



TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

---

---

**ÜLDFÜÜSIKA  
ÜLESANNETE  
KOGU**

TARTU 1981

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Üldfüüsika kateeder

# ÜLDFÜÜSIKA ÜLESANNETE KOGU

## ELEKTER JA MAGNETISM

Neljas, parandatud ja täiendatud trükk

TARTU 1981

Koostanud K. Kudu

Kinnitatud füüsika-keemiateaduskonna nõukogus  
18. märtsil 1981.a.

Väljaanne on TRÜ füüsikaosakonna õppejõudude ülesannete kogu 3. kordustrukki ühe osa parandatud ja oluliselt täiendatud iseseisev variant. Võrreldes eelmise väljaandega on ülesannete arv peaaegu kolmekordistunud. Uute ülesannete lisamisega on püütud suurendada ülesannete valikut ja harrata elektrikursuse kõik tähtsamad osad. Ülesannete kogu alalõikude nimetused on tinglikud, sest nendes võib sisalduda naaberlõikudesse kuuluvaid ülesandeid.

Õppevahend on mõeldud peamiselt TRÜ füüsika-keemiateaduskonna ja matemaatikateaduskonna üliõpilastele, kuid ta sobib ka teiste kõrgkoolide insenerierialade üliõpilastele.

Ettepanekud õppevahendi täiustamiseks palun saata TRÜ üldfüüsika kateedrisse.

Koostaja

## 1. ELEKTROSTAATIKA

### Punktlaengute vastasmõju

- 1.1. Arvutada jõud, millega tõukuvad kaks samanimelist ning 1-kulonise laenguga kera, millede keskpunktide vahemaa on 1 km.
- 1.2. Kahe ühesuguse väikese metallkera laengud on  $\pm 1 \text{ CGSE}_q$ . Milline peab olema nende kerade mass, et elektriline tõukejõud oleks võrdne gravitatsioonilise tõmbejõuga?
- 1.3. Arvutada kahe elektroni (kahe prootoni) elektrostaatilise ja gravitatsioonilise vastastikuse mõjujõu suhe. Millised peaksid olema kahe ühesuguse laetud osakese erilaengud  $q/m$ , et need jõud oleksid arvuliselt võrdsed?
- 1.4. Millise jõuga mõjustaksid teineteist kaks vaskkerakest, kumbki massiga 1 g, kui nende vahemaa oleks 1 m ja kui elektronide summaarne laeng erineks kõikide tuumade laengust 1 % võrra?
- 1.5. Elementaarteooria järgi tiirleb elektron vesiniku aatomis ümber prootoni mööda ringorbiite. Milline peab olema elektroni kiirus aatomi põhiolekus, kui orbiidi raadius on  $5,3 \cdot 10^{-9} \text{ cm}$ ?
- 1.6. Millises tasakaaluolekus saab olla kahe ühesuguse punktlaengu vahele paigutatud kolmas punktlaeng? Äärmiste punktlaengute märk võib olla kas sama- või erinimeline kolmanda laengu märgiga.
- 1.7. Kahe positiivse punktlaengu  $q_1 = q$  ja  $q_2 = 4q$  vahemaa  $d = 60 \text{ cm}$ . Kuhu tuleks paigutada kolmas punktlaeng, et ta oleks tasakaalus?

- 1.8. a) Kolm ühesugust laengut  $q$  asetsevad võrdkõlgse kolmnurga tippudes. Milline laeng  $Q$  tuleb paigutada kolmnurga keskpunkti, et selle mõju tasakaalustaks laengutevahelised tõukejõud?
- b) Lahendada analoogiline ülesanne eeldusel, et laengud asetsevad ruudu tippudes, tasakaalustav laeng  $Q$  aga paigutatakse ruudu keskpunkti.
- 1.9. Kaks ühesugust  $0,1$ -g kuulikest ripuvad kumbki  $10$  cm pikkuse niidi otsas, mis on kinnitatud ühes ja samas punktis. Saanud võrdsed laengud, tõukuvad kuulikesed nii, et niidid moodustavad  $60^\circ$ -se nurga. Määrata kuulikeste laengud.
- 1.10. Kolm väikest ühesugust kerakest, igaüks massiga  $m = 0,1$  g, ripuvad ühes ja samas punktis kinnitatud kolme võrdse pikkusega niidi otsas. Niitude pikkused  $l = 20$  cm. Millised laengud tuleb anda kerakestele, et kõik niidid kalduksid vertikaalsihist kõrvale nurga  $\alpha = 30^\circ$  võrra?

#### Punktlaengute süsteemi elektrivälja tugevus

- 1.11. Määrata punkt, milles kahe teineteisest kaugusel  $d$  asetseva punktlaengu  $q_1$  ja  $q_2$  elektrivälja tugevus on null. Punktlaengud võivad olla nii sama- kui erimärgilised.
- 1.12. Kaks punktlaengut  $+100$  CGSE <sub>$q$</sub>  asetsevad teineteisest  $8$  cm kaugusel. Määrata elektrivälja tugevus punktis, mis on kummastki laengust  $5$  cm kaugusel.
- 1.13. Kahe positiivse punktlaengu  $q_1 = q_2 = q$  vahemaa  $2d = 10$  cm. Leida punkt neid laenguid ühendava sirg-  
lõigu keskristsirgel, kus elektrivälja tugevus on maksimaalne.
- 1.14. Punktlaengud  $q_1 = -81$  CGSE <sub>$q$</sub>  ja  $q_2 = -96$  nC asetsevad teineteisest  $d = 15$  cm kaugusel. Kui suur on elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb esimesest laengust

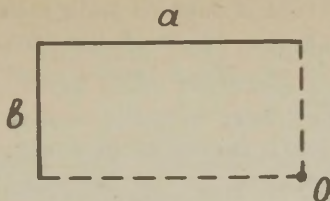
$r_1 = 9$  cm ja teisest  $r_2 = 12$  cm kaugusel?

- 1.15. Elektrivälja tekitavad punktlaengud  $q_1 = 30$  nC ja  $q_2 = -10$  nC, mille vahemaa  $d = 20$  cm. Leida elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb esimesest laengust  $r_1 = 15$  cm ja teisest  $r_2 = 10$  cm kaugusel.
- 1.16. Kolm ühesugust punktlaengut  $q = 10^{-9}$  C asetsevad täisnurkse kolmnurga tippudes. Leida elektrivälja tugevus täisnurga tipust hüpotenuusile tõmmatud ristsirge lõikepunktis hüpotenuusiga, kui kolmnurga kaatedid  $a = 40$  cm ja  $b = 30$  cm.
- 1.17. Ruudu tippudes asetsevad laengud  $q_1 = q_2 = q_3 = 100$  CGSE<sub>q</sub> ja  $q_4 = -100$  CGSE<sub>q</sub>. Arvutada elektrivälja tugevus ruudu keskpunktis, kui ruudu külje pikkus  $a = 10$  cm.
- 1.18. Tuletada valem dipoli elektrivälja tugevuse arvutamiseks.

#### Laetud kehade elektrivälja tugevus

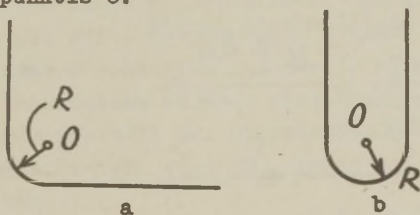
- 1.19. Leida ühtlaselt laetud pika ja peenikese sirgniidi elektrivälja tugevus kaugusel  $R$  niidist. Niidi laengu joontihedus on  $\tau$ .
- 1.20. Ühtlaselt laetud niidi pikkus  $l = 25$  cm. Millisel piirkaugusel  $R$  niidist piki niidile tõmmatud keskristsirget võib niidi elektrivälja vaadelda lõpmatult pika niidi elektriväljana? Niisuguse asenduse juures tehtav viga  $\delta$  ei tohi ületada 5 %.
- 1.21. Ühtlaselt laetud niidi pikkus on  $l$  ja laengu joontihedus  $\tau$ . Leida elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb niidi mõlema otsa suhtes sümmeetriliselt, kaugusel  $a$  niidist.
- 1.22. Ühtlaselt laetud pika niidi laengu joontihedus on  $\tau$ . Leida elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb niidi ühte otsa läbival ristsirgel, kaugusel  $a$  niidist.

- 1.23. Ühtlaselt laetud niidi pikkus on  $l$  ja kogulaeng  $q$ . Leida elektrivälja tugevus niidi pikendusel, kaugusel  $a$  lähemast otsast.
- 1.24. Ühtlaselt laetud peenikese sirgniidi pikkus  $l = 20$  cm ja laengu joontihedus  $\tau = 10^{-2} \mu\text{C/m}$ . Niidi keskrist-sirgel, kaugusel  $a = 10$  cm niidist asetseb punktlaeng  $q = 1$  nC. Leida laengule mõjuv jõud.
- 1.25. Milline tõukejõud mõjub kahe ühtlaselt laetud lõpmatult pika niidi iga ühe meetri pikkuse lõigu vahel, kui niitide laengu joontihedus on  $3 \cdot 10^{-8}$  C/cm ja vahekaugus  $2$  cm?
- 1.26. Kaks pikka peenikest paralleelset ühtlaselt laetud sirget traati asetsevad teineteisest kaugusel  $d$ . Laengute joontihedused on  $+\tau$  ja  $-\tau$ . Määrata elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb traatide sümmeetria-tasandil kaugusel  $x$  traatide tasapinnast.
- 1.27. Kaks pikka samanimeliselt laetud paralleelset niiti asetsevad teineteisest  $d = 10$  cm kaugusel. Niitide laengu joontihedused  $\tau_1 = \tau_2 = 10^{-7}$  C/cm. Määrata elektrivälja tugevuse suund ja suurus mõlemast niidist  $10$  cm kaugusel asetsevas punktis.
- 1.28. Kahe ühtlaselt laetud pika ja paralleelse niidi laengu joontihedus on  $\tau$  ja nende vahemaa  $-a$ . Leida elektrivälja tugevuse maksimaalne väärtus niitide vahele jääval sümmeetriatasandil.
- 1.29. Elektrivälja tekitab ühtlaselt laetud niit, mis moodustab ruudu kolm külge. Ruudu külje pikkus  $a = 20$  cm, niidi laengu joontihedus  $\tau = 0,5 \mu\text{C/m}$ . Leida elektrivälja tugevus niidita külje keskpunktis.
- 1.30. Kaks ühtlaselt laetud peenikest niiti, pikkustega  $a = 16$  cm ja  $b = 12$  cm ning laengute joontihedusega  $\tau = 0,4 \mu\text{C/m}$ , moodustavad täisnurga (vt. joon. 1.1). Määrata elektrivälja tugevus punktis  $O$ .



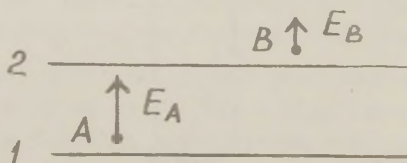
Joon. 1.1.

- 1.31. Peenikese ühtlaselt laetud rõnga laeng  $q = 50 \text{ CGSE}_q$  ja raadius  $R = 5 \text{ cm}$ . Määrata: a) elektrivälja tugevus rõnga keskpunktis, b) elektrivälja tugevus rõnga teljel  $h = 10 \text{ cm}$  kaugusel rõnga tasandist, c) maksimaalne elektrivälja tugevus rõnga teljel.
- 1.32. Ühtlaselt laetud rõnga laeng on  $q$  ja raadius  $R$ . Pikk rõnga telge asetseb pikk ühtlaselt laetud niit selliselt, et tema üks ots on rõnga keskpunktis. Arvutada niidile mõjuv jõud, kui niidi laengu joontihedus on  $\tau$ .
- 1.33. Määrata ühtlaselt laetud peenikese poolrõnga elektrivälja tugevus rõnga kõverustsentrīs. Poolrõnga raadius on  $R$  ning selle laeng  $q$ .
- 1.34. Peenikesest niidist valmistatud rõnga raadius on  $R$  ja tema laengu joontihedus  $\tau = \tau_0 \cos\varphi$ , kus  $\tau_0$  on konstantne suurus ja  $\varphi$  - asimuutnurk. Leida elektrivälja tugevus rõnga keskpunktis.
- 1.35. Ühtlaselt laetud pikal niidil on selline kuju, nagu näidatud joonisel 1.2 a ja b. Leida elektrivälja tugevus punktis  $O$ .



Joon. 1.2.

- 1.36. Määrata elektrivälja tugevus tasapinnalise poolrõnga kõverustsentris, kui rõnga välisraadius  $R_2 = 1$  m, siseradius  $R_1 = 90$  cm. Rõnga laengu pindtihedus  $\sigma = 10^{-5}$  C/cm<sup>2</sup>.
- 1.37. Arvutada ühtlaselt laetud ketta elektrivälja tugevus ketta teljel kaugusel  $h$  selle keskpunktist. Ketta raadius on  $R$  ja tema laeng  $q$ .
- 1.38. Ühtlaselt laetud ketta raadius  $R = 25$  cm. Millisel piirkaugusel kettast piki ketta telge võib ketta elektrivälja vaadelda ühtlaselt laetud lõpmatu ulatusega tasapinna elektriväljana? Tehtav viga  $\delta$  ei tohi ületada 5 %.
- 1.39. Suur õhuke plaat on laetud ühtlaselt laengu pindtihedusega  $\sigma$ . Plaadi keskel on ümmargune ava. Ava raadius  $R$  on väike, võrreldes plaadi mõõtmetega. Määrata elektrivälja tugevus ava keskpunkti lähival ja plaadiga risti oleval sirgel kaugusel  $h$  sellest.
- 1.40. Esitada ühel ja samal joonisel sõltuvus elektrivälja tugevuse ning kauguse vahel intervallis  $1 \leq r \leq 5$  cm järgmiste elektriväljade jaoks: a) punktlaeng suurusega  $100$  CGSE<sub>q</sub>; b) lõpmatult pikk ühtlaselt laetud niit, laengu joontihedusega  $1,67 \cdot 10^{-8}$  C/cm; c) lõpmatult suur ühtlaselt laetud tasapind, mille laengu pindtihedus on  $2,5 \cdot 10^{-9}$  C/cm<sup>2</sup>.
- 1.41. Kahel suurel paralleelsel metallplaadil, kumbki pindalaga  $S$ , on võrdsed positiivsed laengud  $q$ . Milline on elektrivälja tugevus plaatide vahel ja väljaspool?
- 1.42. Ühtlaselt laetud paralleelsed plaadid asetsevad teineteise lähedal (joon.



