harudes.

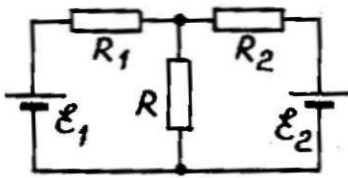
2.109. Joonisel 2.55 kujutatud vooluringi vooluallikate elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 55 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 10 \text{ V}$, $\mathcal{E}_3 = 30 \text{ V}$, $\mathcal{E}_4 = 15 \text{ V}$ ja sisetakistused $r_1 = 0,3 \Omega$, $r_2 = 0,4 \Omega$, $r_3 = 0,1 \Omega$, $r_4 = 0,2 \Omega$ ning välisakistused $R_1 = 9,5 \Omega$, $R_2 = 19,6 \Omega$ ja $R_3 = 4,9 \Omega$. Leida voolutugevused läbi kõikide vooluallikate.



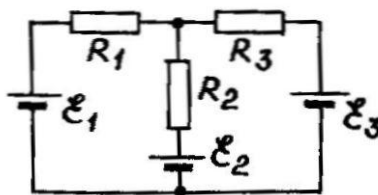
Joon. 2.55.

2.110. Joonisel 2.56 kujutatud vooluringi elementide andmed on järgmised: $\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 1 \text{ V}$, $R = 100 \Omega$; $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 80 \Omega$. Määrata voolutugevus läbi takistuse R . Milline peab olema seos vooluallikate

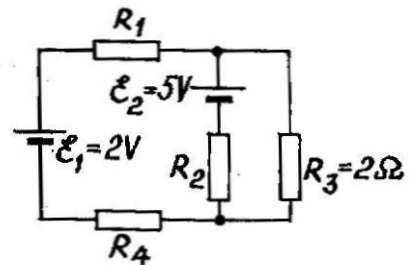
elektromotoorjõudude ning takistuste vahel, et vool ei läbiks



Joon. 2.56.



Joon. 2.57.



Joon. 2.58.

vooluallikat 2 ?

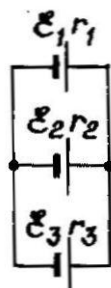
2.111. Joonisel 2.57 kujutatud vooluringi elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 25 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 4 \text{ V}$, $\mathcal{E}_3 = 6 \text{ V}$ ja takistused $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$ ja $R_3 = 8 \Omega$. Määrata voolutugevused kõikides harudes.

2.112. Kaks järjestikku ühendatud patareid elektromotoorjõududega 10 ja 15 volti ning sisetakistusega vastavalt 1 ja 2 oomi on ühendatud järjestikku 10-oomise takistiga. Takisti keskpunkt on ühendatud patareide ühise klemmiga läbi 5-oomise takisti. Arvutada voolutugevused kõikides vooluringi osades.

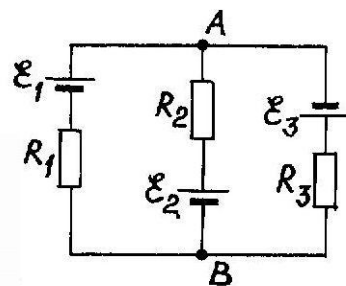
2.113. Vooluring on kujutatud joonisel 2.58. Selle elemendid on valitud nii, et vool läbi vooluallika $\mathcal{E}_1$ puudub. Milline on pinge U_2 takisti R_2 otstel ning voolutugevus i_3 läbi takisti R_3 ? Elementide sisetakistus jätta arvestamata. Millised on takistused R_2 , R_1 ja R_4 ?

2.114. Leida voolutugevused joonisel 2.59 kujutatud vooluringis, kui $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 4 \text{ V}$, $\mathcal{E}_3 = 6 \text{ V}$ ja $r_1 = r_2 = r_3 = 0,5 \Omega$. Kui suur on elementide klemmipinge ?

2.115. Joonisel 2.60 näidatud vooluringis on $\mathcal{E}_1 = 1,5$ V, $\mathcal{E}_2 = 2,0$ V, $\mathcal{E}_3 = 2,5$ V, $R_1=10\ \Omega$, $R_2=20\ \Omega$, $R_3=30\ \Omega$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed. Leida voolutugevus läbi R_1 ja punktide A ja B potentsiaalide vahe.

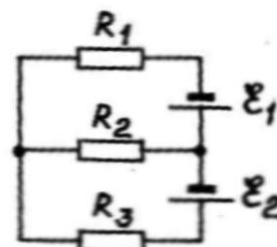


Joon. 2.59.



Joon. 2.60.

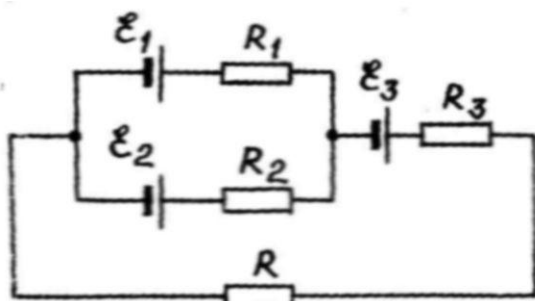
2.116. Leida voolutugevused joonisel 2.61 kujutatud vooluringi kõikides osades, kui $\mathcal{E}_1 = 2,0$ V, $\mathcal{E}_2 = 4,5$ V, $R_1=5\ \Omega$, $R_2=4\ \Omega$ ja $R_3=2\ \Omega$. Vooluallikate sisetakistused lugeda tühiselt väikesteks.



Joon. 2.61.

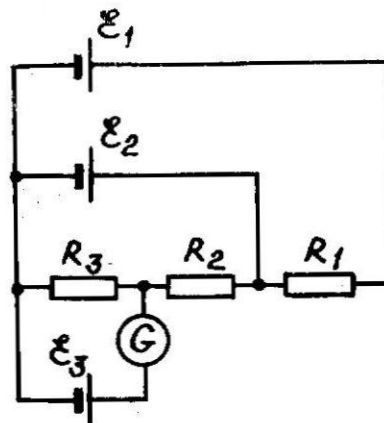
2.117. Leida voolutugevused läbi kõikide joonisel 2.62

kujutatud vooluallikate, kui $\mathcal{E}_1 = 1,3$ V, $\mathcal{E}_2 = 1,5$ V, $\mathcal{E}_3 = 2,0$ V ja $R_1 = R_2 = R_3 = 0,2\ \Omega$ ja $R = 0,55\ \Omega$. Vooluallikate sisetakistused lugeda tühiselt väikesteks.



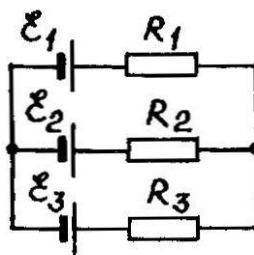
Joon. 2.62.

2.118. Joonisel 2.63 kujutatud vooluringis on takistused R_1 , R_2 ja R_3 valitud nii, et vool läbi galvanomeetri puudub. Teada on takistuste R_1 , R_2 ja R_3 ning elektromotoorjõudude $\mathcal{E}_1$ ja $\mathcal{E}_2$ väärtused. Lugeses vooluallikate sisetakistused tühiselt väikesteks, leida elektromotoorjõud $\mathcal{E}_2$ ning voolutugevus läbi vooluallika $\mathcal{E}_1$.



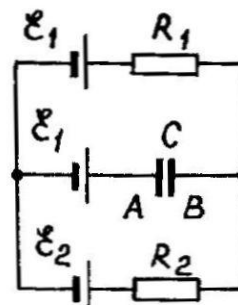
Joon. 2.63.

2.119. Joonisel 2.64 kujutatud skeemis on vooluallikate elektromotoorjõud $\mathcal{E}_1 = 22$ V, $\mathcal{E}_2 = 8$ V, $\mathcal{E}_3 = 12$ V, reostaatide takistused $R_1=5\ \Omega$, $R_2=10\ \Omega$, $R_3=3\ \Omega$. Määrata reostaate läbivate voolude tugevused, jättes vooluallikate sisetakistused arvestamata.



Joon. 2.64.

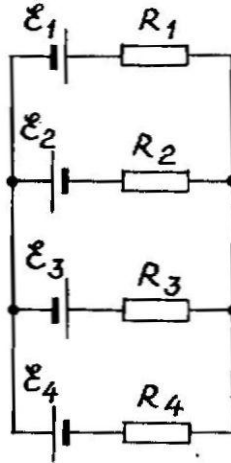
2.120. Joonisel 2.65 kujutatud vooluringis $\mathcal{E}_1 = 1,0$ V, $\mathcal{E}_2 = 2,5$ V, $R_1=10\ \Omega$, $R_2=20\ \Omega$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed. Leida potentsiaalide vahe $\phi_1 - \phi_2$ kondensaatori C katetel A ja B.



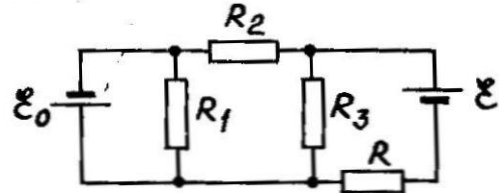
Joon. 2.65.

2.121. Joonisel 2.66 kujutatud vooluringi elektromotoorjõudude ja takistuste väärtused on järgmised: $\mathcal{E}_1 = 1,0$ V, $\mathcal{E}_2 = 2$ V, $\mathcal{E}_3 = 3$ V, $\mathcal{E}_4 = 4$ V ja $R_1=1\ \Omega$, $R_2=2\ \Omega$, $R_3=3\ \Omega$ ja $R_4=4\ \Omega$. Leida voolutugevused läbi kõikide vooluallikate, lugeses juhtmete ja vooluallikate takistused tühiselt väikesteks.

2.122. Leida voolutugevus läbi joonisel 2.67 kujutatud vooluringi takisti $R=4\ \Omega$, kui $\mathcal{E}=4\text{V}$, $\mathcal{E}_0=2\text{V}$, $R_1=10\ \Omega$, $R_2=1\ \Omega$, $R_3=2\ \Omega$ ja vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed.

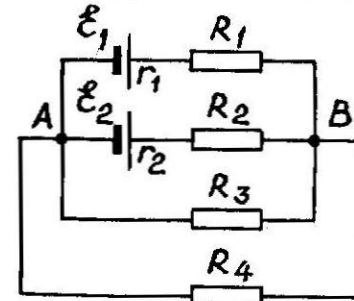


Joon. 2.66.



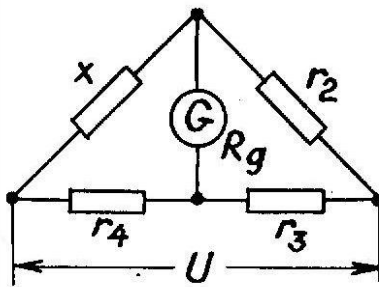
Joon. 2.67.

2.123. Joonisel 2.68 kujutatud vooluringi andmed on järgmised: $R_1=R_4=2\ \Omega$, $R_2=R_3=4\ \Omega$, $\mathcal{E}_1=10\text{V}$, $\mathcal{E}_2=4\text{V}$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed. Määrata voolutugevused kõikides harudes.