Joon. 1.3.

1.3). Arvutada laengu tihedused plaatidel, kui  $E_A = 3$  kV/m ja  $E_B = 1$  kV/m.

- 1.43. Leida kahe ühtlaselt laetud lõpmatult suure ning teineteisega risti oleva tasapinna elektrivälja tugevus, kui tasapindade laengute pindtihedused on  $+\sigma$  ja  $+\sigma$ .
- 1.44. Kaks lõpmata suurt ühtlaselt laetud tasapinda moodustavad lõikumisel nurga  $\alpha = 60^\circ$ . Kummagi tasapinna laengu pindtihedus  $\sigma = 0,1 \mu\text{C}/\text{m}^2$ . Leida nende tasapindade poolt tekitatud elektrivälja tugevus ning joonestada elektrivälja tugevuse jooned.
- 1.45. Millist jõudu avaldab ühtlaselt laetud lõpmatult suur tasapind temaga paralleelse ühtlaselt laetud lõpmatult pika niidi igale meetripikkusele lõigule, kui niidi laengu joontihedus on  $3 \cdot 10^{-8} \text{ C}/\text{cm}$ , tasapinna laengu pindtihedus aga  $2 \cdot 10^{-9} \text{ C}/\text{cm}^2$ ?
- 1.46. Piisavalt suurte mõõtmetega vertikaalne plaat on laetud ühtlaselt laengu pindtihedusega  $\sigma = 10 \text{ CGSE}_\sigma$ . Plaadi külge kinnitatud niidi otsas ripub laetud kerake massiga  $m = 1 \text{ g}$ . Niit on vertikaalsihist kõrvale kaldunud nurga  $\varphi = 30^\circ$  võrra. Määrata kerakese laeng  $q$ .
- 1.47. Leida ühtlaselt laetud poolsfääri elektrivälja tugevus selle keskpunktis.
- 1.48. Määrata jõud, millega ühtlaselt laetud sfääri üks pool mõjub teisele. Sfääri raadius on  $R$  ja laeng  $q$ .
- 1.49. Kuidas muutub eelmise ülesande vastus, kui sfääri keskpunkti paigutada punktlaeng  $q_0$ ?

#### Diipol elektriväljas

- 1.50. Homogeenses elektriväljas  $E = 30 \text{ kV}/\text{m}$  asetseb diipol, mille laengud on võrdsed elementaarlaenguga ja mille õla pikkus  $l = 39 \text{ pm}$ . Diipoli õla ja elektrivälja suuna vaheline nurk  $\alpha = 30^\circ$ . Leida diipolile mõjuv pöördemoment.
- 1.51. Leida jõud, millega mõjub punktlaeng  $q = 30 \mu\text{C}$  temast  $r = 30 \text{ cm}$  kaugusel asetsevale vabale diipolile, mille

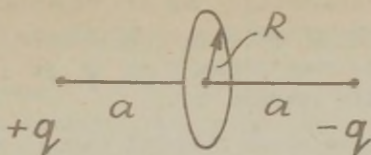
elektriline moment  $p_e = 3 \cdot 10^{-10}$  C.m.

- 1.52. Kaugusel  $r = 20$  cm ühtlaselt laetud pikast niidist asetseb diipol, mille elektriline moment  $p_e = 10^{-11}$  C.m. Määrata diipolile mõjuv jõud, kui diipol on risti niidiga ja niidi laengu joontihedus  $\tau = 10^{-4}$  C/m.
- 1.53. Mittepolaarne molekul, mille polariseerumus on  $\alpha$ , asetseb suurel kaugusel  $r$  polaarsetest molekulist, mille elektriline moment on  $\vec{p}_e$ . Määrata jõud, millega üks molekul mõjutab teist, kui  $\vec{p}_e$  on suunatud piki mõlemat molekuli ühendavat sirget.
- 1.54. Vee molekuli võib vaadelda diipolina, mille elektriline moment  $p_e = 1,85 \cdot 10^{-18}$  CGSE<sub>p</sub>. a) Määrata diipoli õla pikkus, lugedes diipoli koosseisu kuuluvad laengud võrdseks elektroni laenguga. b) Määrata diipoli elektrivälja tugevus diipoli teljel ning keskristsirgel  $3 \cdot 10^{-7}$  cm kaugusel diipoli keskpunktist. c) Vee molekul ning vesinikuioon asetsevad teineteisest  $3 \cdot 10^{-7}$  cm kaugusel. Määrata diipoli ja iooni vaheline maksimaalne ning minimaalne mõjujõud ja diipolile mõjuva maksimaalse ning minimaalse pöördemomendi väärtused.
- 1.55. Ühtlaselt laetud peenikese rõnga teljel asetseb mittepolaarne molekul. Rõnga raadius on  $R$ . Millisel kaugusel  $x$  rõnga tasandist on molekulile mõjuv jõud võrdne nulliga ja kus on ta maksimaalne? Joonestage sõltuvuse  $F(x)$  ligikaudne graafik.

#### Elektriväljade arvutamine Gaussi teoreemi alusel

- 1.56. Leida elektrivälja tugevuse vektori voog läbi kinnise silindrilise pinna, mille teljel asetseb ühtlaselt laetud lõpmatult pikk niit laengu joontihedusega  $\tau$ . Silindri raadius on  $R$  ja pikkus  $h$ .
- 1.57. Kahe punktlaengu  $+q$  ja  $-q$  vahemaa on  $2a$  (joon. 1.4). Arvutada elektrivälja tugevuse voog läbi ringi, mille

raadius on  $R$ .



Joon. 1.4.

- 1.58. Ühtlaselt laetud pikk niit asetseb piki ringi telge, ulatudes ühe otsaga ringi keskpunkti. Niidi laengu joontihedus on  $\tau$  ja ringi raadius  $R$ . Arvutada elektrivälja tugevuse voog läbi ringi pinna.
- 1.59. Väljatugevusel ca 30 kV/cm lakkab õhk olemast isolator ning selles võib tekkida sädelahendus. Kui suur peaks olema kera raadius, et tema pinnal püsiks laeng 1 C?
- 1.60. Kahe ühtlaselt laetud kontsentrilise sfääri raadiused  $R_1 = 8$  cm ja  $R_2 = 15$  cm ning laengud  $q_1 = 3 \cdot 10^{-7}$  C ja  $q_2 = -5 \cdot 10^{-7}$  C. Leida elektrivälja tugevused  $r_1 = 5$  cm,  $r_2 = 10$  ja  $r_3 = 20$  cm kaugusel sfäärade keskpunktist.
- 1.61. Leida kerakujulise ruumlaengu elektrivälja tugevus kaugusel  $r_1 = 1$  cm ja  $r_2 = 3$  cm kera keskpunktist, kui kera laengu ruumtihedus  $\rho = 0,7$  CGSE ja raadius  $R = 2$  cm.
- 1.62. Positiivselt laetud kera laengu ruumtihedus  $\rho$  sõltub ainult kaugusest  $r$  tema keskpunktini:  $\rho = \rho_0(1-r/R)$ , kus  $\rho_0$  on konstant ja  $R$  - kera raadius. Oletades, et kera aine ja ümbritseva ruumi dielektriline läbitavus  $\epsilon = 1$ , leida: a) elektrivälja tugevuse sõltuvus kaugusest  $r$  kera keskpunktini; b) elektrivälja tugevuse maksimaalne väärtus  $E_{\max}$  ja sellele vastav  $r_m$ .
- 1.63. Ühtlaselt laetud kera sees on sfääriline õõnsus, kusjuures selle keskpunkt on nihutatud kera keskpunkti suhtes kaugusele  $\bar{r}$ . Määrata elektrivälja õõnsuses eeldusel, et laengu ruumtihedus on  $\rho$  ja dielektriku

suhteline läbitavus  $\epsilon = 1$ .

- 1.64. Määrata elektrivälja tugevus õõnsuses, mis tekib kahe ühtlaselt laetud kera lõikumise tulemusel. Kera-  
de laengute ruumtihedused on  $\rho$  ja  $-\rho$  ning nende  
keskpunktide vahemaa  $d$ .
- 1.65. Kuidas peavad olema jaotatud laengud sfääril, mille  
raadius on  $R$ , et nad tekitaksid sfääri sees homo-  
geense elektrivälja  $E$ . (Kas nad peavad olema sama-  
või vastasmärgilised? Kuidas sõltub laengute pindti-  
hedus polaarnurgast  $\theta$ ?) Milline on niisugusel juhul  
elektrivälja väljaspool sfääri?
- 1.66. Vaakumis tekkis laengute ühtlane silindrikujuline ko-  
gum ruumtihedusega  $\rho$ . Leida elektrivälja tugevus  
silindri sees ja väljaspool, kui silindri raadius on  
 $R$ .
- 1.67. Ühtlaselt laetud pika silindri laengu ruumtihedus  
 $\rho = 50 \text{ CGSE}_\rho$ , dielektriline läbitavus  $\epsilon = 1$  ja  
raadius  $R = 2 \text{ cm}$ . Määrata elektrivälja tugevus  
 $r_1 = 2 \text{ cm}$  ja  $r_2 = 20 \text{ cm}$  kaugusel silindri teljest.
- 1.68. Ühtlaselt laetud lõpmatult pika silindri sees on si-  
lindriline õõnsus, kusjuures õõnsuse ja silindri tel-  
gede vahemaa on  $r$ . Eeldades, et laengu ruumtihedus  
on  $\rho$  ja dielektriku suhteline läbitavus  $\epsilon = 1$ ,  
määrata elektrivälja õõnsuses.
- 1.69. Pikka metallsilindrit, raadiusega  $R$ , võib vaadelda  
koosnevana kahest poolsilindrist. Määrata tõukejõud,  
mis mõjub ühikulise pikkusega poolsilindrite vahel,  
kui laeng silindri ühikulise pikkusega lõigu kohta  
on  $\tau$ .
- 1.70. Suur dielektrikust plaat on laetud ühtlaselt laengu  
ruumtihedusega  $\rho = 0,8 \text{ CGSE}_\rho$ . Plaadi paksus  
 $d = 0,5 \text{ cm}$ , sine suhteline dielektriline läbitavus  
 $\epsilon \approx 1$ . Milline on elektrivälja tugevus: a) plaadi si-  
semuses  $x = 0,15 \text{ cm}$  kaugusel sümmeetriatasandist;

b) plaadi keskel; c) väljaspool plaati.

### Töö laengu liikumisel elektriväljas

- 1.71. Kaks punktlaengut  $+10^{-7}$  C ja  $-10^{-8}$  C asetsevad teineteisest 1 cm kaugusel. Kui palju tööd tuleb teha ühe laengu eemaldamiseks teisest: a) lõpmata kaugemale, b) 1 m kaugusele?
- 1.72. Elektrivälja tekitab punktlaeng  $q = 3$  nC. Punktides A ja B on elektrivälja tugevused  $E_A = 30$  kV/Cm ja  $E_B = 1,2$  kV/cm. Leida elektrivälja jõudude töö laengu  $q_0 = 10$  pC ümberpaigutamiseks punktist A punkti B.
- 1.73. Ristküliku tippudes asetsevad võrdsed positiivsed punktlaengud, igaüks laenguga  $q = 3$  nC. Leida elektrivälja jõudude töö ristküliku keskpunktis oleva punktlaengu  $q_0 = 9$  CGSE<sub>q</sub> viimiseks lõpmatult kaugemale, kui ristküliku ühe külje pikkus  $a = 3$  cm ja teise külje pikkus  $b = 4$  cm.
- 1.74. Kaks osakest, millele laengud on  $+q_1$  ja  $+q_2$  ning massid  $m_1$  ja  $m_2$ , liiguvad teineteise suunas; nende suhteline kiirus osakeste suure vahekauguse korral on  $v_1$ . Millisele vähimale kaugusele saavad need osakesed teineteisele läheneda?
- 1.75. Positiivselt laetud kerake, mille laeng  $q_1 = 1$  nC ja mass  $m = 40$  mg läheneb tema teele paigutatud positiivsele punktlaengule  $q_2 = 4$  CGSE<sub>q</sub>. Kui lähedale saab see kerake ligineda punktlaengule kui suurel kaugusel laengust on ta kiirus  $v = 10$  m/s?
- 1.76.  $\alpha$ -osake, mis eraldub raadiumi aatomi tuumast kiirusega  $v = 1,6 \cdot 10^7$  m/s selle radioaktiivsel lagunemisel, liigub paigaloleva naatriumi aatomi tuuma suunas. Millisele vähimale kaugusele tuumast saab tungida  $\alpha$ -osake?
- 1.77. Vaakumtorus asetseva kahe paralleelse plaadi A (anood) ja B (katood) vahemaa  $d = 10$  cm. Plaatidele rakendatud

pinge  $U = 5 \text{ V}$ . Anoodi kiiritamise tagajärjel eralduvad sellest elektronid algkiirusega  $v_0 = 10^5 \text{ m/s}$ . Millise vahemaa nad jõuavad läbida, enne kui hakkavad liikuma tagasi anoodi suunas? Millise kiirusega jõuavad anoodile need elektronid, mis eralduvad katoodilt sama kiirguse toimel?

- 1.78. Punktlaeng  $q = 2 \text{ CGSE}_q$  asub  $4 \text{ cm}$  kaugusel pikast ühtlaselt laetud peenest niidist. Elektrivälja mõjul hakkab see laeng eemalduma niidist piki jõujoont, kusjuures  $2 \text{ cm}$  pikkuse tee läbimisel tehakse  $5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$  tööd. Määrata niidi laengu joontihedus.
- 1.79. Peenikese rõnga raadius on  $10 \text{ cm}$  ja laengu joontihedus  $0,3 \text{ } \mu\text{C/m}$ . Arvutada töö, mis tuleb teha laengu  $0,005 \text{ C}$  viimiseks rõnga keskpunktist piki rõnga telge  $20 \text{ cm}$  kaugusele.
- 1.80. Kahe koaksiaalse lõpmatult pika silindri raadiused  $R_1 = 20 \text{ cm}$  ja  $R_2 = 21 \text{ cm}$ . Silindrite laengud on samamärgilised, sisemise silindri laengu pindtihedus  $\sigma_1 = 4 \text{ CGSE}$ , välise oma  $\sigma_2 = 8 \text{ CGSE}$ . Leida töö, mis tuleb teha laengu  $q = 1 \text{ } \mu\text{C}$  viimiseks ühelt silindrilt teisele. Kui suur jõud mõjuks sellele laengule, kui ta asetseks väljaspool silindreid, kaugusel  $h$  välise silindri pinnast?
- 1.81. Kaugusel  $R$  punktlaengust  $q$  asetseb vaba elektridiipol, momendiga  $p_e$ . Leida töö diipoli eemaldamiseks punktlaengust lõpmatult kaugemale.