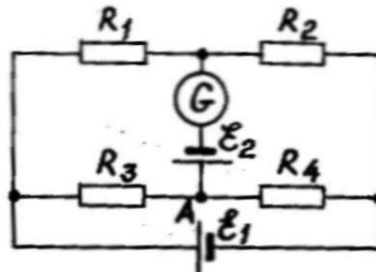


Joon. 2.68.

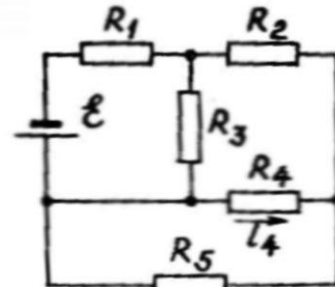
2.124. Wheatstone'i silla otstele on rakendatud pinge U (joon. 2.69). Galvanomeetri takistus on R_g ning teda läbiv vool i . Silla õlgade



Joon. 2.69.



Joon. 2.70.



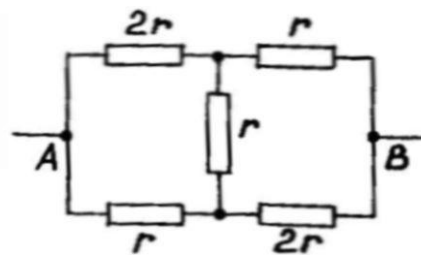
Joon. 2.71.

takistused on x , r_2 , r_3 , r_4 .

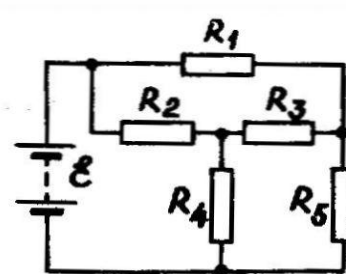
Määrata otsitava takistuse väärtus x .

2.125. Joonisel 2.70 kujutatud vooluringis on $\mathcal{E}_1=6\text{V}$, $R_1=100\ \Omega$, $R_2=50\ \Omega$, $R_3=40\ \Omega$ ja $R_4=80\ \Omega$. Milline peab olema vooluallika $\mathcal{E}_2$ elektromotoorjõud ja kuidas tuleb ta ühendada vooluringi, et vool läbi galvanomeetri puuduks? Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed.

2.126. Joonisel 2.71 kujutatud vooluringi kõik takistused ning voolutugevus i_4 läbi takisti R_4 on antud. Määrata vooluallika elektromotoorjõud $\mathcal{E}$. Vooluallika sisetakistus jätta arvestamata.



Joon. 2.72.



Joon. 2.73.

2.127. Määrata takistus R joonisel 2.72 kujutatud vooluringi punktide A ja B vahel.

2.128. Vooluring on kujutatud joonisel 2.73. Selle elementide andmed on järgmised: $\mathcal{E}=10\text{V}$, $R_1=5\ \Omega$, $R_4=R_3=1\ \Omega$, $R_2=R_5=3\ \Omega$, patarei sisetakistus on tühiselt väike. Määrata voolutugevused kõikides harudes.

2.129. Ühejuhtmelises telegraafiliinis on tekkinud rike maandustakistusega R (joon. 2.74). Tõestada, et mõõteriistaga ühendatud liiniotsas on vool i minimaalne, kui rike asetseb liini keskel. Mõõteriista takistus

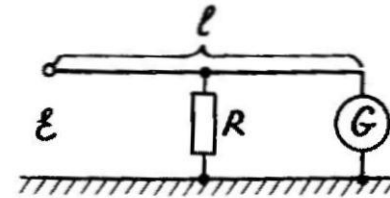
on tühiselt väike, võrreldes liini teiste osade takistusega.

Voolu töö ja võimsus

2.130. Välgulöök kestab ligikaudu 1 ms. Sädekanali otste potentsiaalide vaheks võib välgus võtta 1 GV ja voolu tugevuseks 20 kA. Arvutada välgus vabaneva energia hind, lähtudes elektrienergia kehtivast hinnast – 4 kop ühe kWh eest.

2.131. Maa atmosfääris on keskmiselt sada välgsähvatust sekundis. Kasutades eelmise ülesande andmeid, arvutada elektrienergia hulk, mis kulub välkudeks ühe aasta jooksul. Võrrelda seda kogu maailma aastase elektrienergia tootanguga (ca $5 \cdot 10^{12}$ kWh).

2.132. Raudtraadi otstele rakendatud pinge on 10 V. Traadi pikkus on 1,5 m ja diameeter 0,6 mm. Arvutada a) traadis eralduv võimsus; b) soojushulk, mis eraldub traadis ühe tunni jooksul; c) elektrivoolu tihedus; d) elektronide hulk, mis läbib traadi ristlõiget ühe sekundi jooksul; e) elektronide suunatud liikumise keskmine kiirus, lugedes juhtivuselektronide kontsentratsiooni võrdseks aatomite kontsentratsiooniga.



Joon. 2.74.

2.133. Hõõglampile on kirjutatud 120 V, 60W. Kuumutamata niidi takistust mõõdeti Wheatstone'i silla abil ning leiti, et see on 20 Ω . Milline on niidi normaalne töötemperatuur, kui niidi aine $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$?

2.134. Kaks pingele $U = 200 \text{ V}$ arvestatud hõõglampi, mille nimivõimsused $P_1 = 100 \text{ W}$ ja $P_2 = 60 \text{ W}$, on ühendatud järjestikku. Kuidas jaotuvad nüüd nendes lampides eralduvad võimsused, kui jätta arvestamata temperatuuri muutusest tingitud takistuse muutus?

2.135. Kaks 120-V pingele arvestatud elektrilampi on ühendatud järjestikku 220-V vooluvõrku. Ühe lambi võimsus on 90 W, teisel 40 W. Milline nendest helendub intensiivsemalt?

2.136. On antud kolm hõõglampi, võimsusega 50 W, 50W, 100 W pingele 110 V. Missuguse skeemi kohaselt tuleks need lambid lülitada 220-V pingega võrku, et nad põleksid normaalselt? Millise tugevusega voolud läbivad lampe ?

2.137. 110-V pingele arvestatud 25-W elektrilamp lülitati 120-V vooluvõrku üle eeltakisti. Kuidas muutub lambi klemmipinge, kui temaga ühendada paralleelselt veel kolm niisugust lampi? (Lambi takistus lugeda seejuures sõltumatuks temperatuurist.)

2.138. Hõõglambi (100 W; 120 V) takistus on töörežiimis kümme korda suurem kui külmas olekus. Määrata selle lambi takistus külmas olekus ja hõõgniidi takistuse temperatuuritegur, kui hõõgumistemperatuur on 2000°C.

2.139. 110-V pingeaallikas toidab ahelat, mis koosneb ahjust ja temaga järjestikku ühendatud 5-oomise takistusega reostaadist. Kui suur peab olema ahju takistus, et temas eralduv võimsus oleks 400 W?

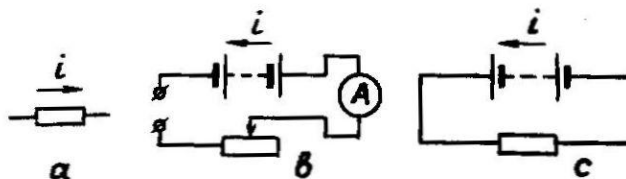
2.140. Galvaanielemendi elektromotoorjõud on 1,5 V ja sisetakistus 1 Ω . Milline peab olema ahela välisosa takistus, et selles eralduv võimsus oleks 0,5 W? Kui suur on sel juhul voolutugevus ?

2.141. Elektrikeetjal on kaks küttekeha. Ühe sisselülitamisel läheb vesi keetjas keema 10 min jooksul, teise puhul 20 min jooksul. Milline ajavahemik kulub vee keemaajamiseks, kui lülitada sisse üheaegselt mõlemad küttekehad a) järjestikku, b) paralleelselt? Pinge, kasutegur, vee hulk ja selle algtemperatuur on kõikidel juhtudel samad.

2.142. Mitu keerdu nikeliintraati peab mähkima 1,5 cm läbimõõduga portselansilindrile, et saada küttekeha keetja jaoks, milles 10 min jooksul läheks keema 1,2 liitrit 10°C algtemperatuuriga vett? Keetja kasutegur on 60%, traadi läbimõõt 0,2 mm, pinge 100 V.

2.143. Lenz kasutas voolu soojusliku toime uurimiseks piiritusega täidetud anumad, millesse oli asetatud plaatinaspiraal. Juhtides läbi spiraali voolu ja mõõtes aega, mille jooksul temperatuur tõusis 1°C võrra, võib määrata eraldunud soojushulga. Leida temperatuuri tõusu kiirus niisuguses seadmes, kui spiraali pikkus on 40 cm, traadi läbimõõt 1 mm, pinge 1,1 V ja piirituse hulk 1 kg. Plaatina eritakistus töötingimustes on $1,2 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$. Anuma soojusmahtuvus jätta arvestamata.

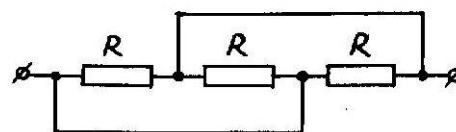
- 2.144. Hoone ühendamiseks magistraaliga kasutatakse juhtme paari, milles kummagi juhtme takistus $R_0 = 0,25 \Omega$. Magistraali pingeline $U_0 = 127 \text{ V}$. Milline võib olla hoones kasutatav maksimaalne võimsus, et pingeline hoone sisendis ei langeks alla $U = 120 \text{ V}$ völdi?
- 2.145. Mitu pingeline $U = 110 \text{ V}$ arvestatud lampi, igaüks võimsusega $P_0 = 300 \text{ W}$, võib monteeri hoonesse, mis on magistraaliga ühendatud kahesooneelise vaskkaabli abil, mille pikkus $l = 50 \text{ m}$ ja soone ristlõikepindala $S = 9 \text{ mm}^2$. Magistraali pingeline $U_0 = 122 \text{ V}$.
- 2.146. Jõuallikast, mille võimsus on 5 kW ja klemmipinge 110 V , soovitakse 5 km kaugusele anda elektrienergiat. Milline peab olema vaskjuhtmete ($\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$) minimaalne diameeter, et energiakaod juhtmetes ei ületaks 10% jõuallika võimsusest?
- 2.147. Voolu tarbijateks on kord lamp takistusega 200Ω , siis lamp takistusega 500Ω . Mõlemal juhul on lampide poolt tarbitavad võimsused 200 W ning kasutatakse samu ühendusjuhtmeid. Kui suur on sama vooluallika korral lühisvool juhtmetes?
- 2.148. 5 cm pikkusele pliitraadile rakendatakse pingeline 100 V . Millise aja möödudes hakkab traat sulama? Traadi temperatuuriks võtta 0°C , plii sulamistemperatuur on 327°C . Soojuskaod ja erisoojuse muutus soojenemisel jätta arvestamata.
- 2.149. Võrrelda kahe vooluallika klemmipingeid U_1 ja U_2 ning nende voolude kasulikke võimsusi P_1 ja P_2 järgmistel tingimustel: a) vooluallikas on viiekümnest järjestikku ühendatud ühesugusest elemendist koosnev patareid, kusjuures iga elemendi emj. $\mathcal{E}_0 = 2 \text{ V}$ ning sisetakistus $r_0 = 0,2 \Omega$; patareid on ühendatud välistakistusega $R_1 = 200 \Omega$; b) vooluallikaks on mitmekettaline elektrofoormasin, mis kerakondensaatoritel tekitab potentsiaalide vahe $100\,000 \text{ V}$ ning on 10^8 –oomise sisetakistusega; pingeline allikas on ühendatud takistiga $R_2 = 105 \Omega$. Kuidas muutuvad voolu tugevused ja voolu võimsused välistakistil, kui viimaste suurust kahekordistada?
- 2.150. Leida elektriliste jõudude töö ja eraldunud soojushulk ühe sekundi jooksul järgmistel juhtudel: a) juhtmes, milles kulgeb vool $i = 1 \text{ A}$, kui pingeline juhtme otstel $U = 2 \text{ V}$ (joon. 2.75, a); b) akus, mida laetakse vooluga $i = 1 \text{ A}$, kui vooluallika klemmipinge $U = 2 \text{ V}$, ja elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 1,3 \text{ V}$ (joon. 2.75, b); c) akus, mis tekitab läbi tema klemmidega ühendatud takisti voolu $i = 1 \text{ A}$, kui aku pingeline aku klemmidel $U = 2 \text{ V}$ ja elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 2,6 \text{ V}$.
- 2.151. Kui vooluringi välistakistus $R_1 = 1 \Omega$, siis tarbib välisahel niisama suurt võimsust, kui ta tarbis $R_2 = 16 \Omega$ välistakistuse korral. Leida vooluallika sisetakistus.
- 2.152. Vooluring koosneb patareist, mille elektromotoorjõud on 10 V ja 3-oomise takistusega välisahelast. Voolutugevus on seejuures 2 A . Määrata vooluringi kasutegur. Kui suur peaks olema välisahela takistus, et kasutegur oleks 100% ?
- 2.153. Vooluallikaga on ühendatud reguleeritava takistusega tarbija. Tarbijal eralduva võimsuse sõltuvust voolutugevusest väljendavad tabelis toodud andmed. Esitada kirjeldatud sõltuvus graafiliselt ja määrata vooluallika sisetakistus ning elektromotoorjõud. Joonestada graafikud, mis näitavad vooluallika kasuteguri ja tarbijal tekkiva pingelangu sõltuvust voolutugevusest.



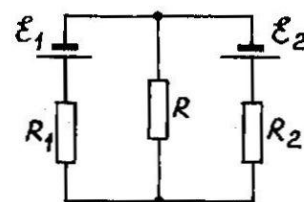
Joon. 2.75.

I(A)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P(W)	0	1,8	3,2	4,2	4,8	5	4,8	4,2	3,2	1,8	0

- 2.154. Eelmise ülesande tingimuste järgi joonestada graafikud, mis väljendavad vooluallika kasuteguri, koguvõimsuse ja kasuliku võimsuse sõltuvust välistakistusest, võttes viimase väärtuseks 0; r , $2r$, $3r$, $4r$, $5r$, kus r on vooluallika sisetakistus.
- 2.155. Patarei, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 40 \text{ V}$ ja sisetakistus $r = 5 \text{ oomi}$, ühendatakse reostaadiga, mille takistust R saab muuta 0 kuni 35 oomini. Joonestada ühes teljestikus välis-, sise- ning vooluringi kogutakistustes eralduvate võimsuste sõltuvused välistakistuse väärtusest.
- 2.156. Vooluallika elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 12,0 \text{ V}$. Maksimaalne voolutugevus, mida võib saada selle vooluallika abil $i_{\max} = 5,0 \text{ A}$. Kui suurt maksimaalset võimsust võib see vooluallikas anda välisahelasse, milleks on reguleeritava takistusega resistor.
- 2.157. Kui vooluallika klemmidega ühendada takisti $R = 5 \Omega$, läbib teda vool $i = 1,0 \text{ A}$. Vooluallika lühisvool $i_{\max} = 6 \text{ A}$. Määrata maksimaalne kasulik võimsus, mida võib saada sellest vooluallikast.
- 2.158. Määrata akupatarei elektromotoorjõud, mille sisetakistus $r = 0,5 \Omega$, kui välistakistuse $R = 2 \Omega$ korral on ta kasulik võimsus $P = 4,5 \text{ W}$. Kas võib leida niisuguse välistakistuse, mille korral patarei kasulik võimsus suureneks kaks korda?
- 2.159. Kui suurt maksimaalset võimsust võib anda välisahelasse element, mille elektromotoorjõud on 2 V ning sisetakistus $0,1 \Omega$?
- 2.160. Alalisvoolu allikaga, mille sisetakistus on r , ühendati kolm ühesugust takistit R . Takistite omavaheline ühendusviis on näidatud joonisel 2.76. Millise R korral on vaadeldavas vooluringi osas eralduv võimsus maksimaalne?
- 2.161. Milline on seatinaaku kasutegur, kui ta tekitab välisahelas, mille takistus $R = 0,25 \Omega$, voolu $i = 5 \text{ A}$ ja aku elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 2,15 \text{ V}$? Millist maksimaalset võimsust võib see aku anda välisahelasse? Kui suur on nüüd aku kasutegur?
- 2.162. Vooluallikas koosneb viiest ühesugusest järjestikku ühendatud elemendist, igaüks elektromotoorjõuga $\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ V}$ ning sisetakistusega $r_1 = 0,3 \Omega$. Millise välistakistusega tuleks ühendada vooluallikas, et selles eralduv võimsus oleks maksimaalne? Milline on seejuures voolutugevus? Kui suur on siis vooluallika koguvõimsus?
- 2.163. Segalülituses patareiga, mis koosneb $N = 300$ ühesugusest elemendist, kusjuures iga elemendi takistus $r = 0,3 \Omega$, on ühendatud takisti $R = 10 \Omega$. Elemendid on jaotatud ühesugusteks, elemente järjestikku sisaldavateks gruppideks. Omavahel on grupid ühendatud paralleelselt. Leida paralleelsete gruppide arv n , mille korral välistakistis eralduv võimsus on maksimaalne.
- 2.164. Joonisel 2.77 kujutatud vooluringis $\mathcal{E}_1 = 6 \text{ V}$, $\mathcal{E}_2 = 12 \text{ V}$, $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed. Kui suure R korral on temas eralduv võimsus maksimaalne? Milline see on?
- 2.165. Hõõglamp on projekteeritud pingele U volti ning võimsusele P vatti. Selle lambi niiti võib vaadelda silindrina, mille pikkus on l ning raadius r . Millise pikkuse ning raadiusega tuleb valida samast materjalist niit, et pingel U' volti tarbiks ta võimsust P' vatti? Mõlemal juhul lugeda kuumutatud niidi temperatuur ühesuguseks ning sellest eralduv soojus võrdeliseks niidi pindalaga.
- 2.166. Elektronlambi hõõgkatoodi kuumutamiseks on vajalik küttepinge $3,8 \text{ V}$, seejuures läbib niiti $0,65 \text{ A}$ tugevune vool. Niidi materjali aurustumise tõttu väheneb selle läbimõõt 10% võrra. Millise pingega peab rakendama niidile, et tema hõõgumistemperatuur püsiks endisena? Kui suur on nüüd küttevoolu tugevus?
- 2.167. Elektrolüüsivanni elektroodidele on rakendatud konstantne pinge U . Elektrolüüdi takistuse sõltuvust temperatuurist väljendab valem $R_t = \frac{R_0}{1+\alpha t}$, elektrolüüdi jahtumine allub Newtoni seadusele – $Q = k(t -$



Joon. 2.76.



Joon. 2.77.

t_0) τ , kus t_0 on ümbruskonna temperatuur. Millise väärtuse juurde jääb püsima elektrolüüdi temperatuur eeldusel, et elektrolüüdi mass ja erisoojus ei muutu ?

2.168. Vool suureneb ühtlaselt läbi takisti $R = 100 \, \Omega$ aja $\tau = 30 \, \text{s}$ jooksul nullist kuni väärtuseni $i_2 = 10 \, \text{A}$. Milline soojushulk eraldub selle aja jooksul takistis ?

2.169. Leida takistil $R = 12 \, \Omega$ eralduv soojushulk, kui vool läbi selle takisti suureneb ühtlaselt aja $\tau = 5 \, \text{s}$ jooksul väärtuselt $i_1 = 2 \, \text{A}$ kuni väärtuseni $i_2 = 10 \, \text{A}$.

2.170. Leida voolu töö takistil $R = 12 \, \Omega$, kui vool selles kahaneb ühtlaselt aja $\tau = 5 \, \text{s}$ jooksul väärtuselt $i_1 = 10 \, \text{A}$ kuni väärtuseni $i_2 = 2 \, \text{A}$.

2.171. Määrata töö, mida teeb vool, kui tema tugevus ja pinge kasvavad ühtlaselt ajavahemiku t jooksul nullist väärtuseni I ja U .

2.172. Patarei, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 40 \, \text{V}$ ja sisetakistus $r = 5 \, \Omega$, ühendatakse reostaadiga, mille takistus $R = 35 \, \Omega$. Milline soojushulk eraldub niisuguses vooluringis, kui reostaadi liugkontakti nihutada ühtlaselt reostaadi ühest otsast teise $t = 5 \, \text{s}$ jooksul ?

2.173. Joonisel 2.78 kujutatud vooluringis vooluallika elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 7,5 \, \text{V}$, tema sisetakistus $r = 0,5 \, \Omega$, koormuse takistus $R = 9,5 \, \Omega$. Reostaadi takistust R_x muudetakse 10s jooksul ühtlaselt 15 oomist 5 oomini. Kui palju soojust eraldub selle aja kestel takistis R ?

2.174. Küttekeha, mille takistus on r , läbib laeng q . Milline soojushulk eraldub küttekehas, kui voolutugevus temas väheneb: a) ühtlaselt aja Δt jooksul nullini, b) monotoonselt nullini, nii et iga Δt sekundi jooksul väheneb ta kaks korda ?

2.175. Pingeni $U = 200 \, \text{V}$ laetud kondensaatori katted ühendati omavahel läbi kahe järjestikuse takisti $R_1 = 400 \, \Omega$ ja $R_2 = 100 \, \Omega$. Leida takistis R_1 eralduv soojushulk, kui kondensaatori mahtuvus $C = 5 \, \mu\text{F}$.

2.176. Sfäärilise kondensaatori katete raadiused on a ja b , kusjuures $a < b$. Kondensaatori katetevahelise aine dielektriline läbitavus on ϵ ja eritakistus ρ . Ajahetkel $t = 0$ antakse esialgselt laadimata kondensaatori sisekatetele laeng q_0 . Määrata: a) sisekatte laengu ajaline sõltuvus, b) sisekatte laengu äravoolu käigus kondensaatoris eraldunud soojushulk.