#### Potentsiaal ja potentsiaalide vahe

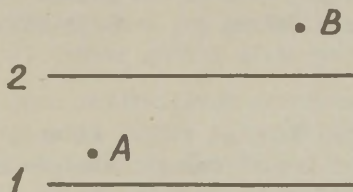
- 1.82. Võrdkülgse kolmnurga tippudes asetsevad võrdsed punktlaengud  $q = 20 \text{ CGSE}_q$ . Arvutada potentsiaal külgede keskpunktis, kui külje pikkus  $a = 4 \text{ cm}$ .
- 1.83. Kahe punktlaengu  $q_1 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  ja  $q_2 = -6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  vahemaa  $d = 10 \text{ cm}$ . Leida: a) elektrivälja tugevus punktis, mille potentsiaal on null; b) selle punkti potentsiaal,

kus elektrivälja tugevus on null. Eeldada, et otsitavad punktid asetsevad laenguid läbival sirgel.

- 1.84. Kaks erimärgilist punktlaengut, millede laengute suhe on  $n$ , asetsevad teineteisest kaugusel  $d$ . Tõestada, et potentsiaalile  $O$  vastav ekvipotentsiaalpind on sfäär. Määrata sfääri raadius ning selle keskpunkti kaugus  $a$  väiksema laengu asukohast.
- 1.85. Kaks ühtlaselt ja erimärgiliselt laetud pikka paralleelset peenikest niiti asetsevad teineteisest kaugusel  $d$ . Laengute joontihedused on  $\tau$  ja  $-\tau$ . Tõestada, et juhul, kui niitidevaheline kaugus on küllalt suur:
- a) on ekvipotentsiaalpinnad ringsilindrid, millede teljed asetsevad paralleelselt niitidega ning viimastega samal tasapinnal;
  - b) elektrivälja tugevuse jooned asetsevad niitide risttasandil ja on ringjooned, millede keskpunktid asetsevad niitide järgi ühendaval keskristsirgel.
- 1.86. Ühtlaselt laetud niidi pikkus on  $l$  ja laeng  $q$ . Leida elektrivälja potentsiaal niidi pikendusel, kaugusel  $a$  lähemast otsast.
- 1.87. Peenikesest traadist rõnga raadius  $R = 5$  cm ja selle laeng  $q = 50$  CGSE <sub>$q$</sub> . Määrata: a) rõnga keskristsirgel asetseva punkti potentsiaali sõltuvus kaugusest rõnga tasandini, b) elektrivälja tugevus kui potentsiaali gradient, c) potentsiaal rõnga keskel ning kaugusel  $h = 10$  cm rõnga tasandist.
- 1.88. Kahe ühtivate telgedega peenikesest traadist rõnga raadiused on  $R$  ja laengud  $q$  ning  $-q$ . Määrata rõngaste keskpunktide potentsiaalide vahe, kui nende vahemaa on  $a$ .
- 1.89. Määrata potentsiaal ühtlaselt laetud tasapinnalise rõnga keskpunktis, kui rõnga siseraadius  $R_1 = 0,2$  m, välisraadius  $R_2 = 0,4$  m ja rõnga laeng  $q = 0,6$   $\mu$ C.

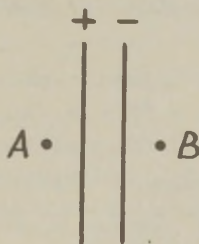
- 1.90. Ühtlaselt laetud õhukese ketta laengu pindtihedus on  $\sigma$  ja raadius  $R$ . Määrata ketta teljel asetseva punkti potentsiaal sõltuvalt selle kaugusest  $h$  ketta keskpunktini.
- 1.91. Milline saab olla maksimaalne laeng õhus asetseval metallkeral raadiusega  $R = 15$  cm, kui õhu elektriline läbilöötk toimub väljatugevusel  $E = 30$  kV/cm? Kui suur on seejuures kera potentsiaal?
- 1.92. Ühtlaselt laetud sfääri potentsiaal sfääri keskpunktis  $\varphi_0 = 100$  V, sellest kaugusel  $r = 30$  cm aga  $\varphi = 50$  V. Kui suur on sfääri raadius?
- 1.93. Metallkera raadius  $R = 1$  cm ja potentsiaal  $\varphi = 3$  kV. Mitu elektroni tuli neutraalselt keralt eemaldada, et kera niisuguse potentsiaalini laadida? Kui palju vähenes seejuures kera mass?
- 1.94. Elavhõbedatilga laeng  $q = 7 \cdot 10^{-14}$  C ja raadius  $r = 1$  mm. Kümme sellist tilka moodustavad ühe suure. Määrata suure tilga potentsiaal, lugedes ka selle kerakujulisuseks.
- 1.95. Maapinna lähedal on elektrivälja tugevus  $E = 130$  V/m. Määrata maakera laeng ja tema potentsiaal lõpmatult kaugel asetseva punkti suhtes.
- 1.96. Ühtlaselt laetud sfääri, mille raadius  $R_1 = 3$  cm ja laeng  $q_1 = 7 \cdot 10^{-8}$  C ümbritseb kontsentriiline sfäär, mille raadius  $R_2 = 9$  cm. Kui suur laeng tuleb anda välissfäärile, et sisesfääri potentsiaal lõpmatuse suhtes muutuks nulliks?
- 1.97. Kahe kontsentriilise metallsfääri raadiused on  $R$  ja  $2R$ . Sfäärid on laetud samamargiliselt, nende laengud on vastavalt  $1 \mu\text{C}$  ja  $2 \mu\text{C}$ . Kaugusel  $3R$  sfääride keskpunktist on potentsiaal  $30 \text{ CGSE } \varphi$ . Määrata  $R$ .
- 1.98. Leida ühtlaselt laetud kera potentsiaal kera sees, kui kera laengu ruumtihedus on  $\rho$ , raadius  $R$  ja aine suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 1$ .

- 1.99. Liikumatud kinnitatud kuulike on laetud positiivselt ning asub negatiivselt laetud kuulikese kohal. Kuulikeste laengud on võrdsed. Mõlema kuulikese mass  $m = 0,01$  g, raadius  $R = 1$  mm. Kuulikeste keskpunktide vahemaa  $d = 20$  mm. Kui suur peaks olema kuulikeste potentsiaalide vahe, et ülemine kuulike suudaks tõsta alumist?
- 1.100. Lõpmatult paralleelsed tasapinnad 1 ja 2 on laetud võrdse tiheduseni  $\sigma$  (joon. 1.5). Milline on punktide A ja B potentsiaalide vahe, kui punkti A kaugus tasapinnast 1 on  $h_1$  ja punkti B oma tasapinnast 2 on  $h_2$ ? Kui suur on potentsiaalide vahe siis, kui punkt A asetseb allpool tasapinda 1?



Joon. 1.5.

- 1.101. Plaatkondensaator on laetud pingeni  $U = 100$  V. Leida töö laengu  $q = 0,52 \mu\text{C}$  paigutamiseks punktist A punkti B. (Vt. joon. 1.6.)



Joon. 1.6.

- 1.102. Kolm suurt ühesugust paralleelset plaati asetsevad üksteisest 1 mm kangusel. Millised on pinged plaatide vahel, kui plaadid on laetud ühtlaselt laengute pindtihedusega  $\sigma_1 = +0,2$  CGSE,  $\sigma_2 = +0,4$  CGSE ja  $\sigma_3 = -0,6$  CGSE ühikut?
- 1.103. Kahe õhus asetseva paralleelse metallplaadi vahemaa  $d = 1$  cm ning kummagi plaadi pindala  $S = 200$  cm<sup>2</sup>. Vasakpoolse plaadi laeng  $q_1 = 10^{-9}$  C, parempoolse oma  $q_2 = 3 \cdot 10^{-9}$  C. Leida a) elektrivälja tugevus vasakpoolsest plaadist vasakul, kuid plaadi vahetus läheduses asetsevas punktis; b) elektrivälja tugevus plaatide vahel; c) plaatide potentsiaalide vahe; d) kiirus, mille omandab ühe plaadi juures juhuslikult ilmunud elektron ( $v_0 = 0$ ) jõudmisel teise plaadini.
- 1.104. Kahe kontsentrilise metallsfääri raadiused  $R_1 = 10$  cm ja  $R_2 = 20$  cm. Kummagi sfääri laeng  $q = +50$  CGSE<sub>q</sub>. Milline on sfääride potentsiaalide vahe ning kui suur on elektrivälja tugevus sfääride sisemuses ja väljaspool?
- 1.105. Ionisatsioonikamber kujutab endast kahte koaksiaalsilindrit, mille raadiused  $R_1 = 4$  cm ja  $R_2 = 10,9$  cm. Milline on elektrivälja tugevus kummagi silindri välispinnal, kui ionisatsioonikambrile rakendatud pinge  $U = 1000$  V?
- 1.106. Kahe koaksiaalse lõpmatult pika silindri raadiused  $R_1 = 10$  mm ja  $R_2 = 10,5$  mm. Silindrid on laetud samamargiliselt, kusjuures sisemise silindri laengu pindtihedus on 1 CGSE<sub>σ</sub>, välimise oma 2 CGSE<sub>σ</sub>. Leida silindrite potentsiaalide vahe ning elektrivälja tugevus väljaspool silindreid.
- 1.107. Leida potentsiaalide vahe kahe ühesuguse metallkera vahel, kui nende keskpunktide vahemaa  $d = 1,00$  m, raadius  $R = 0,5$  cm ja laengud  $q_1 = 1,50$  nC ning  $q_2 = -1,50$  nC.

### Väljatugevuse ja potentsiaali seos

- 1.108. Maapinna lähedal on elektrivälja tugevus  $E = 100$  SI-ühikut. Kui suur on  $h = 1,75$  m pikkuse seisva inimese pealae ja jalataldade potentsiaalide vahe?
- 1.109. Elektrivälja potentsiaal välja teatud osas sõltub ainult koordinaadist  $x$ , kusjuures sõltuvus on järgmine:  
$$\varphi = -\frac{ax^2}{2} + C; \quad a \text{ ja } C \text{ on konstantsed suurused.}$$
Leida elektrivälja tugevus. Millise laengute jaotuse puhul selline väli tekib?
- 1.110. Teatud piirkonnas sõltub elektrivälja potentsiaal ainult koordinaadist  $x$ :  $\varphi = -ax^3 + b$ , kus  $a$  ja  $b$  on konstandid. Kuidas jaotub niisugusel juhul ruumlaeng  $\rho(x)$ ?
- 1.111. Laetud kera sees sõltub potentsiaal ainult kangusest  $r$  kera keskpunktini:  $\varphi = ar^2 + b$ , kus  $a$  ja  $b$  on konstandid. Leida ruumlaengu jaotus  $\rho(r)$  keras.
- 1.112. Määrata elektrostaatilise välja potentsiaal  $\varphi(x, y, z)$ , kui väljatugevus  $\vec{E} = ay\vec{i} + (ax+bz)\vec{j} + by\vec{k}$ , kus  $a$  ja  $b$  on konstandid ja  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$  ning  $\vec{k}$  - telgede  $x$ ,  $y$  ja  $z$  ordid.
- 1.113. Leida elektrostaatilise välja potentsiaal  $\varphi(x, y)$ , kui väljatugevus  $\vec{E} = 2axy\vec{i} + a(x^2 - y^2)\vec{j}$ , kus  $a$  on konstant ja  $\vec{i}$  ning  $\vec{j}$  - telgede  $x$  ja  $y$  ordid.
- 1.114. Leida elektrostaatilise välja potentsiaal  $\varphi(x, y)$ , kui väljatugevus  $\vec{E} = a(y\vec{i} + x\vec{j})$ , kus  $\vec{i}$  ja  $\vec{j}$  on telgede  $x$  ja  $y$  ordid ja  $a$  - konstant.
- 1.115. Määrata elektrivälja tugevus, kui elektrivälja potentsiaal sõltub koordinaatidest järgmiselt:  
a)  $\varphi = a(x^2 - y^2)$ , b)  $\varphi = axy$ , kus  $a$  on konstant.  
Kirjeldada seda välja ligikaudu väljatugevuse joonte abil tasandil  $x, y$ .

- 1.116. Elektrivälja potentsiaal sõltub koordinaatidest järgmiselt:  $\varphi = a(x^2 + y^2) + bz^2$ , kus  $a$  ja  $b$  on konstandid. Määrata elektrivälja tugevuse suund ja väärtus. Millise kujuga on ekvipotentsiaalpinnad, kui a)  $a > 0$ ,  $b > 0$ ; b)  $a > 0$ ,  $b < 0$  ?

### Elektriväli dielektrikutes

- 1.117. Kaks õhukest plaati on laetud samamärgiliste laengutega, millede pindtihedused on  $\sigma_1 = +1 \text{ CGSE } \sigma$  ja  $\sigma_2 = +2 \text{ CGSE } \sigma$ . Plaatide vahemaa  $d_0 = 1 \text{ cm}$  on tühiselt väike, võrreldes plaadi lineaarmõõtmega. Plaatide vahel asetseb nendega paralleelselt parafiinikiht ( $\epsilon = 2$ ) paksusega  $d_2 = 5 \text{ mm}$ . Milline on plaatide potentsiaalide vahe? Kui suur on elektrivälja tugevus a) plaatide vahel, kuid väljaspool dielektrikut ( $E_1$ ); b) dielektrikus ( $E_2$ ) ?
- 1.118. Kahe suure ja paralleelse metallplaadi vaheline ruum on täidetud õliga, mille suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 5$ . Plaatide vahemaa  $d = 1 \text{ cm}$ . Milline potentsiaalide vahe tuleb tekitada plaatidel, et polarisatsioonilaengute pindtihedus õlis saavutaks väärtuse  $\sigma_p = 6,2 \cdot 10^{-10} \text{ C/cm}^2$  ?
- 1.119. Pingeni  $U = 400 \text{ V}$  laetud plaatkondensaatori dielektrikuks on vilgukivi, mille paksus  $d = 0,2 \text{ mm}$ . Leida polarisatsioonilaengute pindtihedus dielektriku pinnal.
- 1.120. Metallkerale, mille raadius  $R = 10 \text{ cm}$ , anti laeng  $q = 5 \mu\text{C}$ . Pärast seda kaeti kera pind dielektrikukihi, mille paksus  $d = 2 \text{ cm}$ . Leida polarisatsioonilaengute pindtihedus kihi sise- ja välispinnal, kui dielektriku läbitavus  $\epsilon = 2$ . Kui suur on kogu polarisatsioonilaeng?
- 1.121. Positiivsete ioonide laeng jaotub ühtlaselt, ruumtihedusega  $\rho$  kera, mille raadius on  $R$  ja suhteline

dielektriline läbitavus  $\epsilon$ . Leida: a) väljatugevase sõltuvus kaugusest  $r$  kera keskpunktini, b) seotud laengute ruum- ja pindtihedus.