2.177. Kondensaatori $C = 2,00 \, \mu\text{F}$ katetele anti vastandmärgilised laengud $q_0 = 1,0 \, \text{mC}$, misjärel katted ühendati omavahel läbi takisti $R = 10^6 \, \Omega$. Leida : a) laeng, mis läbib takistit R aja $\Delta t = 2,00 \, \text{s}$ jooksul; b) kondensaatoris selle aja Δt jooksul eraldunud soojushulk.

2.178. Joonisel 2.79 kujutatud vooluringi kummagi kondensaatori mahtuvus on C ja takistus R . Üks kondensaatoritest laeti pingeni U_0 ja siis, ajamomendil $t = 0$, suleti lüliti K . Leida: a) vooluringis tekkiva voolu tugevuse i ajaline sõltuvus, b) vooluringis eralduv soojushulk.

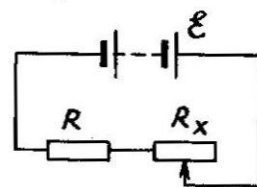
Juhtivusmehhanism erinevates tingimustes

2.179. Hinnata potentsiaalide vahe suurust mürsu tipu ja saba vahel, mille põhjustab mürsu pidurdumine tõkkes. Eeldada, et mürsu pikkus $l = 25 \, \text{cm}$ ja ta jääb paigale pärast seda, kui on tunginud tõkkele $d = 5 \, \text{cm}$ ulatuses. Mürsu kiirus kokkupuutemomendil tõkkega $v_0 = 1000 \, \text{m/s}$.

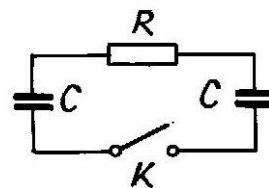
2.180. Metallvarb, pikkusega $l = 1,00 \, \text{m}$ liigub oma telje sihis kiirendusega a , mistõttu varva otstel tekib potentsiaalide vahe $U = 1,00 \, \text{V}$. Kui suur on varva kiirendus ?

2.181. Vasktraadist mähitud silindriline pool koosneb $N = 590$ keerust, mille diameeter $d = 0,3 \, \text{mm}$ ning selle otsad on ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Pooli ja galvanomeetri vooluringi takistus $R = 130 \, \Omega$. Pool pandi oma telje ümber pöörlema sagedusega $\nu = 33$ pööret sekundis ja seejärel pidurdati järsult. Leida pooli pidurdamisel galvanomeetrit läbiv laeng.

2.182. Silindriline pool pandi kiiresti pöörlema oma telje ümber. Pooli otsad olid ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Pärast pooli pidurdamist läbis galvanomeetrit laeng $q = 4 \cdot 10^{-9} \, \text{C}$. Juhtme pikkus $l = 1000 \, \text{m}$ ja takistus $R = 10 \, \Omega$. Kui suur oli pooli pöörlemise joonkiirus ?

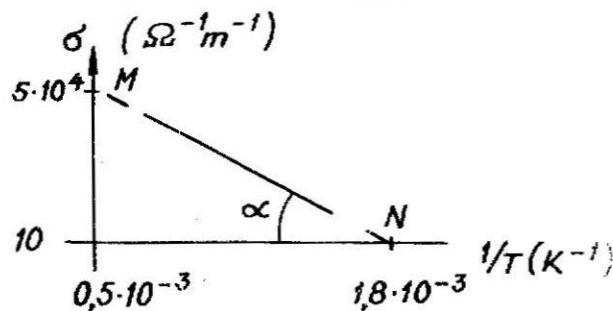


Joon. 2.78.

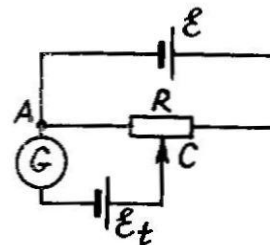


Joon. 2.79.

- 2.183. Vaskjuhtmes kulgeva voolu tugevus $i = 1 \text{ A}$, juhtme ristlõikepindala $S = 1 \text{ mm}^2$ ja temperatuur $t = 57^\circ \text{C}$. Eeldades, et elektrongaas allub Maxwelli jaotusele, määrata elektronide soojusliku ja suunatud liikumise keskmised kiirused.
- 2.184. Raudjuhtme pikkus on $1,5 \text{ m}$, läbimõõt $0,6 \text{ mm}$. Määrata juhtme ristlõiget sekundi jooksul läbinud elektronide arv ning nende suunatud liikumise keskmine kiirus, kui juhtmele on rakendatud pinge 10 V . Vabade elektronide arv lugeda võrdseks aatomite arvuga.
- 2.185. Eeldades, et vase ja volframi iga aatomi kohta tuleb üks vaba elektron, leida, kui mitu korda erinevad teineteisest nendes metallide vabade elektronide kontsentratsioonid, elektroni vaba tee läbimiseks kulunud ajad toatemperatuuril ja elektronide suunatud liikumise keskmised kiirused võrdse voolutiheduse korral.
- 2.186. Sirgjuhtmes, mille pikkus $l = 1000 \text{ m}$ ja ristlõikepindala $S = 1,0 \text{ mm}^2$, kulgeb vool tugevusega $i = 4,5 \text{ A}$. Eeldades, et vase iga aatomi kohta tuleb üks vaba elektron, leida aeg, mille jooksul elektron jõuab liikuda juhtme ühest otsast teise.
- 2.187. Vaskjuhtmes kulgeva voolu tihedus $j = 1,0 \text{ A/mm}^2$. Eeldades, et vase iga aatomi kohta tuleb üks vaba elektron, hinnata kogu tee pikkust, mille läbib elektron, nihkudes piki juhet $l = 10 \text{ mm}$.
- 2.188. Arvutada elektronide impulss ühejuhtmelises 10 km pikkuses sirges alalisvooluliinis, kui voolutugevus on 50 A .
- 2.189. Arvestades, et vabade elektronide arv vases on võrdne aatomite arvuga, teha järgmised arvutused vaskjuhtme kohta, mille pikkus on 15 km , ristlõikepindala $1,0 \text{ mm}^2$ ning sellele rakendatud pinge 7 V : a) määrata aeg, mille kestel vaba elektron liigub juhtme ühest otsast teise; b) leida kõikidele vabadele elektronidele mõjuvate elektriliste jõudude summa.
- 2.190. Vaskjuhtmes, mille pikkus $l = 2 \text{ m}$ ja ristlõikepindala $S = 0,4 \text{ mm}^2$, kulgeb alalisvool. Juhtmes eraldub võimsus $P = 0,35 \text{ W}$. Leida juhtme ristlõiget ühes sekundis läbivate elektronide arv ja elektrivälja tugevus juhtmes.
- 2.191. Leida hõbeda soojuslik erijuhtivus temperatuuril $T = 300 \text{ K}$, kui tema eritakistus sellel temperatuuril $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.
- 2.192. Katseliselt määratud erijuhtivuse σ ja temperatuuri T vahelist sõltuvust rästi jaoks kujutab joonisel 2.80 toodud sirge. Määrata rästi keelutsooni laius ΔW .
- 2.193. Lisandivaba germaaniumi eritakistus teatud temperatuuril $\rho = 0,48 \Omega \cdot \text{m}$. Määrata aukude kontsentratsioon, kui elektronide liikuvus $K_e = 0,36 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ja aukude oma $K_e = 0,36 \text{ m}^2/\text{Vs}$.
- 2.194. Raud-konstantaan termopaar ja galvanomeeter on ühendatud järjestikku ja lülitatud punkti A ja potentsiomeetri liugkontakti C vahele (joo. 2.81). Potentsiomeetri kogutakistus $R = 10^4 \Omega$ ja teda toidab aku $\mathcal{E} = 2 \text{ V}$. Termopaari külma jootekoht asetseb sulava jääga täidetud Dewari anumas. Milline on termopaari kuum jootekohaga temperatuur, kui galvanomeetrit läbiv vool on null liugkontakti niisuguse asendi juures, mil potentsiomeetri osa AC takistus $R_1 = 132,5 \Omega$. Aku ja ühendusjuhtmete takistuse võib arvestamata jätta.
- 2.195. Termopaari ($\alpha = 9,2 \cdot 10^{-5} \text{ V/K}$, $r = 5 \Omega$) jootekohad on asetatud üks veeauru, teine jää ja vee segusse. Missugust voolu näitab termopaari vooluringi lülitatud 110-oomise takistusega galvanomeeter? Juhtmete takistus lugeda tühiselt väikeseks.

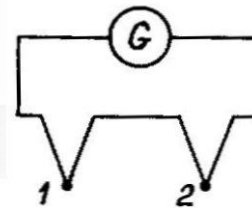


Joon. 2.80.



Joon. 2.81.