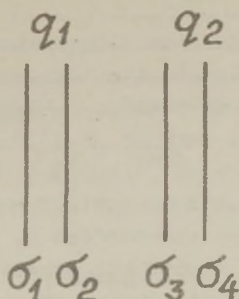
- 1.122. Dielektrikust valmistatud õhuke ketas, mille raadius on  $R$  ja paksus  $h$  ( $h \ll R$ ) on polariseerunud homogeen- selt nii, et polariseeritus  $\vec{P}$  asetseb ketta tasan- dis. Määrata polarisatsioonilaengute elektrivälja tu- gevus ketta keskpunktis.
- 1.123. Homogeensest ja isotroopsest dielektrikust kera sees tekitatakse homogeenne elektriväli  $E = 100$  V/cm. Kui suur on polarisatsioonilaengute maksimaalne tihedus dielektriku pinnal, kui dielektriku suhteline läbi- tavus  $\epsilon = 7$ .
- 1.124. Homogeensest ja isotroopsest dielektrikust kera sees on tekitatud homogeenne elektriväli  $E = 100$  V/m. Ke- ra raadius  $R = 3,0$  cm ja dielektriku läbitavus  $\epsilon = 5$ . Leida polarisatsioonilaengute pindtiheduse maksimaal- ne väärtus ja kogu ühemärgiline polarisatsioonilaeng.
- 1.125. Dielektrikust kera on polariseeritud homogeen- selt, tema polariseeritus on  $\vec{P}$ . Võttes arvesse, et selli- selt polariseeritud kera võib vaadelda kui kõikide positiivsete laengute väikese nihke tulemust negatiiv- sete laengute suhtes, leida elektrivälja tugevus ke- ra sees ja väljaspool.
- 1.126. Homogeenselt polariseeritud lõpmatult suure dielekt- riku sees on sfääriline õõnsus. Õõnsusest suurel kau- gusel on elektrivälja tugevus  $\vec{E}$ . Määrata elektri- välja tugevus õõnsuses, kui dielektriku suhteline läbitavus on  $\epsilon$ .
- 1.127. Homogeensesse elektrivälja  $\vec{E}_0$  paigutati homogeen- sest dielektrikust kera. Niisugusel juhul polarisee- rub dielektrik homogeen- selt. Leida elektrivälja tu- gevus kera sees ja dielektriku polariseeritus, kui tema suhteline läbitavus on  $\epsilon$ .

- 1.128. Pikk homogeenest dielektrikust silinder paigutati homogeenesse elektrivälja  $\vec{E}_0$ , mis on risti silindri teljega. Dielektrik polariseerub homogeenelt. Määrata elektrivälja tugevus  $\vec{E}$  ja polariseeritus  $\vec{P}$  dielektrikus, kui selle läbitavus on  $\epsilon$ .
- 1.129. Homogeenesse elektrivälja  $E_0 = 10 \text{ V/m}$  paigutatakse klaasplaat ( $\epsilon = 7$ ) nii, et selle normaal moodustab elektrivälja suunaga nurga  $\alpha = 30^\circ$ . Määrata elektrivälja tugevus  $\vec{E}$  klaasis ja nurk, mille moodustab  $\vec{E}$  plaadi normaali suunaga. Kui suur on plaadi polarisatsioonilaengute pindtihedus?
- 1.130. Homogeenese ja isotroopse dielektriku piirpinnaks vaakumiga on tasapind. Dielektriku suhteline läbitavus on  $\epsilon$ , väljatugevuse joonte murdumisnurk  $\beta$  ja väljatugevus vaakumis  $E_0$ . Lugedes elektrivälja vaakumis ja dielektrikus homogeeneks, määrata elektrivälja tugevuse vektori voog läbi sfääri pinna, mille keskpunkt asetseb piirpinnal. Sfääri raadius on  $R$ .

#### Juhid elektriväljas

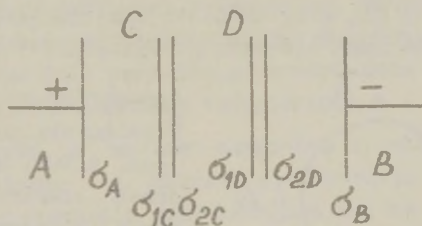
- 1.131. Homogeenesse elektrivälja paigutati metallplaat risti jõujoontega. Kui suur laeng indutseeritakse selle plaadi kummalgi küljel, kui plaadi pindala on  $S$  ja elektrivälja tugevus  $E$ ?
- 1.132. Kahe paralleelse metallplaadi A ja B vahemaa on suhteliselt väike. Millised laengud indutseeritakse plaadi B külgedel, kui plaadile A anda laeng  $q$ ?
- 1.133. Kahe paralleelse metallplaadi A ja B vahemaa on suhteliselt väike. Millised laengud tekivad plaadi B külgedel, kui plaadile A anda laeng  $q_A = 2 \text{ mC}$  ja plaadile B laeng  $q_B = 4 \text{ mC}$ ?
- 1.134. Kahe paralleelse metallplaadi laengud  $q_1 = 600 \text{ CGSE}$  ja  $q_2 = 200 \text{ CGSE}$  (vt. joon. 1.7). Iga plaadi ühe külje pindala  $S = 200 \text{ cm}^2$  ja plaatide vahemaa  $d = 3 \text{ mm}$ .

Leida laengu pindtihedused kummagi plaadi mõlemal küljel. Milline on laengute jaotus siis, kui  $q_2 = q_1$ ?



Joon. 1.7.

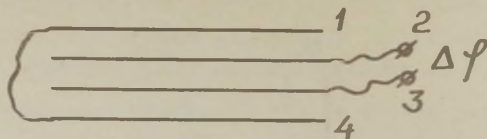
- 1.135. Kahele paralleelsele metallplaadile A ja B on rakendatud pinge  $U$ . Nende vahele paigutatakse paralleelselt kaks õhukest paralleelset metallplaati C ja D nii, et  $AC = CD = DB = d/3$ , kus  $d = AB$  (vt. joon.1.8). Leida väljatugevused ja potentsiaalide vahed naaberplaatide vahel ning laengute jaotus plaatidel C ja D. Kuidas muutub laengute jaotus plaatidel C ja D, kui nad omavahel ühendada juhiga ja siis see eemaldada? Milliseks muutuvad plaatide potentsiaalide vahed?



Joon. 1.8.

- 1.136. Neli suurt paralleelset metallplaati asetsevad teineteise suhtes väikestel kaugustel  $d$ . Äärmised plaadid on omavahel elektriliselt ühendatud, nagu näidatud joonisel 1.9. Sisemistele plaatidele on rakendatud pinge  $U$ . Leida: a) elektrivälja tugevus naaber-

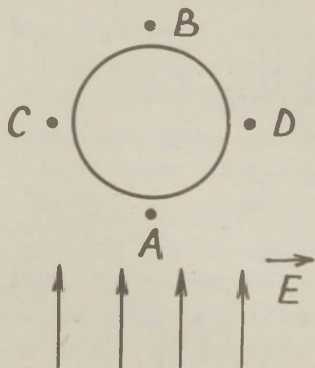
plaatide vahel, b) iga plaadi summaarne laeng pinnaühiku kohta.



Joon. 1.9.

- 1.137. Punktlaseng  $q = 0,15 \mu\text{C}$  asetseb metallist kerakihi keskpunktis. Kihi siseraadius  $R_1 = 20 \text{ cm}$  ja välisraadius  $R_2 = 25 \text{ cm}$ . Leida väljatugevus kaugusel  $r_1 = 10 \text{ cm}$  ja  $r_2 = 50 \text{ cm}$  kerakihi keskpunktist. Kui suur on nende punktide potentsiaalide vahe?
- 1.138. Metallkera, mille raadius on  $R_1$  ning laeng  $q$ , on ümbritsetud teise, seest õõnsa kontsentrilise metallkeraga, mille siseraadius on  $R_2$  ning välisraadius  $R_3$ . Välise kera laeng on null. Joonestada elektrivälja tugevuse graafiline sõltuvus kaugusest  $r$  kera keskpunktini. Määrata kerade potentsiaalid lõpmatuses. Kas nad muutuvad, kui väline kera maandada?
- 1.139. Metallkera raadius on  $10 \text{ cm}$  ja potentsiaal  $300 \text{ V}$ . Kera ümbritseti kontsentrilise metallsfääriga, mille raadius on  $15 \text{ cm}$ , ning ühendati lühiajaliselt sisekeraga. Milline on nüüd sisekera potentsiaal?

1.140.



Homogeensesse elektrivälja  $\vec{E}$  paigutati metallkera (vt. joon. 1.10). Milliseks kujuneb elektrivälja kera pinna lähedastes punktides A, B, C ja D?

Joon. 1.10.

- 1.141. Sfääril, raadiusega  $R$ , on ühtlaselt jaotunud laeng  $q$ . Arvutada laengute olemasolust tingitud lisarõhk sfääri pinnale.
- 1.142. Kerakujulise seebimulli raadius on  $R$  ning ta viibib tasakaaluolekus. Mulli laadimisel laenguga  $Q$  tekib lisarõhk, mis püüab mulli viia uude tasakaaluolekuse raadiusega  $R_1 > R$ . Milline laeng  $q$  tuleks paigutada seebimulli keskpunkti, et see tasakaalustaks lisarõhu mulli raadiuse endisel väärtusel?

### Peegelkujutise meetod

- 1.143. Kuidas muutub punktlaengu elektrivälja tugevus kaugusel  $r$  laengust, kui selle punkti vahetusse lähedusse paigutada suur maandatud metallplaat?
- 1.144. Punktlaeng  $q = 5 \cdot 10^{-9}$  C asetseb kaugusel  $d_1 = 3$  cm suurest maandatud metallplaadist. Leida: a) laengu pindtihedus plaadi selles punktis, mis asetseb punktlaengule kõige lähemal, ja punktis, mille kaugus punktlaengust  $d_2 = 5$  cm; b) metallplaadis indutseeritud kogulaeng.
- 1.145. Punktlaeng  $q$  asetseb kaugusel  $h$  lõpmatult suurest elektrit juhtivast tasapinnast. Määrata indutseeritud laengute pindtiheduse sõltuvus kaugusest, mida arvestatakse läbi punktlaengu tasapinnale tõmmatud rist-sirge lõikepunktist tasapinnaga.
- 1.146. Kaugusel  $h$  suurest maandatud metallplaadist asetseb punktlaeng  $+q$ . Määrata elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb nii punktlaengust kui ka plaadist kaugusel  $h$ .
- 1.147. Väike kuulike laenguga  $+q$  asetseb maandatud metallplaadist väikesel kaugusel  $h$ . Määrata elektrivälja tugevus: a) kuulikese keskpunktist plaadile tõmmatud rist-sirge jälje juures; b) kaugusel  $2h$  plaadist samal rist-sirgel.

- 1.148. Väike kuulike ripub isoleeriva elastse niidi otsas, mille jäikustegur on  $k$ . Kuulikese all on lõpmatult suur horisontaalne metallplaat. Pärast kuulikese laadimist laskus ta  $x$  meetri võrra allapoole, jäädes plaadist kaugusele  $h$ . Määrata kuulikese laeng.
- 1.149. Kaks punktlaengut  $q$  ja  $-q$  asetsevad suure metallplaadi kohal kaugusel  $h/2$  selle pinnast. Punktlaengute vahemaa on  $h$ . Määrata jõud, mis mõjub kummalegi laengule, ja elektrivälja tugevus laenguid ühendava sirglõigu keskpunktis.
- 1.150. Punktlaengute  $q_1 = 3 \cdot 10^{-8}$  C ja  $q_2 = 5 \cdot 10^{-8}$  C vahemaa  $l = 4,6$  cm. Laengute vahele, võrdsele kaugusele kummastki, paigutatakse suur maandatud metallplaat, mille paksus  $d = 0,6$  cm. Laengud  $q_1$  ja  $q_2$  asetsevad plaadiga risti oleval sirgel. Leida plaadile mõjuv jõud.
- 1.151. Punktlaeng asetseb kaugusel  $h$  lõpmatult suurest metallplaadist. Leida töö, mida tuleb teha laengu aeglaseks eemaldamiseks plaadist suurele kaugusele.
- 1.152. Leida jõud, mis mõjub kahe lõpmatult suure ja teineteisega ristuva metalltasandi nurgapoolitajal olevale punktlaengule  $q$ , kui laengu kaugus kummastki tasandist on  $h$ .
- 1.153. Diipol, mille elektriline moment on  $p_e$ , asetseb lõpmatult suure metallplaadi pinnast kaugusel  $h$ , olles sellega risti. Määrata diipolile mõjuv jõud.
- 1.154. Peenike ja pikk ühtlaselt laetud sirgniit asetseb paralleelselt lõpmatult suure juhtiva tasapinnaga kaugusel  $h$  sellest. Niidi laengu joontihedus on  $\tau$ . Leida: a) jõud, mis mõjub niidi ühikulise pikkusega lõigule; b) indutseeritud laengu pindtiheduse  $\sigma(x)$  jaotusfunktsioon, kus  $x$  tähistab vaadeldava punkti kaugust tasapinnani, mis läbib niiti ja on risti elektrit juhtiva tasapinnaga.

- 1.155. Pikk ühtlaselt laetud niit on risti lõpmatult suure elektrit juhtiva tasandiga, kusjuures tasandi poole pööratud ots jääb sellest kaugusele  $h$ . Niidi laengu joontihedus on  $\tau$ , niidi pikenduse lõikepunkt tasandiga olgu  $O$ . Määrata tasandil indutseeritud laengu pindtihedus  $\sigma$ ; a) punktis  $O$ , b) sõltuvalt kaugusest  $r$  punktini  $O$ .
- 1.156. Peenikesest traadist rõngas, mille raadius on  $R$ , asetseb paralleelselt elektrit juhtiva suure tasandiga kaugusel  $h$  sellest. Rõnga laeng on  $q$ . Määrata a) indutseeritud laengu pindtihedus tasandi punktis, mis on sümmeetriline rõngaga; b) elektrivälja tugevus ja potentsiaal rõnga keskpunktis.
- 1.157. Kahe lõpmatult suure ja paralleelse metallplaadi  $A$  ja  $B$  vahemaa on  $d$ . Plaatide vahel, kaugusel  $x$  plaadist  $A$  asetseb punktlaeng  $q$ . Leida kummalgi plaadil indutseeritud laengud.
- 1.158. Plaatkondensaatoris, milles elektrivälja tugevus  $E = 1 \text{ kV/m}$ , eralduvad negatiivse laenguga elektrodilt termoemissiooni teel elektronid. Jättes arvestamata elektrodide negatiivse ruumlaengu mõju, hinnata, kui kaugel katoodist on elektronide kiirus minimaalne?
- 1.159. Punktlaengu  $q$  ja maandatud metallkera keskpunkti vahemaa on  $d$ . Millise jõuga mõjub kera punktlaengule, kui kera raadius on  $R$ ?
- 1.160. Metallkera, mille raadius on  $R$ , on ühendatud peenikesse traadi abil Maaga. Kera keskpunktist kaugusel  $d = 2R$  asetseb punktlaeng  $+q$ . Milline on kera negatiivne laeng  $q'$ ? Maa pinna ning kõik teised kehad võib lugeda asetsevateks lõpmatult kaugel. Ühendustraadi mõju lugeda tühiselt väikeseks.
- 1.161. Määrata laadimata metallkera potentsiaal, kui temast väljaspool, kaugusel  $r$  kera keskpunktist, asetseb punktlaeng  $q$ .

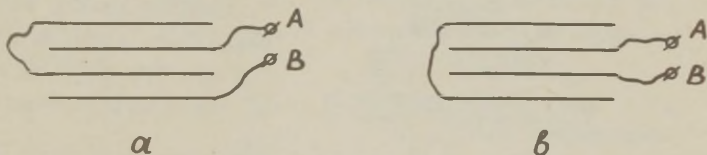
- 1.162. Punktläeng  $q$  asetseb vaakumis kaugusel  $h$  homogeen-  
se ja isotroopse dielektriku tasapinnalisest lahtus-  
piirist, kusjuures kogu ruum ühel pool seda pinda on  
täidetud dielektrikuga. Dielektriku läbitavus on  $\epsilon$ .  
Leida: a) polarisatsioonilaengute pindtihedus kui vaa-  
deldava punkti ja punktläengu  $q$  vahekauguse  $r$  funkt-  
sioon, b) summaarne polarisatsioonilaeng dielektriku  
pinnal.
- 1.163. Lähtudes eelmise ülesande tingimustest ja lahendist,  
leida jõud, millega lahtuspinnal tekkinud polarisat-  
sioonilaeng mõjub punktläengule  $q$ .
- 1.164. Punktläeng  $q$  asetseb homogeenes ja isotroopses di-  
elektrikus kaugusel  $h$  dielektriku ja vaakumi lõp-  
matult suurest tasapinnalisest lahtuspinnast. Leida  
polarisatsioonilaengute pindtihedus lahtuspinnal  
sõltuvalt kaugusest  $r$  punktläenguni.
- 1.165. Kogu ruumi ühel pool lõpmata suurt juhtivat tasandit  
täidab homogeenne ja isotroopne dielektrik, mille suh-  
teline läbitavus on  $\epsilon$ . Selles dielektrikus, kaugusel  
 $h$  juhtivast tasandist, asetseb punktläeng  $q$ . Leida  
dielektriku ja juhtiva tasandi kokkupuutepinnal tekki-  
nud polarisatsioonilaengute pindtihedus sõltuvalt kau-  
gusest  $r$  punktläenguni.

#### Juhtide elektrimahtuvus

- 1.166. Leida kerakujulise irdjuhi mahtuvus, kui teda ümbrit-  
seb tihedalt sfääriline dielektrikukiht, mille välis-  
raadius on  $R_2$  ja läbitavus  $\epsilon$ . Kera raadius on  $R_1$ .
- 1.167. 5-cm raadiusega metallkera on ümbritsetud tihedalt 1 cm  
paksuse dielektrikukihiga ( $\epsilon = 7$ ) ning paigutatud  
7-cm siseraadiusega kontsentrilisse metallsfääri. Kui  
suur on niisuguse kondensaatori mahtuvus?
- 1.168. Leida õliga täidetud sfäärilise kondensaatori mahtu-  
vus, kui katete raadiused  $R_1 = 1$  cm ja  $R_2 = 1,05$  cm.

Öli suhteline läbitavus  $\epsilon = 4,5$ . Kui suure raadiusega irdkaha mahtuvus on sama suur?

- 1.169. Sfääriline kondensaator, mille katete raadiused on 1 cm ja 4 cm, laeti pingeni 3 kV. Määrata selle kondensaatori mahtuvus ning elektrivälja tugevus 3 cm kaugusel kondensaatori keskpunktist.
- 1.170. Juht, mahtuvusega  $C_1$ , on laetud potentsiaalini  $\varphi_1$  ja juht, mahtuvusega  $C_2$ , potentsiaalini  $\varphi_2$ . Juhtide vahemaa on suur. Kui suur on nende juhtide potentsiaal pärast peenikese traadiga ühendamist?
- 1.171. Juhid, mahtuvusega  $C_1 = 2$  pF ja  $C_2 = 3$  pF, asetsevad teineteisest ja teistest kehadest väga kaugel. Kui suur on nendest kehadest moodustunud kondensaatori mahtuvus?
- 1.172. Plaatkondensaatori mahtuvus on 600 pF. Kuidas muutub kondensaatori mahtuvus, kui katete vahele paigutada paralleelselt nendega metallplaat, mille paksus moodustab  $1/4$  katetevahelisest kaugusest? Kas sõltub tulemus plaadi asukohast?
- 1.173. Neli ühesugust metallplaati asetsevad õhus üksteisest võrdsetel kaugustel  $d$ . Iga plaadi pindala on  $S$ . Leida punktide A ja B vaheline mahtuvus, kui plaadid on ühendatud nii, nagu näidatud: a) joonisel 1.11, a; b) joonisel 1.11, b.

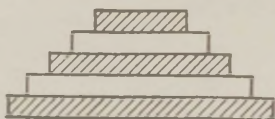


Joon. 1.11.

- 1.174. Plaatkondensaator, mille katte pindala  $S = 200$  cm<sup>2</sup> ja katete vahemaa  $d = 0,5$  cm, paigutatakse risttahukakujulisse metallkarpi nii, et tema katted on paral-

leelsed kahe tahuga. Need tahud on peaaegu sama suured kui kondensaatori katted, kusjuures katete kaugus vastavatest tahkudest  $d_0 = 0,2$  cm. Kas ja kuidas muutub kondensaatori mahtuvus, kui vahetu kontakt karbi ja katete vahel puudub?

- 1.175. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $d$  ning ta on täidetud kahe erineva dielektriku kihiga. Ühe dielektriku suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon_1$  ning selle paksus  $d_1$ . Teise dielektriku kihi vastavad karakteristikud on  $\epsilon_2$  ja  $d_2$ . Kummagi katte pindala on  $S$ . Määrata kondensaatori mahtuvus.
- 1.176. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $d$  ning ta on täidetud dielektrikuga. Määrata kondensaatori mahtuvus  $C$  kahel juhul: a) dielektrik koosneb kahest võrdse paksusega plaadist, millele suhtelised dielektrilised läbitavused on  $\epsilon_1$  ja  $\epsilon_2$ ; plaadid asetsevad paralleelselt kondensaatori katetega; b) pool kondensaatorist on täidetud ühe, ülejäänud osa teise dielektrikuga; dielektrikute lahutusplind on risti katetega. Katete pindala on  $S$ . Ääreefekt servadel jätta arvestamata. Näidata, et esimsel juhul on kondensaatori mahtuvus alati väiksem kui teisel juhul.
- 1.177. Ühepaksused metallist ja parafiiniga läbliimutatud paberist kettad, mille diameetrid on 2, 3, 4, 5 ja 6 cm, on laotud üksteise peale, nagu näidatud joonisel 1.12.



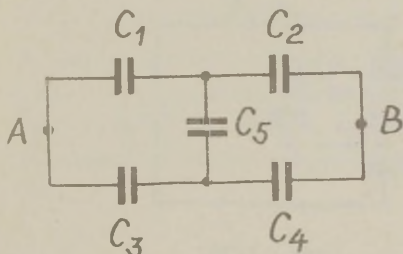
Joon. 1.12.

Viirutatud kettad vastavad metallile. Ketaste paksus on 0,1 mm. Kui suur on niisuguse süsteemi mahtuvus?

- 1.178. Määrata kahest ühesugusest metallkerast koosneva süsteemi mahtuvus, kui kerade raadius on  $a$  ja nende vahetäugus  $b$  ning  $b \gg a$ . Süsteem asetseb dielektrikus, mille läbitavus on  $\epsilon$ .

- 1.179. Määrata metallkerast, mille raadius on  $a$ , ja lõpmatult suurest elektrit juhtivast tasapinnast koosneva süsteemi mahtuvus, kui kera ja tasapinna vahemaa on  $d$  ning  $d \gg a$ .
- 1.180. Kahe pika ja paralleelse sirgjuhtme vahemaa  $b$  on palju suurem kui nende raadius  $a$ . Juhtmed asetsevad õhus. Määrata juhtmete vastastikune mahtuvus nende ühikulise pikkusega lõigu kohta.
- 1.181. Pikk sirge traat asetseb paralleelselt lõpmatult suure metallplaadiga. Traadi raadius on  $a$  ja tema kaugus plaadist  $b$  ning  $b \gg a$ . Leida niisuguse süsteemi mahtuvus traadi ühikulise pikkusega lõigu kohta.
- 1.182. Kondensaatoripatarei koosneb kahest järjestikku ühendatud kondensaatorist, mille mahtuvused on  $C_1 = 300 \text{ pF}$  ja  $C_2 = 500 \text{ pF}$ . Patarei pinget  $U = 12 \text{ kV}$ . Leida pinged mõlemal kondensaatoril ja katete laengud.
- 1.183. Paralleelselt ühega viiest järjestikku ühendatud ühesugusest kondensaatorist lülitati staatiline voltmeeter, mille mahtuvus on kaks korda väiksem kui iga järjestikku ühendatud kondensaatori mahtuvus. Voltmeetri näit on 500 volti. Milline on pinget patarei klemmidel?
- 1.184. Kondensaatorite  $C_1 = 1,0 \text{ } \mu\text{F}$  ja  $C_2 = 2,0 \text{ } \mu\text{F}$  maksimaalsed lubatud pinged on vastavalt  $U_1 = 6,0 \text{ kV}$  ja  $U_2 = 4,0 \text{ kV}$ . Kondensaatorid ühendati järjestikku patareiks. Kui suurt pinget võib rakendada niisugusele patareile?

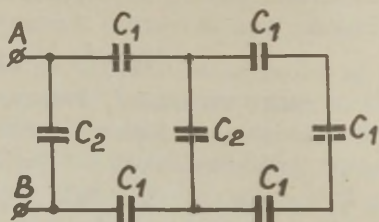
1.185.



Määrata joonisel 1.13 kujutatud kondensaatoripatarei mahtuvus punktide A ja B vahel, kui  $C_1 = C_3 = C$  ja  $C_2 = C_4 = C_5 = 2C$ .

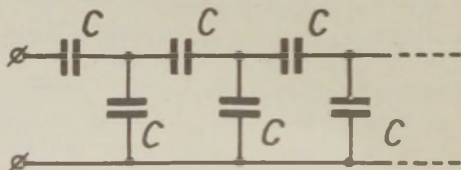
Joon. 1.13.

- 1.186. Leida joonisel 1.14 kujutatud kondensaatoripatarei mahtuvus, kui  $C_1 = 2 \mu F$  ja  $C_2 = 1 \mu F$ .



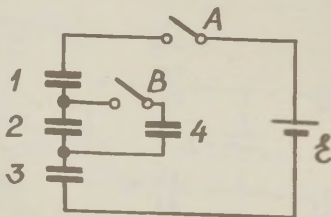
Joon. 1.14.

- 1.187. Leida kahest ühesugusest kondensaatorist koosneva lüli kordamisel saadud lõputu ahela mahtuvus, kui ühe kondensaatori mahtuvus on  $C$  (vt. joon. 1.15).



Joon. 1.15.

- 1.188. Neli ühesugust kondensaatorit on ühendatud nii, nagu näidatud joonisel 1.16. Algul on lüliti B avatud ja lüliti A suletud. Siis avatakse lüliti A ning suletakse lüliti B. Milline on potentsiaalide vahe igal kondensaatoril, kui patarei elektromotoorjõud on  $9 V$ ?



Joon. 1.16.

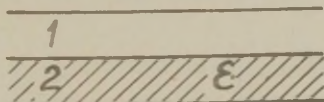
- 1.189. Trioodi elektrootide vahelise mahtuvuse mõõtmiseks toimitakse järgmiselt: lühistatakse võre ning anood ning mõõdetakse katoodi ning teiste elektrootide vaheline mahtuvus  $C_1$ ; nid lühistatakse katood ja anood ning mõõdetakse jälle võre ja teiste elektrootide vaheline mahtuvus  $C_2$ ; lõpuks lühistatakse võre ja katood ning mõõdetakse anoodi ja ülejäanud elektrootide vaheline mahtuvus  $C_3$ . Kuidas mõõdetud  $C_1$ ,  $C_2$  ja  $C_3$  vrtuste järgi arvutada elektrootidevahelised mahtuvused  $C_{af}$ ,  $C_{ag}$  ja  $C_{gf}$  ?