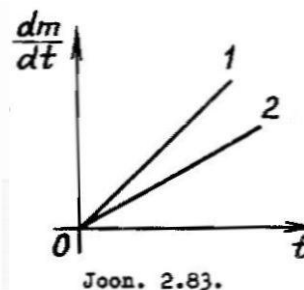
- 2.196. Määrata termoelemendiga ($\alpha = 0,04 \text{ V/K}$) mõõdetav temperatuuride vahe $T_1 - T_2$ (joon. 2.82), kui termoelemendi ja juhtmete takistus on kokku 40Ω , galvanomeetri sisetakistus 320Ω ning galvanomeetri lugem $0,078 \mu\text{A}$.
- 2.197. Kui suur on teoreetiliselt võimalik maksimaalne elektrihulk, mis läbib termopaari vooluringi, kui selle kuum jootekoht neelab 1 cal soojust? Termopaari temperatuurid on 0°C ja 100°C ning termoelektromotoorjõud $0,76 \text{ mV}$.
- 2.198. Kaheelektroodilise elektronlampi anoodil eraldub küllastusvoolu tingimustes ühe tunni jooksul energia 63 J . Küllastusvoolu tugevus on $6,3 \text{ mA}$. Eeldades, et energia eraldub ainult elektronide kineetilise energia arvel, leida elektronide kiirus kokkupõrkel anoodiga ja katoodi pinnalt ühe sekundi jooksul lahkunud elektronide arv.
- 2.199. Tasapinnaliste elektroodidega dioodis on potentsiaali jaotus ruumlaengu tõttu esitatav funktsioonina $\varphi(x) = x^2 - 2x$, kus x on punkti kaugus katoodist millimeetrites ja φ – potentsiaal katoodi suhtes voltides. Katoodi ja anoodi vahemaa $d = 10 \text{ mm}$. Milline peab olema katoodist väljunud elektroni minimaalne kineetiline energia, et ta jõuaks anoodini? Kui suur on anoodile jõudnud elektronide maksimaalne kiirendus?
- 2.200. Kaks paralleelset plaati asetsevad vaakumis. Üks plaatidest on katood. See emiteerib elektrone, mille algkiirused on tühiselt väikesed. Teise plaadi poole suunatud elektronide voog tekitab plaatidevahelises piirkonnas ruumlaengu, mille tagajärjel potentsiaal katoodi suhtes muutub järgmiselt: $\varphi = ax^{4/3}$, kus a on konstant ja x – kaugus katoodist. Määrata: a) laengu ruumtiheduse ρ sõltuvus kaugusest x , b) voolu tihedus j .
- 2.201. Määrata küllastusvoolu tugevus volframhõõgniidiga elektronlambis alljärgtnevatel andmetel: hõõgniidi pikkus 3 cm , läbimõõt $0,1 \text{ mm}$, hõõgumistemperatuur 2700 K , konstant A Richardsoni-Dushmani valemis $6,02 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2\text{K}^2$ ning väljumistöö $e\varphi = 4,53 \text{ eV}$.
- 2.202. Määrata elektroni väljumistöö elektronlampi hõõgniidist, kui selle temperatuur tõustes 2000 K -st 2001 K -ni küllastusvool suureneb 1% võrra.
- 2.203. Termoemissiooni konstandi väärtus puhta volframi korral $A_w = 60 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$ (elektroni väljumistöö volframist $4,53 \text{ eV}$) ja tooriumiga töödeldud volframi puhul $A_{\text{Th}} = 3 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$ (elektroni väljumistöö materjalist $2,63 \text{ eV}$). Leida kaheelektroodiliste elektronlampide jaoks, millede katoodid on valmistatud nendest ainetest, küllastusvoolude tiheduste suhe temperatuuril $T = 1800 \text{ K}$.
- 2.204. Lahuse elektrolüüsil laguneb iga tunni jooksul $4,77 \text{ g}$ vasevitrioli. Leida vase ionide arv, mis igas sekundis neutraliseeruvad katoodil. Kui suur on iga iooni laeng?
- 2.205. Metalleseme nikeldamine kestis 4 tundi, voolutihedus seejuures oli $0,006 \text{ A/cm}^2$. Määrata tekkinud niklikihi paksus.
- 2.206. Määrata vase iooni erilaeng vasevitrioli vesilahuse elektrolüüsi andmetest.
- 2.207. Kui palju elektrit energiat kulub 1 kg elektrolüütilise vase saamiseks, kui pinget vanni klemmidel on 6 V ning vask kahevalentne?
- 2.208. Vasevitrioli (CuSO_4) lahusesse paigutatud vaskplaat sisaldab 12% lisaaaineid. Kasutades nimetatud elektroodi elektrolüüsi anoodina, saame katoodil puhta vase, kuna aga anood lahustub. Kui palju läheb maksimaalselt vase iga kilogrammi elektrolüütilise puhastuse, kui pinget elektroodidel on 6 V ning elektrit energia hind on 4 kop/kWh ?
- 2.209. Kaks elektrolüüsivanni on ühendatud järjestikku. Ühes vannidest on elektrolüüdiks FeCl_2 , teises FeCl_3 -vesilahus. Milline raua ja kloori hulk eraldub elektroodidel, kui läbi vannide juhtida 1 tunni jooksul 1 A tugevust voolu? Mitu kilomooli raua ja kloori ning nende ainete aatomit eraldub esimeses vannis?
- 2.210. Läbi väävelhappe vesilahuse juhitakse $t = 2 \text{ min}$ jooksul alalisvool $i = 0,5 \text{ A}$. Leida seejuures tekkiva pauka massi.



Joon. 2.82.

2.211. Millise ruumala võtab normaaltingimustes enda alla vesinik, mis saadakse hapestatud vee elektrolüüsil, kui lahust läbinud elektrihulk on 5 ampertundi ?

2.212. Kaks elektrolüüsivanni on ühendatud vooluringi järjestikku. Metallide sadestumiskiiruse ajalist sõltuvust näitavad joonisel 2.83 toodud graafikud. On teada, et 10 min jooksul sadestus elektroodile ühes vannis 50 g vaske, teises aga 150 g tundmatut ainet. Määrake tundmatu aine elektrokeemiline ekvivalent. Mis aine see on ? Leida voolutugevuse ajalist sõltuvust väljendav funktsioon.



2.213. Määrake kaaliumkloriidi (KCl) vesilahuse dissotsiatsioonitegur 18°C juures, kui vesilahuse kontsentratsioon $C = 100 \text{ kg/m}^3$ ja tema eritakistus $\rho = 7,36 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}$.

2.214. Lämmastikhape vesilahus sisaldab 0,064 g hapet 1 cm^3 lahuse kohta. Lahuse dissotsiatsioonitegur on 0,824. Määrata selle lahuse elektrijuhtivus, kui katiooni ja aniooni liikuvused on vastavalt $3,26 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ja $0,64 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$.

2.215. Väävelhappe elektrolüüsil liigub kation H^+ 5,4 korda kiiremini kui anioon SO_4^{2-} . Määrata kummagi iooni ülekandearvud.

2.216. Läbi KCl-lahuse juhiti 10 min kestel 0,43 A tugevusega voolu. Pärast seda selgus, et lahusest on lahkunud 0,09964 g KCl. Määrata kaaliumi iooni ülekandearv.

2.217. CuSO_4 - vesilahusega täidetud elektrolüüsivann on ühendatud järjestikku hõbeda voltmeetriga, milles voolu läbimineku eraldus 1 g hõbedat. Samal ajal lahkus CuSO_4 - lahusest 0,21 g vaske. Määrata katiooni Cu^{2+} ja aniooni SO_4^{2-} liikuvuste suhe.

2.218. Leida Danielli elemendi elektromotoorjõud, kui selle tsink- ja vaskelektroodid on paigutatud lahusesse, mille iga liiter sisaldab vastavalt 0,1 grammekvivalenti Zn^{2+} ja 0,2 grammekvivalenti Cu^{2+} ioone. Potentsiaalihüpe lahuste kokkupuutealal on tühiselt väike.

2.219. Tõestada, et minimaalne kineetiline energia, mis peab olema elektronil, et kokkupõrkel aatomiga teda ioniseerida, on $W_i (1+m/M)$, kus W_i on aatomi ionisatsioonenergia, m – elektroni mass ja M – aatomi mass.

2.220. Määrata elektroni minimaalne vaba tee pikkus, et liikumisel elektriväljas tugevusega 1000 V/cm tema kineetiline energia oleks küllaldane elavhõbeda aatomi ioniseerimiseks ($\varphi_i = 10,5 \text{ V}$). Oletada, et elektroni kineetiline energia kulub ainult ioniseerimistööks.

2.221. Hapniku aatomit ioniseeritakse positiivselt ioonidega pommitamise teel. Iooni laeng on võrdne elementaarlaenguga. Millise väiksema potentsiaalide vahe peab läbimaioon, et ionisatsioon saaks toimuda, kui iooni mass ületab neljakordselt hapniku aatomi massi ? Hapniku aatomi ionisatsioonenergia $A_i = 13,56 \text{ eV}$.

2.222. Milline peab olema kahe hapniku molekuli väikseim suhteline kiirus, et nende mitteelastsel kokkupõrkel võiks üks nendest ioniseeruda? Kui suur peab olema elektroni väikseim kiirus, et põrkel hapniku molekuliga teda ioniseerida? Hapniku molekuli ionisatsioonenergia $A_i = 12,5 \text{ eV}$.

2.223. Millise potentsiaalide vahe peab läbima α – osake, et kahekordselt ioniseerida lämmastiku aatomit? Lämmastiku aatomi kahekordse ionisatsioon energia on 44,05 eV.

2.224. Kas suudab liitiumi ioon, mille kineetiline energia on 60 eV, kokkupõrkel paigaloleva heeliumi aatomiga teda ioniseerida ? Heeliumi ionisatsioonenergia on 24,5 eV.

2.225. Radioaktiivse preparaadi mõjul ioniseeritakse gaasi ühes kuupsentimeetris iga sekundi jooksul 10^{10} molekuli. Ioonide rekombinatsiooni tõttu tekib anumas tasakaal, nii et iga kuupsentimeeter sisaldab 10^8 ioonipaari. Leida gaasi rekombinatsioonitegur. Mitu korda muutub gaasi elektrijuhtivus ühe sekundi jooksul pärast radioaktiivse preparaadi eemaldamist?

2.226. Kui pika aja jooksul pärast ionisaatori kõrvaldamist väheneb ioonipaaride arv õhuga täidetud ruumis 2 korda ja 4 korda? Ioonide algkontsentratsioon $n_0 = 10^7 \text{ 1/cm}^3$ ja nende rekombinatsioonikoefitsient $\delta = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$.

- 2.227. Pidevalt toiminud ionisaator, mis tekitab õhus ruumalaühiku kohta ajaühiku jooksul $\Delta n = 3,5 \cdot 10^9 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ ionipaari, lülitati välja. Oletades, et ionide kao ainukeseks põhjuseks õhus on nende rekombinatsioon (rekombinatsioonitegur $\delta = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$), leida, millise aja jooksul pärast ionisaatori väljalülitamist ionide kontsentratsioon väheneb $\eta = 2$ korda.
- 2.228. Leida positiivse molekulaarseiooni efektiivne rekombinatsiooniristlõige σ negatiivseiooniga õhus toatemperatuuril. Ioonide rekombinatsioonitegur $\delta = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$.
- 2.229. Võib arvestada, et kokkupõrkunudioonid rekombineeruvad. Kuidas muutub õhusioonide pörgete arv, võrreldes neutraalsete molekulidega, temperatuuril 17°C ? Molekulide läbimõõt $d = 3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$. Rekombinatsioonitegur $\delta = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$.
- 2.230. Plaatkondensaatori elektrivälja läbis α – osake, liikudes paralleelselt plaatidega võrdsele kaugusel kummastki plaadist ning tekitab rea ioone. Millise aja möödudes needioonid jõuavad plaatideni, kui plaatide vahemaa on 3 cm , kondensaatori pinge 6 kV ja kõikideioonide liikuvused $2 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$?
- 2.231. Määrata positiivsete ja negatiivsete atmosfääriioonide kiirused 2 cm kaugusel pikast sirgjuhtmest, mille laengu joonihedus on 10^{-10} C/cm . Ioonide liikuvused on vastavalt $1,2 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ja $1,8 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$.
- 2.232. Kahe paralleelse plaadi A ja B vahelist gaasi ioniseeritakse ainult plaadi A vahetus läheduses. Plaatide vahekaugus on d ning nendele on rakendatud vahelduvpinge $U = U_0 \sin \omega t$. Vähendades nurksagedust ω , näitab plaadiga B järjestikku ühendatud galvanomeeter voolu vaid siis, kui $\omega < \omega_0$, kus ω_0 on teatud piirsagedus. Määrata plaadini B jõudvateioonide liikuvus.
- 2.233. Plaatkondensaatori täitegaasiks on vesinik rõhul $p = 1 \text{ mmHg}$, katete vahemaa $d = 2 \text{ cm}$. Kondensaatorile on rakendatud vahelduvpinge sagedusega $\nu = 10 \text{ MHz}$. Millisest väljatugevusest alates võnguvad elektronid katetevahelises ruumis nendeni jõudmata, kui elektronide keskmine pörkesagedus vesiniku aatomitega $\nu_0 = 4 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$?
- 2.234. Puhta maalähedase atmosfääriõhu iga kuupsentimeeter, nagu näitavad mõõtmised, sisaldab ligikaudu 800 ionipari. Määrata õhu eritakistus, kui positiivsete ja negatiivseteioonide liikuvused on vastavalt $1,2 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ja $1,8 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$.
- 2.235. Röntgenikiirtega ioniseeritava õhu igas kuupsentimeetris tekitatakse ühe sekundi jooksul 109 ionipaari. Ioonide rekombinatsioonitegur on $1,67 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$ ja laeng võrdne ühe elementaarlaenguga. Kui suur on õhu erijuhtivus tasakaalu korral?
- 2.236. Röntgenikiirtega ioniseeritava õhu erijuhtivus on $8 \cdot 10^{-11} \text{ 1}/\Omega\cdot\text{cm}$. Tekkinudioonide laeng on võrdne elementaarlaenguga ja nende liikuvused $k_+ = 1,4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ning $k_- = 1,9 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Mitu ionipaari on 1 cm^3 – s õhus tasakaalutingimustel?
- 2.237. Atmosfääriõhu iga kuupsentimeeter sisaldab keskmiselt 700 ionipaari. Positiivsete ning negatiivseteioonide liikuvused on vastavalt $1,4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ja $1,9 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Arvutada vertikaalse elektrivoolu tihedus, kui Maa elektrivälja tugevus on 130 V/cm . Ioonide laengud lugeda võrdseks ühe elementaarlaenguga.
- 2.238. Plaatkondensaatori katte pindala on 200 cm^2 ja katetevaheline kaugus 5 cm . Kondensaator on pingestatud ja sellega on ühendatud järjestikku galvanomeeter tundlikkusega 10^{-8} A/jaotis . Katetevahelist ruumi, mis on täidetud õhuga, kiiritatakse röntgenikiirgusega. Küllastusvoolule vastav galvanomeetri näit osutub võrdseks $19,2$ jaotisega. Määrata kuupsentimeetris ühe sekundi jooksul röntgenikiirguse tagajärjel tekkinud ionipaaride arv.
- 2.239. Plaatkondensaator, mahtuvusega $C = 9 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, on läbi takisti $R = 106 \Omega$ ühendatud kõrgepinge allikaga. Kondensaatori katete vahemaa $d = 3 \text{ cm}$. Katetevahelist õhku ioniseeritakse röntgenikiirtega, mis tekitavad igas kuupsentimeetris ühe sekundi jooksul $n = 10^4$ ionipaari. Iooni laeng on võrdne elementaarlaenguga. Leida pinge takistil R , eeldusel, et vool kondensaatoris on küllastusvool.
- 2.240. Õhkdielektrikuga plaatkondensaator, mille plaatide vahekaugus $d = 5 \text{ mm}$, laeti pingeni $U = 90 \text{ V}$ ja lahutati vooluallikast. Võttes arvesse, et õhus tekib ruumalaühiku kohta ajaühiku jooksul keskmiselt $\Delta n = 5,0 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ ionipaari ning üldnimetatud pinge on piisav küllastusvooluks, leida, millise aja vältel pinge kondensaatoril väheneb $\eta = 1,0 \%$ võrra?

- 2.241. Tasapinnaliste elektroodidega ionisatsioonikambris on kummagi elektroodi pindala $S = 100 \text{ cm}^2$ ja nende vahemaa $d = 6,5 \text{ cm}$. Ionisaator tekitab kambri igas kuupsentimeetris ühe sekundi jooksul $\Delta n_1 = 10^9$ ühevalentset ionipaari. Ioonide liikuvused $k_+ = k_- = 1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Milline on ionipaaride maksimaalne võimalik kontsentratsioon? Kui tugev vool läbib kambrit talle rakendatud pinge $U = 20 \text{ V}$ korral? Kui suure osa küllastusvoolust moodustab see vool? Kui pika aja jooksul pärast ionisaatori kõrvaldamist väheneb ionide arv rekombinatsiooni tõttu kaks korda?
- 2.242. Kahe paralleelse metallplaadi vahelist õhku kiiritatakse röntgenikiirtega, mistõttu õhu igas kuupsentimeetris tekib sekundi jooksul võrdne arv positiivseid ja negatiivseid ioone. Plaatide vahemaa on d ning nende pingestamisel tekib kirjeldatud vooluringis alalisvool. Määrata, millise osa koguvoolust moodustab kaugusel $1/3d$ anoodist negatiivsete ionide vool, kui positiivsete ja negatiivsete ionide liikuvused on vastavalt $k_+ = 1,4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ning $k_- = 1,9 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Vaadelda juhtumeid, mil vool on kaugel küllastusest ja küllastunud.
- 2.243. Eelmise ülesande tingimustes saadi küllastusvoolu tiheduseks $j_k = 2,5 \mu\text{A}/\text{m}^2$ siis, kui $d = 0,5 \text{ m}$. Määrata tasakaaluline ionide kontsentratsioon, mis tekib õhus pärast seda, kui pingeallikas välja lülitada. Ioonid lugeda ühevalentseteks, nende rekombinatsioonitegur $\delta = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3/\text{s}$.
- 2.244. Hinnata, mitu ionisatsiooniakti põhjustab elektron, läbides neoonis rõhul $p = 0,25 \text{ mmHg}$ elektrivälja mõjul 1 m pikkuse lõigu. Elektrivälja tugevus $E = 5 \text{ kV/m}$, rõhul $p_0 = 1 \text{ mmHg}$ elektroni keskmine vaba tee pikkus neoonis $\lambda_0 = 6,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ ja neooni aatomi ionisatsioonipotentsiaal $U_i = 21,5 \text{ V}$.
- 2.245. Plaatkondensaatori katete vahemaa on d ning dielektrikuks gaas. Üks plaatidest emiteerib igas sekundis v_0 elektroni, mis elektriväljas liikudes ioniseerivad gaasi molekule. Ühe elektroni poolt ühikulise tee läbimisel tekitatud uute elektronide (ioonide) arv on α . Leida elektronvool vastasasuva plaadi juures, eeldades, et positiivsed ioonid sekundaarelektrone ei tekita.
- 2.246. Plaatkondensaatori katetevahelise gaasi ioniseerimisel ultraviolettkiirtega tekitatakse ruumalaühiku kohta iga ajaühiku kohta Δn elektroni. Iga elektron, liikudes kondensaatori elektriväljas, tekitab pörkeionisatsiooni tõttu ühikulise tee läbimisel α uut elektroni (ja iooni). Jättes arvestamat ionide pörkeionisatsiooni, leida elektronvoolu tihedus kõrgemat potentsiaali omava plaadi juures, kui plaatide vahemaa on d .
- 2.247. Hinnata katoodilähedase potentsiaalilangu $U_k = 10 \text{ V}$ ulatust elavhõbeda aurudes tekitatud elektrikaases, kui voolutihedus kaases $j = 10^5 \text{ A}/\text{cm}^2$. Eeldada, et elektroodideks on paralleelsed plaadid ja potentsiaali gradient positiivse samba alguses on null.
- 2.248. Kui suur on elektronlaviini ruumlaebgute elektrivälja tugevus eeldusel, et ioonid paiknevad keras, mille raadius on r_0 , ja nende liikumine on difuusne. Millisel ruumlaengute elektrivälja tugevuse väärtusel lõpeb laviini areng?
- 2.249. Leida isotermilises plasmas asetseva punktlaengu potentsiaali sõltuvus kaugusest. Eeldada, et elektriväli on nõrk ja laetud osakeste jaotus allub Boltzmanni seadusele.

Vastused

2.1. $q = 15 \text{ C}$

2.2. $q = 75 \text{ C}$

2.3. $q = 0,27 \text{ C}$

2.4. $E = \left(\frac{I}{2\pi\epsilon_0 r} \right) \sqrt{\frac{m}{2eU}} = 1,7 \text{ kV/m}$, $\Delta\varphi = \left(\frac{I}{4\pi\epsilon_0} \right) \sqrt{\frac{m}{2eU}} = 42 \text{ V}$

2.5. $i = \frac{\epsilon_0(\epsilon-1)\epsilon_a}{d} v = 2 \text{ nA}$

2.6. $i = \frac{2\pi\epsilon_0(\epsilon-1)rvU}{d} = 0,11 \mu\text{A}$

- 2.7. $i = \frac{qv}{d}$
- 2.8. $i = 2\pi\epsilon_0 REV = 0,5 \mu A$
- 2.9. $i_{max} = 2\epsilon_0 E_m \cdot vd = 1 mA; \varphi_{max} = RE_m = 4,5 MV$
- 2.10. $j_s = 3,8 A/m^2, j_n = 1,9 \cdot 10^3 A/m^2$
- 2.11. $q = \frac{\tau(U_2 + U_1)}{2R} = 20 C$
- 2.12. $q = \frac{i_1 i_2 \tau \ln(\frac{i_1}{i_2})}{i_1 - i_2} \approx 69 C$
- 2.13. $t = RC \ln \frac{U_0}{U_0 - U} = 0,6 \mu s$
- 2.14. $\rho = t_0 / \epsilon_0 \epsilon \ln 2 = 1,4 \cdot 10^{13} \Omega m$
- 2.15. $i = [(\eta - 1)\epsilon / R] e^{-\eta t / RC}$
- 2.16. $i = \frac{U_0}{R} \exp(-\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R} t); Q = \frac{C_1 + C_2}{2(C_1 + C_2)} U_0^2$
- 2.17. $R = 5,4 \Omega$
- 2.18. $n = \frac{R_0}{R} = 6$
- 2.19. $R_{AB} = 0,65 \Omega$
- 2.20. $R_{AB} = \frac{5}{11} r$
- 2.21. $R_{AB} = 1,0 \Omega$
- 2.22. $x_1 = 5,64 cm, R_1 = 1,13 \Omega, x_2 = 44,36 cm, R_2 = 8,87 \Omega$
- 2.23. $R_{AB} = 0,875 \Omega$
- 2.24. $R_{AB} = 1,5 \Omega$
- 2.25. $R_{AB} = 1,25 \Omega$
- 2.26. $R_{2-8} = 1 \Omega, R_{2-7} = 3/4 \Omega, R_{4-6} = 3/2 \Omega$
- 2.27. $R_{17} = 5/6 R, R_{12} = \frac{7}{12} R, R_{13} = 3/4 R$
- 2.28. $r = R_0 / \sqrt{3}$
- 2.29. $R = 3 \Omega$
- 2.30. $R_{AB} = \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4R_2}{R_1}}\right) \frac{R_1}{2} = 6 \Omega$
- 2.31. $R = 5,46 r$
- 2.32.
- 2.33. $R = 2,3 \Omega$
- 2.34. $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{r_2}{r_1}$
- 2.35. $R = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$
- 2.36. $i = \frac{UC}{\epsilon_0 \epsilon \rho} = 975 pA$
- 2.37. $R = \frac{\rho}{2\pi D} = 1,5 \cdot 10^2 \Omega$
- 2.38. $\frac{dr}{dt} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R} = 10^{-4} m/s$
- 2.39. $R = \frac{\pi\rho(r_2 - r_1)}{S \ln \frac{r_2}{r_1}} = 1,54 \cdot 10^{-5} \Omega; i = 319 A; j = \frac{U}{\pi\rho x} = 64 A/cm^2$
- 2.40. a) $j = \frac{2ahU}{\rho r^3};$ b) $R = \frac{\rho}{4\pi a}$