### Elektriväli kondensaatorites

- 1.190. hkdielektrikuga plaatkondensaatori mahtuvus  $C = 10 \text{ pF}$ . Kondensaatori ühele plaadile anti laeng  $q = 2 \text{ nC}$ , teisel laengut ei ole. Kui suur on kondensaatori plaatide potentsiaalide vahe?
- 1.191. Kuidas muutub elektrivälja tugevus plaatkondensaatori katete vahel, kui ühe katte laengut suurendada kaks korda?
- 1.192. Matemaatilisele pendlile, mille mass  $m = 1 \text{ g}$  ja periood  $T_1 = 1 \text{ s}$ , anti laeng  $q = -10^{-8} \text{ C}$ . Pendel paigutati horisontaalse plaatkondensaatori homogeensesse elektrivälja, mille tagajärjel pendli periood vähenes kuni vrtuseni  $T_2 = 0,8 \text{ s}$ . Leida jõud, mida avaldab elektriväli pendlile, elektrivälja suund, potentsiaalide vahe ja laengute pindtihedus kondensaatori katetel. On teada, et kondensaatori katete vahemaa on  $\Delta d = 1 \text{ cm}$  võrra suurem pendli pikkusest.
- 1.193. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $2 \text{ mm}$ , pinge  $1800 \text{ V}$ . Plastidevahelise ruumi täidab klaasplaat ( $\epsilon = 6$ ). Marata klaasi dielektriline vastuvõtlikkus ja klaasil tekkinud polarisatsioonilaengute pindtihedus.

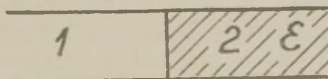
- 1.194. Plaatkondensaatori katetevaheline ruum on täidetud dielektrikuga ( $\epsilon = 6$ ). Katete kaugus teineteisest on 4 mm. Kondensaator on laetud pingeni 1200 V. Määrata väljatugevus dielektrikus, laengu pindtihedus kondensaatori plaatidel, polarisatsioonilaengute pindtihedus ja aine dielektriline vastuvõtlikkus.
- 1.195. Õhkdielektrikuga kondensaator laeti ja paigutati anumasse. Anum täidetakse petrooleumiga, mille suhteline läbitavus  $\epsilon = 2$ . Kuidas muutus seejuures elektrivälja tugevus ja elektrinihe, kui anuma täitmise ajal kondensaator on: a) alalispinge allikast lahutatud, b) alalispinge allikaga ühendatud.
- 1.196. Õhkdielektrikuga plaatkondensaator, mille katete vahemaa  $d = 3$  mm, laeti pingeni  $U = 1000$  V. Hiljem täideti kondensaator dielektrikuga, mille läbitavus  $\epsilon = 7$ . Leida: 1) laengu pindtiheduse muutus kondensaatori plaatidel, 2) polarisatsioonilaengu pindtihedus.
- Lahendada ülesanne kahel juhul: a) täitmine toimub jääval pingel; b) täitmise ajal on kondensaator pinges allikast lahutatud.
- 1.197. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $d$  ning ta on ühendatud konstantsel potentsiaalide vahel  $U$  hoidva vooluallikaga. Katete vahele paigutatakse kogu ruumi täitev dielektrik, mille suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon$ . Kuidas muutub katete laengu pindtihedus?
- 1.198. Plaatkondensaator, mille dielektrikuks on vilgukivi, suhtelise läbitavusega  $\epsilon = 6$ , laeti pingeni  $U_1 = 300$  V. Kui suureks muutub kondensaatori pinge pärast vilgukivi eemaldamist?
- 1.199. Kaks võrdse mahtuvusega õhkkondensaatorit on ühendatud paralleelselt ning laetud pingeni  $U_1 = 210$  V. Leida kondensaatorite patarei pinge, kui ühe kondensaatori katetevaheline ruum täita vilgukiviga, mille suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 6$ .

- 1.200. Plaatkondensaatori dielektrikuks on õhk ( $\epsilon_1 \approx 1$ ) ning elektrivälja tugevus katetevahelises ruumis  $E_0$ . Pool katetevahelisest ruumist täidetakse dielektrikuga, mille suhteline läbitavus on  $\epsilon$  (vt. joon. 1.17). Leida elektrivälja tugevus ja elektrinihe kondensaatori mõlemas pooles 1 ja 2, kui dielektriku sisseviimisel: a) pinge kondensaatori katetel ei muutu, b) laengud kondensaatori katetel ei muutu.



Joon. 1.17.

- 1.201. Horisontaalse plaatkondensaatori katete vahemaa  $d = 5$  mm ja potentsiaalide vahe  $U = 150$  V. Alumisel katetel lebab parafiintahvel, mille paksus  $d_0 = 4$  mm ja suhteline läbitavus  $\epsilon = 2$ . Määrata elektrivälja tugevus parafiinis ja õhus.
- 1.202. Milline on elektrivälja tugevus  $E$  plaatkondensaatori õhuvahemikus, kui potentsiaalide vahe katetel  $U = 200$  V? Katetevaheline kaugus  $d = 0,2$  cm ning sinna on paigutatud katetega paralleelne klaasplaat ( $\epsilon = 7$ ), mille paksus  $d_k = 0,1$  cm.
- 1.203. Lahendada ülesandega 1.200 analoogiline ülesanne, eeldades, et dielektrik täidab katetevahelise ruumi nii, nagu näidatud joonisel 1.18.

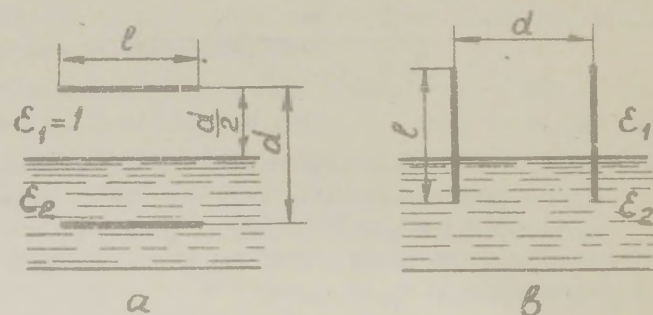


Joon. 1.18.

- 1.204. Pool plaatkondensaatori katetevahelisest ruumist on täidetud vilgukiviga nii, et dielektriku ja vaakumi piirpind on risti kondensaatori katetega. Leida elektrivälja tugevus vilgukivis ja vaakumis, kui kondensaa-

torile rakendatud pinge  $U = 600$  V, katete vahemaa  $d = 0,4$  cm ja vilgukivi suhteline läbitavus  $\epsilon = 6$ .

- 1.205. Ristkülikukujuliste katetega horisontaalne plaatkondensaator on pooleldi täidetud vedela dielektrikuga (joon. 1.19, a). Kondensaator pöörati vertikaalseks (joon. 1.19, b). Milline osa plaatidest tuleb lasta dielektrikusse, et kondensaatori mahtuvus jääks endiseks? Milline on elektrivälja tugevuste suhe dielektrikus ja õhus mõlemal juhul?



Joon.1.19.

- 1.206. Kaabli tsentraalse soone raadius on 1,5 cm, kesta raadius 3,5 cm ja nendele rakendatud pinge 2300 V. Määrata elektrivälja tugevus 2 cm kaugusel kaabli teljest ning kaabli jooksva meetri elektriline mahtuvus, kui dielektriku suhteline läbitavus on 2.
- 1.207. Koaksiaalkaabli soone raadius on  $R_1$  ning katte sise-raadius  $R_2$ . Määrata raadiuse  $R_1$  väärtus, mille puhul antud pinge  $U$  ja dielektriku suhtelise läbitavuse  $\epsilon$  jaoks kaabli vastupidavus läbilöögile on maksimaalne.
- 1.208. Kaabli soone diameeter  $d_1 = 1$  cm ning seatinast väliskatte diameeter  $d_3 = 2,6$  cm. Kaabli dielektriku suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon_2 = 4$ . Määrata, millise pinge puhul kaabli soone ning väliskatte vahel algab 0,2 mm paksusega koaksiaalses õhuvahemikus elektrilahendus. Ulesanne lahendada kahe erineva juhu

jaoks: a) õhuvahemik asetseb soone vahetus läheduses;  
 b) õhuvahemikku piirab ühest küljest väliakate.  
 Õhu läbilöögitugevus  $E_{11} = 30 \text{ kV/cm}$ .

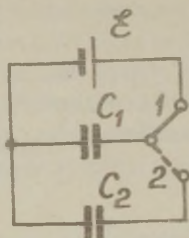
- 1.209. Silindrilises kondensaatoris on kaks dielektrikukihti: lakiga immutatud paber ( $\epsilon_1 = 4$ ;  $r_1 = 2 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 2,3 \text{ cm}$ ) ja klaas ( $\epsilon_2 = 7$ ;  $r_2 = 2,3 \text{ cm}$ ;  $r_3 = 2,5 \text{ cm}$ ). Kumb dielektrikutest saab esimesena läbilöögi, kui pinget kondensaatoril pidevalt tõsta? ( $E_{1\text{max}} = 120 \text{ kV/cm}$ ;  $E_{2\text{max}} = 100 \text{ kV/cm}$ ). Millise pinge juures toimub läbilöök?
- 1.210. Juhi laengut saab määrata elektromeetri abil, mis mõõdab potentsiaalide vahet. Selleks tuleb esmalt mõõta juhi ja maapinna potentsiaalide vahe  $\varphi_1$ . Edasi ühendatakse elektromeetriga tuntud mahtuvusega kondensaator  $C_0$ , mille üks kate on maandatud, ning mõõdetakse uuesti potentsiaalide vahe  $\varphi_2$ . Kuidas niisugustest mõõtmistest määrata laengut? Millest sõltub laengu määramise täpsus?

### Elektrivälja energia

- 1.211. Leida võrdkülgse kolmnurga tippudes asetseva kolme punktilaengu  $q_1 = 10^{-8} \text{ C}$ ,  $q_2 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  ja  $q_3 = -3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  vastasmõju potentsiaalne energia, kui kolmnurga külje pikkus  $a = 10 \text{ cm}$ .
- 1.212. Neli võrdset punktilaengut  $q = +100 \text{ CGSE}$  asetsevad ruudu tippudes, mille külje pikkus  $a = 10 \text{ cm}$ . Määrata laengute süsteemi energia.
- 1.213. Punktilaeng  $q$  asetseb kaugusel  $d$  lõpmatult suurest juhtivast tasandist. Leida selle laengu ja tasandil indutseeritud laengu vastasmõju energia.
- 1.214. Kahe paigaloleva elektroni vahemaa  $d = 1 \text{ cm}$ . Kui suure kiiruse saavutavad elektronid vastastikuse tõukejõu mõjul, kui nende vahemaa on kasvanud lõpmatult suureks?

1.215. Kui suur oleks eelmises ülesandes kirjeldatud elekt-  
ronide kiirus, kui neid oleks kolm, mitte aga kaks?

1.216. Kondensaatorid  $C_1$  ja  $C_2$  on ühendatud vooluvõrku vas-  
tavalts joonisele 1.20. Algul on



lüliti asendis 1 ja kondensaator  
 $C_1$  laadub. Hiljem viiakse lüliti  
asendisse 2. Kuidas muutub see-  
juures kondensaatoripatarei ener-  
gia?

Joon. 1.20.

- 1.217. Belnevalt pingeni  $U = 300$  V laetud kondensaatoriga  
 $C_1 = 1,0 \mu\text{F}$  ühendati paralleelselt kondensaator  
 $C_2 = 2,0 \mu\text{F}$ . Millise suuruse võrra muutub niisuguse  
süsteemi energia? Põhjendada tulemust.
- 1.218. Juht, mahtuvusega  $C_1 = 10$  pF, on laetud potentsiaali-  
ni  $\varphi_1 = 6$  kV, juht mahtuvusega  $C_2 = 20$  pF, aga potent-  
siaalini  $\varphi_2 = 12$  kV. Võrreldes juhtide mõõtmega on  
nende vahakaugus suur. Kui palju eraldub soojust, kui  
juhid omavahel traadiga ühendada?
- 1.219. 150-cm mahtuvusega kondensaator laeti pingeni 1,2 kV  
ning seejärel lahutati pingeallikast. Pärast seda  
ühendati paralleelselt selle kondensaatoriga teine  
laadimata kondensaator, mille mahtuvus on 50 cm. Kui  
palju energiat vabaneb kondensaatorite ühendamisel  
tekkiva sädeme tõttu?
- 1.220. Laetud metallkera A ühendatakse lühiajaliselt peeni-  
kese traadi abil kaugel asetseva metallkeraga B. Nüüd  
on kera B energia 0,4 J. Kera A raadius on 2 cm, ke-  
ra B oma 3 cm. Milline oli kera A esialgne laeng?
- 1.221. Leida tõmbejõudude töö õhkdielektrikuga plaatkonden-  
saatori katete vahemaa vähendamiseks, kui kondensaa-  
tori energia on  $W$ . Vaadelda juhte a)  $q = \text{const}$ ,

b)  $U = \text{const.}$

- 1.222. Õhkdielektrikuga plaatkondensaatori kummagi katte pindala  $S = 625 \text{ cm}^2$  ja katete vahemaa  $d_1 = 12,5 \text{ mm}$ . Kondensaator laeti pingeni  $U = 5000 \text{ V}$  ning seejärel lahutati pingeallikast. Leida töö kondensaatori katete eemaldamiseks teineteisest kaugusele  $d_2 = 25,0 \text{ mm}$ .
- 1.223. Plaatkondensaatori katete laengud on  $+q$  ja  $-q$ . Plaadid pindala on  $S$ . Leida töö katete vahemaa vähendamiseks  $d_0$ -st  $d$ -ni. Millise energia arvel saab seda teha?
- 1.224. Plaatkondensaatori kummagi plaadi pindala  $S = 300 \text{ cm}^2$  ja plaatide vahemaa  $d = 3 \text{ mm}$ . Plaatide vahel, nendega paralleelselt, asetseb sama suur metallplaat, mille paksus  $d_0 = 1 \text{ mm}$ ; ülejäänud osa on täidetud õhuga. Kondensaator laeti pingeni  $U = 600 \text{ V}$  ja lahutati seejärel pingeallikast. Arvutada metallplaadi eemaldamiseks vajalik töö.
- 1.225. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $0,1 \text{ cm}$  ning ühe katte pindala  $200 \text{ cm}^2$ . Katete vahel asetseb tihedalt klaasplaat ( $\epsilon = 5$ ). Kuidas muutub kondensaatori energia klaasplaadi eemaldamisel? Ülesanne lahendada kahel tingimusel: a) kondensaator on pidevalt ühendatud  $300\text{-voldise}$  alalispingeallikaga; b) kondensaator oli algul ühendatud eespool nimetatud pingeallikaga, hiljem aga lahutati sellest ning alles siis eemaldati klaasplaat. Arvutada mehaaniline töö plaadi eemaldamiseks ühel ja teisel juhul.
- 1.226. Kondensaatori plaatide vaheline ruumala  $V = 20 \text{ cm}^3$  on täidetud dielektrikuga ( $\epsilon = 5$ ). Kondensaator on ühendatud pingeallikaga. Dielektriku polarisatsioonilaengu pindtihedus  $\sigma_p = 8,35 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$ . Kui palju tööd tuleb teha, et eemaldada dielektrik kondensaatorist? Lahendada ülesanne kahel juhul: a) dielektriku eemaldamisel on kondensaator lahutatud pingeallikast; b) dielektriku eemaldamisel on kondensaator ühendatud

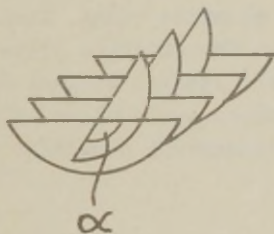
pingeallikaga.

- 1.227. Õhktäidisega vertikaalne plaatkondensaator laeti potentsiaalide vaheni  $U$  ning lahutati pingeaallikast. Katte pindala on  $S$  ning katete vahemaa  $d$ . Alt lähendatakse kondensaatorile anum vedela dielektrikuga, mille suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon$ , ning tõstetakse seni, kuni dielektrik pole täitnud poolt plaatidevahelisest ruumist. Milline on kondensaatori mahtuvus? Milline on elektrivälja tugevus nii õhu kui dielektrikuga täidetud katetevahelises ruumis? Kuidas jaotub laeng kondensaatori katte ulatuses? Määrata kondensaatori energia muutus  $\Delta W$  ning selgitada, milleks see kulutati. Dielektriku nivoo kondensaatoris lugeda horisontaalseks.
- 1.228. Plaatkondensaatori katted on ühendatud alalispinge allikaga. Katete eemaldamiseks teineteisest tuleb teha tööd. Kuidas muutub plaatidevaheline kauguse suurendamisega tarbitav võimsus, oletades, et liikumine on ühtlane? Milleks kulutatakse kondensaatorisse esialgu salvestatud energia?
- 1.229. Leida laetud plaatkondensaatori katetele mõjuvad tõmbejõud, kui katete pindala on  $S$ , katete vahemaa  $h$ , kondensaatorit täitva dielektriku suhteline läbitavus  $\epsilon$  ja kondensaatori laeng  $q$ .
- 1.230. Kondensaator koosneb kahest metallplaadist, millede vahele on asetatud klaasplaat ( $\epsilon = 8$ ). Millist rõhku avaldavad klaasile kondensaatori plaadid enne läbilööki, kui antud klaasi läbilöögitugevus on  $30 \text{ kV/mm}$ ?
- 1.231. Laetud plaatkondensaatori katetevaheline mõjujõud on  $0,05 \text{ N}$ . Kummagi plaadi pindala on  $200 \text{ cm}^2$ . Milline on elektrivälja energia ruumtihedus, kui dielektrikuks on õhk?
- 1.232. Plaatkondensaatori  $100\text{-cm}^2$  plaadid tõmbuvad jõuga  $3 \text{ G}$ . Plaatidevaheline ruum on täidetud vilgukiviga ( $\epsilon = 6$ ).

Määrata laeng plaatidel, väljatugevus ja energia ruumtihedus vilgukivis.

- 1.233. Plaatkondensaatori laeng  $q = 10^{-8}$  C ja katte pindala  $S = 100 \text{ cm}^2$ . Arvutada katete külgetõmbejõud, kui kondensaatori dielektrikuks on õhk.
- 1.234. Õhkdielektrikuga plaatkondensaatori katetevaheline tõmbejõud  $F = 200$  düüni. Leida kondensaatorile rakendatud pinge, kui katete vahemaa  $d = 5 \text{ mm}$  ja katte pindala  $S = 100 \text{ cm}^2$ .
- 1.235. Dielektrikust plaat, mille paksus on  $d_2$ , asetseb plaatkondensaatori katete vahel paralleelselt nendega nii, et mõlemal pool plaati on õhuvahed kogupaksusega  $d_1$ . Leida jõud, millega üks kate mõjub teisele, kui dielektriku suhteline läbitavus on  $\epsilon$  ja katte pindala  $S$ .
- 1.236. Absoluutse elektromeetri koostisosaks on plaatkondensaator, mille alumine kate on liikumatu, kuid ülemine riputatud kaalukaasi asemel kaalu õla külge. Laadimata kondensaatori korral on plaatide vahemaa  $d = 1 \text{ cm}$ . Milline pinge rakendati kondensaatorile, kui plaatide sama vahekauguse säilitamiseks tuli teisele kaalukaasile paigutada koormis  $m = 5,1 \text{ g}$ ? Kondensaatori katte pindala  $S = 50 \text{ cm}^2$ .
- 1.237. Sfäärilise õhkkondensaatori kumagi katte laeng  $q = 2 \cdot 10^{-6}$  C. Katete raadiused  $R_1 = 5 \text{ cm}$  ja  $R_2 = 10 \text{ cm}$ . Määrata elektrivälja energia ning katetele mõjuvad jõud.

1.238.



Joon. 1.21.

Pöördkondensaatori plaadid on poolringikujulised (joon.1.21), mille raadius on  $R$ ; liikuvate ja liikumatute plaatide vahemaa on  $h$ . Kokku on kondensaatoris  $n$  vahemikku. Määrata laetud kondensaatori plaatidele mõjuv pöördemoment.

- 1.239. Lagedes vesiniku aatomis prootoni ja elektroni punktlaenguteks, määrata elektrivälja energia tihedus neid ühendava sirglõigu keskpunktis, kui osakeste vahemaa on  $5 \cdot 10^{-9}$  cm.
- 1.240. 6-cm läbimõõduga metallkera laeng on  $2 \cdot 10^{-8}$  C. Kera asetseb petrooleumis. Määrata elektrivälja energia ruumtihedus punktides, mis paiknevad 2 cm ja 4 cm kaugusel kera keskpunktist.
- 1.241. 2-cm diameetriga sirgjuhet ümbritseb 4-cm diameetriga koaksiaalne metallsilinder. Silindritevaheline ruum on täidetud dielektrikuga, mille  $\epsilon = 6$ . Väline silinder on maandatud, sisemise potentsiaal  $U_0$  suhtes on 600 V. Määrata kumagi juhi laengu joontihedus, pindtihedus ning elektrivälja energia, kui iga silindri pikkus on 1 m.
- 1.242. Laeng  $q$  jaotub ühtlaselt kera, mille raadius on  $R$ . Oletades, et kera aine dielektriline läbitavus  $\epsilon = 1$ , leida: a) kera elektrivälja energia, b) kera ja kera ümbritsevas ruumis sisalduvate energiatega suhe.
- 1.243. Dielektrikust kerakihi siseraadius  $a = 250$  mm, välisraadius  $b = 500$  mm ja suhteline läbitavus  $\epsilon = 3,0$ . Kera kõverustsentrilis asetseb punktilaeng  $q = 3,0 \mu\text{C}$ . Leida kerakihti salvestatud elektrivälja energia.
- 1.244. Lähtudes Bohri mudelist vesiniku aatomi kohta, arvutada elektroni koguennergia põhiolekus, eeldusel, et orbiidi raadius  $r = 5,3 \cdot 10^{-9}$  cm.
- 1.245. Laetud õlipiisake, mille mass on  $5 \cdot 10^{-11}$  g, asetseb horisontaalse kondensaatori plaatide vahel. Laadimata kondensaatoris langeb piisake õhutakistuse tõttu jääva kiirusega. Kui kondensaator laadida pingeni 600 V, väheneb piisakese langemiskiirus poole võrra. Määrata piisakese laeng, kui kondensaatori plaatide vahemaa on 1 cm.

- 1.246. Sfäärilisele vaakumkondensaatorile ( $R_1 = 1$  cm;  $R_2 = 4$  cm) on rakendatud pinge 3 kV. Millise kiiruse saavutab elektron, liikudes kondensaatori elektriväljas 3 cm kauguselt 2 cm kaugusele, arvates sfääri keskpunktist?
- 1.247. Silindrilisele vaakumkondensaatorile ( $R_1 = 1,5$  cm;  $R_2 = 3,5$  cm) on rakendatud pinge  $U = 2,3$  kV. Millise kiiruse saavutab elektron kondensaatori elektriväljas, liikudes jõujoont mööda kauguselt 2,5 cm kauguseni 2 cm, arvates silindri teljest?
- 1.248. Lihtsaines kaheelektroodilises lambis on katoodiks niit, mis on tõmmatud piki teda ümbritseva silindrikujulise anoodi telge. Niidi diameeter  $d_1 = 0,1$  mm, anoodi  $d_2 = 10$  mm. Anoodi ja katoodi potentsiaalide vahe  $U = 91$  V. Niidist väljuvate elektronide algkiirused on väga väikesed. Leida elektronide kiirendus ja kiirus katoodi teljest kaugusel  $r = 3,5$  mm. Kui suur on elektronide maksimaalne energia?

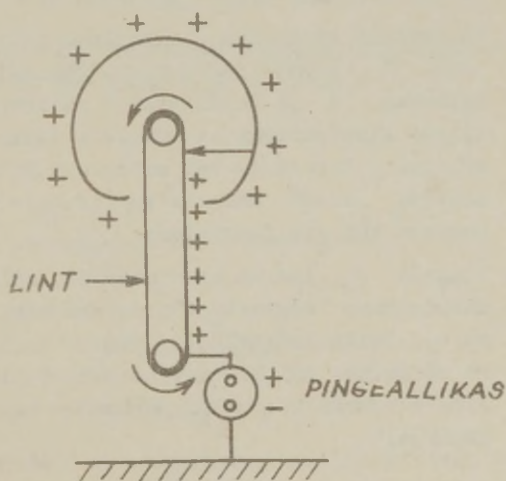
## 2. ALALISVOOLU SEADUSED

### 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 pingega  $U = 600$  kV, on ringikujuline ristlõige 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  $d = 1$  mm. Kondensaator on ühendatud alalispinge allikaga, mille elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 100$  V. Leida ühendusjuhtmeis 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 ühen-

duesjuhtmetes kulgeva voolu tugevus.

- 2.7. Lühistatud katetega plaatkondensaatoris liigub ühe katete 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  $R = 1,0\text{cm}$ , liigub ühtlaselt kiirusega  $v = 10\text{ m/s}$  oma telje sihis. Elektrivälja tugevus silindri pinnal  $E = 0,9\text{ kV/cm}$ . 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  $R = 1,5\text{ m}$ . Dielektrikust lindi laius  $d = 100\text{ cm}$  ja tema liikumiskiirus  $v = 20\text{ m/s}$ . Generaator asetseb õhus, mille läbilöök tekib väljatugevusel  $E_m = 30\text{ kV/cm}$ .

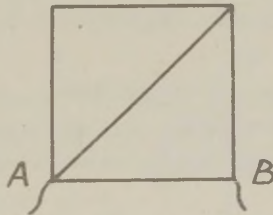


Joon. 2.1.

- 2.10. Elektronlambis kulgeb vool metallsilindrilt 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.
- 2.12. Kui suur laeng läbib takistit, 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 suurendamise 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 dielektriku 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)  $\eta$  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?

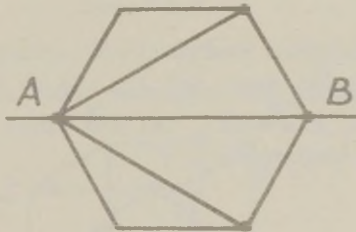
### Juhtide takistus

- 2.17. Kera 2-mm läbimõõduga vasktraati kaalub 28 kG. Määra ta 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  $10 \Omega$  ja ruudu külje pikkus 10 cm.



Joon. 2.2

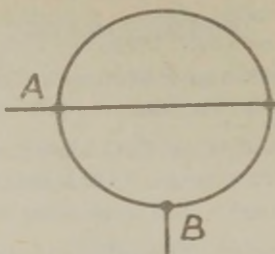
- 2.20. Leida joonisel 2.3 kujutatud juhtmestiku takistus  $R_{AB}$ , arvestades, et iga sirglõigu takistus on  $r$ .



Joon. 2.3.

- 2.21. Arvutada joonisel 2.4 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui 10 cm pikkuse traadi-

tüki takistus on  $1 \Omega$  ja ringi raadius 10 cm.



Joon. 2.4.

2.22. Ühtlasest 50 cm pikkusest ja 10-oomise takistusega traadist valmistati rõngas. Kuidas tuleb rõngaga ühendada vooluallika juhtmed, et rõnga takistus oleks  $1 \Omega$ ? Arvutada vastavate rõngalõikude takistused ning pikkused.

2.23. Leida joonisel 2.5 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui mis tahes naabersõlme ühendava traadi takistus  $r = 1 \Omega$ .



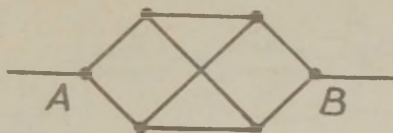
Joon. 2.5.

2.24. Leida joonisel 2.6 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui mis tahes naabersõlme ühendava traadi takistus  $r = 1$ .



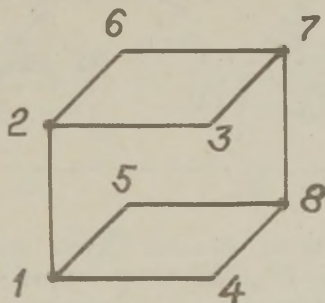
Joon. 2.6.

- 2.25. Leida joonisel 2.7 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui mis tahes naabersõlmi ühendava traadi takistus  $r = 1\Omega$ .



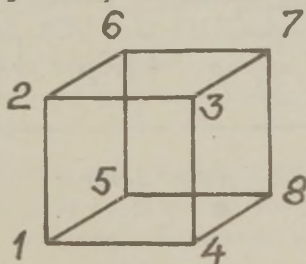
Joon. 2.7.

- 2.26. Traatkarkass (joon. 2.8) koosneb kahest horisontaalsest ruudust, mis on omavahel ühendatud kahe vertikaalse traadiga, mille pikkused on võrdsed ruudu küljega. Määrata karkassi takistus punktide 2 - 8, 2 - 7 ja 4 - 6 vahel. Ruudu külje takistus on  $1\Omega$ .