- 2.41. $R \approx \frac{\rho}{2\pi a}$
- 2.42. a) $j = \frac{Ud}{2\rho r^2} \ln \frac{d}{a}$; b) $R = \frac{\rho}{\pi} \ln \frac{d}{a}$
- 2.43. $i = \frac{UC}{\varepsilon_0 \varepsilon \rho} = 1,5 \mu A$
- 2.44. $i = \frac{US(\sigma_2 - \sigma_1)}{d \ln \frac{\sigma_2}{\sigma_1}} = 5 nA$
- 2.45. a) $R = \frac{2\pi a}{S^2}$; b) $E = \frac{2\pi a l}{S^2}$
- 2.46.
- 2.47. $j = 4,1 A/mm^2$
- 2.48. $t \approx 1900^\circ C$
- 2.50. $\alpha = 4,92 \cdot \frac{10^{-31} l_{Fe}}{K l_C} = 44,4$
- 2.51.
- 2.52. $U_1 = 6,54 V, U_2 = 3,27 V, U_3 = 2,19 V$
- 2.53. $S = 1 mm^2$
- 2.54. $\tan \gamma = \frac{R^2}{\varepsilon}$
- 2.55. $\tan \gamma = \frac{\varepsilon}{r}$
- 2.56. $\frac{dR}{di} = -\frac{(r_i + R_A + R)^2}{\varepsilon}$, s.t. takistuse mõõtmise täpsus on seda väiksem, mida suurem on R.
- 2.57. $R_{\Sigma} = 16,7 \Omega$
- 2.58. a) $R_{\Sigma} = 0,1 \Omega$; b) $R_e = 90 \Omega$
- 2.59. $R_e = 10^5 \Omega, R_{\Sigma} = 0,1 \Omega$
- 2.60. $i = 6 A$
- 2.61. $U = 1000 V$
- 2.62. $r_1 = 290 \Omega, r_2 = 1200 \Omega, r_3 = 6000 \Omega, r_4 = 7500 \Omega$
- 2.63. $\alpha = 4,2 \mu A/j$
- 2.64. $R_g = \frac{(R_1 - R_2)r}{R_2} = 20 \Omega$
- 2.65. a) $U_1 = 45 V, U_2 = 15 V$;
b) $U_1 = 20 V; U_2 = 40 V$;
c) $U_1 = 60 V, U_2 = 0$
- 2.66. $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)R_1}{R_1 + R_2} - \varepsilon_1 = -4V$
- 2.67. $U_v = 0,5 V$
- 2.68. $\varphi_B - \varphi_A = 72,5 V, \varphi_B - \varphi_C = 32,5 V$
- 2.69. $U = 15 V$
- 2.70. $U_{AB} = U_{BC} = 1,25 V$
- 2.71. $U_{12} = 3 V, U_{16} = 0,9 V, U_{56} = 1,9 V, U_{34} = 3,8 V$
- 2.72. $\Delta\varphi = 0, \Delta\varphi' = 0, \Delta\varphi'' = 0$ või $\Delta\varphi'' = \varepsilon$
- 2.73. $\varepsilon_2 < \frac{\varepsilon_1 r_2}{R + r_1}$
- 2.74. $R = r_2 - r_1; \Delta\varphi = 0$ selle vooluallika klemmidel, mille sisetakistus on r_2 .

- 2.75. a) $2\varepsilon_2 > \varepsilon_1$,
b) $\varepsilon_1 > 2\varepsilon_2$,
c) $2\varepsilon_2 = \varepsilon_1$.
- 2.76. $U''_1 = 1,75 \text{ V}; U''_2 = -1,5 \text{ V}$
- 2.77. $U = 0$
- 2.78. $U_{AB} = 3,7 \text{ V}, U_{BC} = 10,6 \text{ V}, U_{AC} = 14,3 \text{ V}$
- 2.79. $U_V = -1,7 \text{ V}$, punkti C potentsiaal on suurem kui punktil A.
- 2.80. $\tan \alpha = -\frac{\varepsilon}{R_1^2}$
- 2.81. i_A sõltub vähe R_x – st, kui
- 1) $R_x \gg R$, siis juhuks $i_A = \frac{\varepsilon}{r+R}$;
 - 2) $r \ll R_x$, siis juhuks $i_A = \frac{\varepsilon}{R}$;
 - 3) $r \ll R$, siis juhuks $i_A = \frac{\varepsilon}{R}$.
- 2.82. a) $R = \sqrt{3}r$;
b) $R = \frac{1}{\sqrt{3}}r$.
- 2.83. $i = \frac{\varepsilon(R_1+R_2)}{rR_1+rR_2+R_1R_2}$, $i_1 = \frac{\varepsilon R_2}{rR_1+rR_2+R_1R_2}$, $\frac{i_1}{i} = \frac{rR_1}{R_2(r+R_1)} + 1$. Kui $r \ll R$, siis $\frac{i_1}{i} = \frac{r}{R_2} + 1$
- 2.84. $U_V = 25 \text{ V}$
- 2.85. $U_1 = U \frac{lR_x}{R_0lx - R_0x^2 + Rl^2}$
- 2.86. $R = 29,97 \Omega$, $\frac{\Delta R}{R} = 0,1 \%$, $R' = 0,27 \Omega$, $\frac{\Delta R'}{R'} = 10 \%$.
- 2.87. $R = 3,01 \Omega$, $\frac{\Delta R}{R} = 0,3 \%$, $R' = 428 \Omega$, $\frac{\Delta R'}{R'} = 30 \%$.
- 2.88. $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} = 0,5 \%$
- 2.89. $R = 1300 \Omega$, $r = 325 \Omega$, $R_v = 13260 \Omega$
- 2.90. $U = 51 \text{ V}$
- 2.91. $R_4 = \frac{U(R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3)}{IR_2R_3-U(R_2+R_3)}$
- 2.92. Reostaadi takistus peab olema vähemalt 3Ω ja taluma voolu 45 A .
- 2.93. $i_{max} = 10 \text{ A}$
- 2.94. $r \frac{m}{n} = R$, mis võimalik, kui $Nr \geq R$. $i_{max} = \frac{m\varepsilon}{2R}$.
- 2.95. $r_{ekv} = 0,6 \Omega$, $\varepsilon_{ekv} = 2,6 \text{ V}$.
- 2.96. $i = 0,75 \text{ A}$, $U_V = 0$
- 2.97. $U_V = 0,75 \text{ V}$, kui voltmeetri takistus on piisavalt suur.
- 2.98. $\varphi_B - \varphi_A = 0,35 \text{ V}$
- 2.99. $U_V = 0$
- 2.100. $U_a = 0$, $U_b = 0$, $U'_a = 0,75 \text{ V}$, $U'_b = 0,5 \text{ V}$.
- 2.101. $U_V = 1,2 \text{ V}$, $U'_V = 2,2 \text{ V}$
- 2.102. $i_1 = 2 \text{ A}$, $i_2 = 1 \text{ A}$
- 2.103. $i_{CD} = 0,5 \text{ A}$
- 2.104. $R_4 = \frac{U_{21}(R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3)}{IR_2R_3-U_{21}(R_2+R_3)}$

- 2.105. $U = 6,8 \text{ V}$
- 2.106. $i = 0,02$; voolu suund vasakult paremale (joon. 2.52).
- 2.107. $i_1 = 1,05 \text{ A}$; $i_2 = 0,87 \text{ A}$, $U = 1,8 \text{ V}$.
- 2.108. $i_1 = 6,4 \text{ A}$; $i_2 = 5,8 \text{ A}$, $i_R = 0,6 \text{ A}$.
- 2.109. $i_1 = 1,28 \text{ A}$; $i_2 = 1,85 \text{ A}$, $i_3 = 0,57 \text{ A}$.
- 2.110. $i_1 = 1 \text{ mA}$; $\mathcal{E}_2(R_1 + R) = \mathcal{E}_1 R$
- 2.111. $i_1 = 5/13 \text{ A}$; $i_2 = 1/13 \text{ A}$, $i_3 = 4/13 \text{ A}$.
- 2.112. $i_1 = 1,82 \text{ A}$; $i_2 = 2,01 \text{ A}$, $i_3 = 0,19 \text{ A}$.
- 2.113. $U_2 = 3 \text{ V}$; $i_3 = 1 \text{ A}$, $R_2 = 3 \Omega$; R_1 ja R_2 on suvalised.
- 2.114. $i_1 = i_3 = 4 \text{ A}$, $i_2 = 0$, $U = 4 \text{ V}$
- 2.115. $i_1 = 0,06 \text{ A}$; $\varphi_A - \varphi_B = 0,9 \text{ V}$
- 2.116. $i_1 = 0,8 \text{ A}$; $i_2 = 0,5 \text{ A}$, $i_3 = 1,3 \text{ A}$.
- 2.117. $i_1 = 1,5 \text{ A}$; $i_2 = 2,5 \text{ A}$, $i_3 = 4,0 \text{ A}$.
- 2.118. $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3(1 + R_2/R_3)$, $i_1 = \mathcal{E}_1/R_1 - (\frac{\mathcal{E}_3}{R_1})(1 + R_2/R_3)$
- 2.119. $i_1 = 1,49 \text{ A}$; $i_2 = 0,65 \text{ A}$, $i_3 = 0,84 \text{ A}$.
- 2.120. $\varphi_A - \varphi_B = -0,5 \text{ V}$
- 2.121. $i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = 1 \text{ A}$
- 2.122. $i = \frac{8}{7} \text{ A}$
- 2.123. $i_1 = 3 \text{ A}$, $i_2 = 0$, $i_3 = 1 \text{ A}$, $i_4 = 2 \text{ A}$
- 2.124. $r_x = \frac{r_x[Ur_4 - i(Rr_3 + Rr_4 + r_3r_4)]}{Ur_3 + i(Rr_3 + Rr_4 + r_2r_3 + r_2r_4 + r_3r_4)}$
- 2.125. $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ V}$, vooluallika + poolus ühendada punktiga A.
- 2.126. $\mathcal{E} = [R_1(R_2R_5 + R_3R_5 + R_4R_5 + R_2R_4 + R_3R_4) + R_3(R_2R_4 + R_2R_5 + R_4R_5)] \frac{i_4}{R_3R_5}$
- 2.127. $R_{AB} = \frac{7}{5} r$
- 2.128. $i = 4,18 \text{ A}$, $i_1 = 1,64 \text{ A}$, $i_2 = 2,84 \text{ A}$, $i_3 = 0,18 \text{ A}$, $i_4 = 2,36 \text{ A}$, $i_5 = 1,82 \text{ A}$
- 2.129. $x = \frac{1}{2}$
- 2.130. $a \approx 224 \text{ rbl}$
- 2.131. $W_a = 18 \cdot 10^5 \text{ kWh}$
- 2.132. $i = 16 \text{ A}$, $Q = 570 \text{ kJ}$, $j = 55 \text{ A/mm}^2$, $n = 10^{22} \text{ 1/s}$, $u = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- 2.133. $t = 2200^\circ\text{C}$
- 2.134. $\frac{P'_{I_1}}{P'_{I_2}} = 3/5$
- 2.135. Väiksemale võimsusele arvestatud lamp helendub intensiivsemalt.
- 2.136.
- 2.137. Potentsiaalide vahe lambil väheneb 22 V võrra.
- 2.138. $R = 14,4 \Omega$
- 2.139. $R_x = 19 \Omega$ või $1,3 \Omega$
- 2.140. $R = 2 \Omega$ ja $i = 0,5 \text{ A}$ või $R = 0,5 \Omega$ ja $i = 1 \text{ A}$.
- 2.141. Järjestikuses lülituses 30 min , paralleelses lülituses $6 \text{ min } 40 \text{ s}$.
- 2.142. $n = 13,3$ keerdu
- 2.143. $\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = 0,009 \frac{\text{K}}{\text{s}}$

- 2.144. $p = 1680 \text{ W}$
- 2.145. $N = 23$
- 2.146. $d = 3 \text{ cm}$
- 2.147. $i = 1,63 \text{ A}$
- 2.148. $t = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$
- 2.149. a) $U_1 \approx 95 \text{ V}, P_1 \approx 45 \text{ W}; U'_1 \approx 97,6 \text{ V}, P'_1 \approx 23 \text{ W}; i' \approx i/2;$
b) $U_2 \approx 100 \text{ V}, P_2 \approx 0,1 \text{ W}; U'_2 \approx 200 \text{ V}, P'_2 \approx 0,2 \text{ W}; i'_2 \approx i_2.$
- 2.150. a) $A = Q = 2 \text{ J};$ b) $A = 2 \text{ J}, Q = 0,7 \text{ J};$ c) $A = -2 \text{ J}, Q = 0,6 \text{ J}$
- 2.151. $r = \sqrt{R_1 R_2} = 4 \Omega$
- 2.152. $\eta = 60 \%, R_1 = 18 \Omega, R_2 = \infty$
- 2.153.
- 2.154.
- 2.155.
- 2.156. $P_{max} = \frac{\mathcal{E}_{i_{max}}}{4} = 15 \text{ W}$
- 2.157. $P_{max} = 9 \text{ W}$
- 2.158. $\mathcal{E} = 3,75 \text{ V}, P_{max} = 6,7 \text{ W} < 9 \text{ W}$
- 2.159. $P_{max} = 10 \text{ W}$
- 2.160. $R = 3r$
- 2.161. $k = 42 \%; P_{max} = 6,45 \text{ W}; k' = 56 \%$
- 2.162. $R = 1,5 \Omega; i = 2,5 \text{ A}; P = 18,75 \text{ W}$
- 2.163. $n = \sqrt{Nr/R} = 3$
- 2.164. $R = 6/5 \Omega, P_{max} = 14,7 \text{ W}$
- 2.165. $l_1 = l^3 \sqrt{\frac{P_1 U_1^2}{P U^2}}, r_1 = r^3 \sqrt{\frac{U^2 P_1^2}{U_1^2 P^2}}$
- 2.166. $U = 4V, i = 0,55 \text{ A}$
- 2.167. $t = \frac{U^2 + R_0 k t_0}{R_0 k - U^2 \alpha}$
- 2.168. $Q = 100 \text{ kJ}$
- 2.169. $Q = 2480 \text{ J}$
- 2.170. $A = 2480 \text{ J}$
- 2.171. $A = \frac{IU}{3} t$
- 2.172. $Q = 475 \text{ J}$
- 2.173. $Q = 15,5 \text{ J}$
- 2.174. a) $Q = \frac{4q^2 R}{3\Delta t};$ b) $Q = R_q^2 \ln 2 / 2\Delta t$
- 2.175. $Q = \frac{CU^2 R}{2(R_1 + R_2)} = 80 \text{ mJ}$
- 2.176. a) $q = q_0 e^{-\frac{t}{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}};$ b) $Q = \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right) q_0^2 / 8\pi \varepsilon_0 \varepsilon$
- 2.177. a) $q = q_0 e^{-\frac{\Delta t}{RC}} = 0,82 \text{ mC};$ b) $Q = \left(1 - e^{-\frac{2\Delta t}{RC}}\right) q_0^2 = 82 \text{ mJ}$
- 2.178. a) $i = \left(\frac{U_0}{R}\right) e^{-\frac{2\Delta t}{RC}};$ b) $Q = 1/4 C U_0^2$

- 2.179. $U = \frac{mv_0^2 l}{2ed} = 14 \mu V$
- 2.180. $a = \frac{eU}{ml} = 1,8 \cdot 10^5 m/s^2$
- 2.181. $q = \frac{m}{e} \cdot \frac{ND^2 \pi^2 \nu}{R + 4\rho \frac{ND}{d^2}} = 1,1 \cdot 10^{-10} C$
- 2.182. $v_0 = \frac{qeR}{ml} = 7,03 \frac{m}{s}$
- 2.183. $v \approx 10^5 \frac{m}{s}, u \approx 7 \cdot 10^{-5} m/s$
- 2.184. $n = 10^{20} \frac{1}{s}, u = 4,15 \cdot 10^{-3} m/s$
- 2.185. $\frac{n_{Cu}}{n_W} = 1,35; \frac{\tau_{Cu}}{\tau_W} = 2,4; \frac{u_{Cu}}{u_W} = 0,74$
- 2.186. $t = \ln eS/i = 3 Ms$
- 2.187. $s = \ln ev/j \approx 5 \cdot 10^6 m$, kus n on elektronide kontsentratsioon ja v nende soojusliikumise keskmine kiirus.
- 2.188. $K = 28,4 \cdot 10^{-7} kg \cdot m/s$
- 2.189. $t = 235 a, F = 9,4 \cdot 10^4 N$
- 2.190. $N = 1,27 \cdot 10^{19} \frac{1}{s}, E = 8,6 \cdot 10^{-2} V/m$
- 2.191. $\lambda = 390 J/m \cdot s \cdot k$
- 2.192. $\Delta W = 1,1 eV$
- 2.193. $n = 2,5 \cdot 10^{19} m^{-3}$
- 2.194. $t = 76,4 ^\circ C$
- 2.195. $i = 80 \mu A$
- 2.196. $\Delta T = 0,7 K$
- 2.197. $q = 1480 C$
- 2.198. $u = 9,8 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}, N = 3,94 \cdot 10^{16} 1/s$
- 2.199. $W_{min} = 1 eV, e_{max} = 3,2 \cdot 10^{15} m/s^2$
- 2.200. a) $\rho(x) = -\frac{4}{9} \epsilon_0 a x^{-2/3};$ b) $j = \frac{4}{9} \epsilon_0 a^{3/2} \sqrt{2e/m}$
- 2.201. $I_k = 0,14 A$
- 2.202. $e\varphi = 3,1 eV$
- 2.203. $\frac{j_W}{j_{Th}} = 10^{-4}$
- 2.204. $N = 5 \cdot 10^{18} 1/s, q = 3,2 \cdot 10^{-19} C$
- 2.205. $d = 0,03 mm$
- 2.206. $\frac{q}{m} = 3 \cdot 10^6 C/kg$
- 2.207. $W = 1,8 \cdot 10^7 J$
- 2.208. $H = 4,4 kop$
- 2.209. $10,4 \cdot 10^{-4} kg; 6,95 \cdot 10^{-4} kg; 13,2 \cdot 10^{-4} kg; 1,86 \cdot 10^{-5} kilomooli;$
 $3,72 \cdot 10^{-5} kilomooli; 11,2 \cdot 10^{22} aatomit; 2,24 \cdot 10^{22} aatomit$
- 2.210. $m = 5,8 \cdot 10^{-6} kg$
- 2.211. $V = 2,09 \cdot 10^{-3} m^3$
- 2.212. $k = 0,987 \cdot 10^{-6} kg/C; i = 0,84 t$
- 2.213. $\alpha = 0,77$
- 2.214. $\sigma = 31,41 1/\Omega m$

- 2.215. $p_+ = 0,844, p_- = 0,156$
- 2.216. $p_+ = 0,5$
- 2.217. $\frac{k_+}{k_-} = 2,5$
- 2.218. $\mathcal{E} = 1,19 V$
- 2.219.
- 2.220. $d = 0,1 mm$
- 2.221. $\Delta\varphi = 67,8 V$
- 2.222. $v_1 = 1,2 \cdot 10^4 m/s, v_2 = 2,1 \cdot 10^6 m/s$
- 2.223. $\Delta\varphi = 28,3 V$
- 2.224. Ei suuda
- 2.225. $\delta = 10^{-6} cm^3/s, \frac{n_0}{n} = 101$
- 2.226. $\tau_2 = \frac{1}{\delta n_0} = 0,06 s, \tau_4 = \frac{3}{\delta n_0} = 0,18 s$
- 2.227. $t = \frac{\eta-1}{\sqrt{\Delta n \delta}} = 13 ms$
- 2.228. $\sigma = \delta/4 = \sqrt{\pi M/RT} \approx 2,5 \cdot 10^{-11} cm^2$, kus M on õhu mooli mass ja R – gaasi universaalkonstant.
- 2.229. Suureneb 8600 korda.
- 2.230. $t = 3,75 \cdot 10^{-4} s$
- 2.231. $u_+ = 1,08 m/s, u_- = 1,62 m/s$
- 2.232. $k = \omega_0 d^2 / 2U_0$
- 2.233. $E < \frac{\omega d m v_{en}}{2e} \approx 1,7 \cdot 10^2 V/m$
- 2.234. $\rho = 2,6 \cdot 10^{13} \Omega m$
- 2.235. $\sigma = 11,8 \cdot 10^{-9} S/cm$
- 2.236. $n = 1,5 \cdot 10^8 1/cm^3$
- 2.237. $j = 4,8 \cdot 10^{-10} A/m^2$
- 2.238. $\Delta n = 1,2 \cdot 10^9 1/cm^3 s$
- 2.239. $U = 1,47 \mu V$
- 2.240. $t = \frac{\varepsilon_0 \eta U}{e \Delta n d^2} = 4,6$ ööpäeva
- 2.241. $n_0 = 3,2 \cdot 10^7 cm^{-3}, i = 3,3 \cdot 10^{-9} A; \frac{i}{i_k} = 34 \cdot 10^{-3}, t = 0,03 s$
- 2.242. Kui vool on küllastamata, siis $\frac{j_-}{j} = 0,58$; kui küllastunud, siis $\frac{j_-}{j_k} = 2/3$.
- 2.243. $n = \sqrt{\frac{j_k}{e \delta d}} = 4,4 \cdot 10^{12} m^{-3}$
- 2.244. $\alpha = \frac{p}{\lambda_0} \exp\left(-\frac{U_i p}{E \lambda_0}\right) = 74 m^{-1}$
- 2.245. $j = e v_0 \exp(\alpha d)$.
- 2.246. $j = e \Delta n (e^{\alpha d} - 1)/\alpha$
- 2.247. $U_k = \left(\frac{9 \varepsilon_0 k_+ U_k^2}{8 j}\right)^{1/3} \approx 5 \cdot 10^{-6} cm$
- 2.248. $E_r = \frac{e \alpha r_0}{3 \pi \varepsilon_0 r^2} e^{a r}$, kus r on kaugus laviini keskpunktist ja u – elektronide suunatud liikumise keskmine kiirus.

2.249. $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \exp\left(-\frac{r}{r_D}\right)$, kus $r_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 kT}{2e^2 n}}$, milles n on laetud osakeste kontsentratsioon.