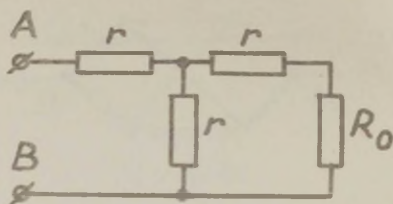
Joon. 2.8.

- 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).



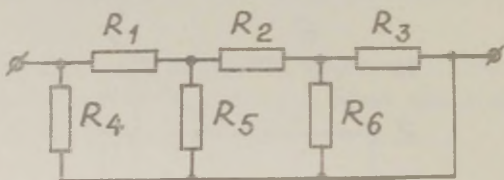
Joon. 2.9.

- 2.28. Kui suur peab olema takistus  $r$  joonisel 2.10 kujutatud skeemis, et klemmide A ja B vaheline sisendtakistus oleks  $R_0$  ?



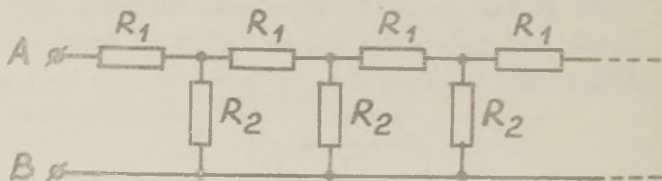
Joon. 2.10.

- 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.



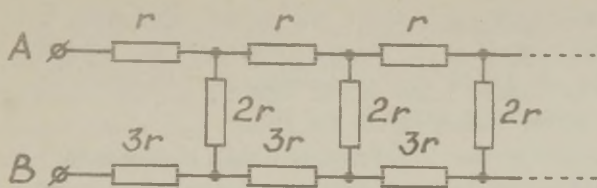
Joon. 2.11.

- 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.



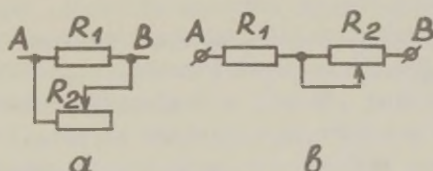
Joon. 2.12.

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  $R_2$  järjestikusel ja paralleelsel ühendusel (joon. 2.14).



Joon. 2.14.

2.33. Alumiiniumiga kaetud raudtraadi välisdiameeter on 6 mm, raudsüdameku diameeter 5 mm ja traadi pikkus 1 km. Määrata sellise traadi takistus.

2.34. Suhteliselt halval elektrijuhil on silindrilise toru kuju. Toru pikkus on  $l$ , raadiused  $r_1$  ja  $r_2$ , materjali eritakistus  $\rho$ . Toru silindrilised pinnad on kaetud õhukese ideaalse elektrijuhiga ning ühendatud vooluallikaga. Määrata toru takistus niisuguse ühenduse korral.

2.35. Sfäärilise kondensaatori katete raadiused on  $r_1$  ja  $r_2$ , katetevaheline ruum on täidetud ainega, mille eritakistus on  $\rho$ . Arvutada katetevahelise kerakihi takistus.

- 2.36. Sfäärilise kondensaatori katetevaheline ruum on täidetud dielektrikuga, mille suhteline läbitavus  $\epsilon = 7$  ja eritakistus  $\rho = 10^{11} \Omega \cdot \text{m}$ . Kondensaatori mahtvus  $C = 3000 \text{ pF}$ . Leida kondensaatorit läbiv lekkevool, kui talle rakendada pinge  $U = 2 \text{ kV}$ .
- 2.37. Lõpmatult suures keskkonnas, mille eritakistus  $\rho = 10^2 \Omega \cdot \text{m}$ , asetseb metallkera diameetriga  $D = 0,1 \text{ m}$ . 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  $100 \text{ CGSE}_r$ . Juhi laengu neutraliseerumise käigus vähendatakse kera raadiust nii, et tema potentsiaal jääb konstantseks. Millise kiirusega peab muutma kera raadiust?
- 2.39. Ristkülikukujulise ristlõikega vasest poolrõnga sise-raadius  $r_1 = 10 \text{ cm}$  ja välisraadius  $r_2 = 20 \text{ cm}$ . Ristlõikepindala  $S = 5 \text{ cm}^2$ , potentsiaalide vahe rõnga otsel  $U = 5 \text{ mV}$ . Määrata poolrõnga takistus, voolutugevus rõngas ning voolutihedus punktis, mis asetseb rõnga teljest  $x = 15 \text{ cm}$  kaugusel. Ekvipotentsiaalpinnad lugega 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  $\rho$ . Eeldades, et  $a \ll h$ , leida: a) voolutihedus juhtiva tasapinna juures kui vaadeldava punkti ja kerakese vahemaa  $r$  funktsioon; kera ja tasapinna potentsiaalide vahe on  $U$ ; b) juhtiva tasapinna ja kerakese vahelise keskkonna takistus.
- 2.41. Kaks ühesugust metallkera asetsevad homogeeneses, elektrit nõrgalt juhtivas keskkonnas, mille eritakistus on  $\rho$ . 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  $\rho$ . 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  $C = 4,0 \text{ nF}$ . Määrata kondensaatorit läbiv lekkevool, kui talle rakendada pinge  $U = 2,0 \text{ kV}$ .
- 2.44. Plaatkondensaatori katetevahelist ruumi täidab mittehomogeenne, elektrit halvasti juhtiv aine, mille erijuhtivus muutub piki katete ristsirget lineaarselt, väärtusest  $\sigma_1 = 1,0 \text{ pS/m}$  kuni väärtuseni  $\sigma_2 = 2,0 \text{ pS/m}$ . Kummagi katte pindala  $S = 230 \text{ cm}^2$ , katete vahekaugus  $d = 2,0 \text{ mm}$ . Leida kondensaatorit läbiva voolu tugevus, kui talle rakendada pinge  $U = 300 \text{ V}$ .
- 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 murdumisseadus kahe juhtiva keskkonna lahutuspinnal avaldub alalisvoolu korral valemiga  $\text{tg} \alpha_2 / \text{tg} \alpha_1 = \sigma_2 / \sigma_1$ , kus  $\sigma_2$  ja  $\sigma_1$  on keskkondade erijuhtivused ja  $\alpha_2$  ning  $\alpha_1$  nurgad lahutuspindade normaali ja voolutiheduse joonte vahel vastavates keskkondades.
- 2.47. Raudtraadile, pikkusega  $l = 5 \text{ m}$ , on rakendatud pinge  $U = 4,2 \text{ V}$ . Määrata voolutihedus traadis temperatuuril

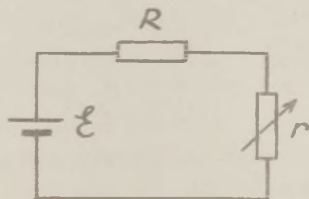
$$t = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

- 2.48. Milline on volframhõõgniidi temperatuur võimenduslam-  
bis, kui külmas olekus ( $\sim 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) on niidi takistus  
 $0,53 \text{ } \Omega$  ja hõõgumisel  $6,22 \text{ } \Omega$ ?
- 2.49. 3-oomise takistusega alumiiniumtraat ja 2-oomise ta-  
kistusega raudtraat on ühendatud järjestikku. Kuidas  
sõltub niisuguse ahela takistus temperatuurist?
- 2.50. Sõepulk on ühendatud järjestikku sama jämeda raudpul-  
gaga. 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 lülita-  
da ükskõik millisest otsast koridori sisenedes või sel-  
lest väljudes?
- 2.52. Vooluahel koosneb kolmest järjestikku ühendatud juht-  
mest, mis on valmistatud samast ainest ning on ühepik-  
kused, 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.
- 2.53.  $17,5$ -oomise takistusega tarbija asub  $50 \text{ m}$  kaugusel  
generaatorist, mille klemmpinge on  $110 \text{ V}$ . Pinge tar-  
bija klemmidel on  $100 \text{ V}$ . Määrata tarbijat generaatori-  
ga ühendavate vaskjuhtmete ristlõikepindala .

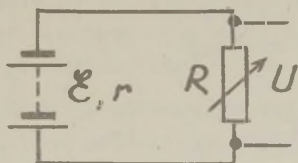
- 2.54. Vooluring on kujutatud joonisel 2.15. Joonestada graa-  
fik, mis näitab voolutugevuse



sõltuvust takistusest  $r$ . Mää-  
rata selle graafiku tõus, kui  
 $r = 0$ . Vooluallika sisetakis-  
tus lugeda tühiselt väikeseks.

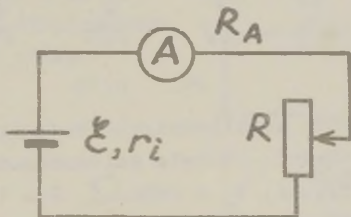
Joon. 2.15.

- 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 pinge ning takistuse  $R$  vahel. Määrata kõvera tõus, kui  $R = 0$ .



Joon. 2.16.

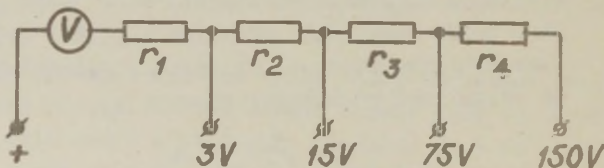
- 2.56. Muutuva suurusega takistuse  $R$  mõõtmiseks koostati joonisel 2.17 kujutatud vooluring. Vooluallika elektromotoorjõud on  $\mathcal{E}$ , sisetakistus  $r_1$ ; ampermeetri takistus on  $R_a$ . Hinnata takistuse  $R$  mõõtmise täpsust ning leida seos voolu mõõtmise täpsuse  $\Delta i$  ja takistuse mõõtmise täpsuse  $\Delta R$  vahel, kui skaala jaotised on võrdelised voolutugevusega  $i$ .



Joon. 2.17.

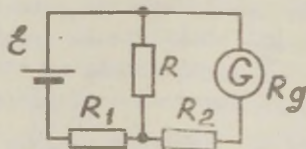
- 2.57. Milline šunt tuleb ühendada paralleelselt osutigalvanomeetriga, kui selle skaala jaotiste arv on 100, jaotise hind  $10^{-6}$  A, sisetakistus  $150 \Omega$  ning riista on vaja kuni 1 mA tugevuse voolu mõõtmiseks?
- 2.58. Milliampermeetri takistus  $R = 9,9 \Omega$  ja mõõtepiirkond  $I_{\max} = 10$  mA. Mida tuleb teha, et selle riista abil mõõta: a) voolusid kuni 1 A, b) pingeid kuni 1 V?

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



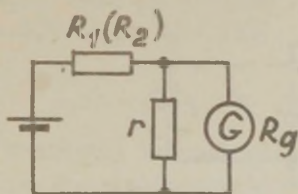
Joon. 2.18.

- 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 hällbis  $N = 30$  jaotiseni. Voolualilika elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 2,6$  V.



Joon. 2.19.

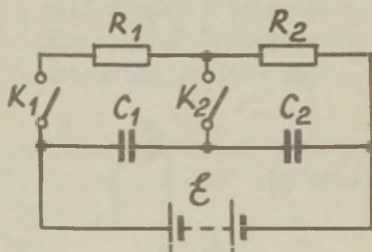
2.64. Galvanomeetri takistuse mõõtmiseks võib kasutada šunteeerimise meetodit. Selleks ühendatakse galvanomeeter vooluelemendi vooluringi järjestikku takistussalvega (joon. 2.20). Takistussalvest valiti  $R_1 = 400\Omega$  ja registreeriti galvanomeetri näit. Seejärel šunteeeriti galvanomeeter takistusega



Joon. 2.20.

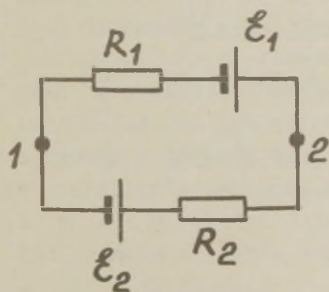
$r = 12\Omega$ , ja muutes takistussalve takistust, saavutati esialgne näit. Selgub, et selleks vajalik takistus  $R_2 = 150\Omega$ . Arvutada nendest andmetest galvanomeetri takistus.

2.65. Määrata potentsiaalide vahe kondensaatorite  $C_1$  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  $K_2$  avatud; c) lüliti  $K_1$  on avatud, lüliti  $K_2$  suletud.  $C_1 = 2 C_2$ ,  $R_1 = 3 R_2$ ,  $\mathcal{E} = 60$  V. Vooluallika sisetakistus on tühiselt väike.



Joon. 2.21.

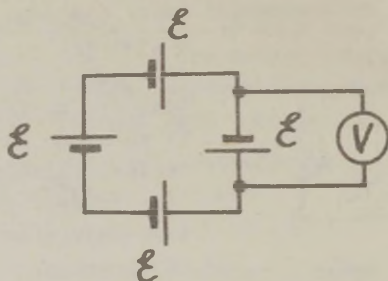
2.66.



Joon. 2.22.

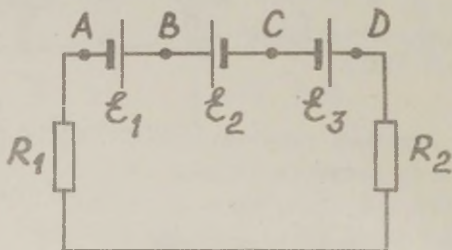
Leida punktide 1 ja 2 potentsiaalide vahe joonisel 2.22 näidatud vooluringis, kui  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$ ,  $\mathcal{E}_1 = 5$  V ja  $\mathcal{E}_2 = 2$  V. Vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed.

- 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 näitab suure takistusega voltmeeter?



Joon. 2.23.

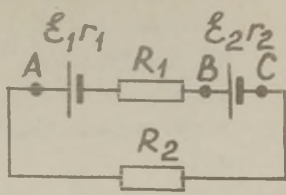
- 2.68. Millised on joonisel 2.24 kujutatud vooluringi punktide A ja B ning B ja C potentsiaalide vahed, kui  $\mathcal{E}_1 = 75 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 30 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 15 \text{ V}$ ,  $R_1 = 12 \Omega$  ja  $R_2 = 9 \Omega$ ? Iga vooluallika sisetakistus  $r = 1 \Omega$ .



Joon. 2.24.

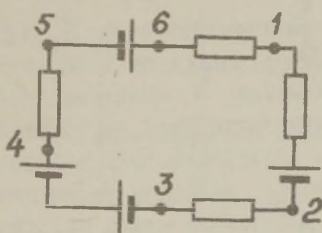
- 2.69. Akut, mille elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$  ja sisetakistus  $r = 1 \Omega$ , laetakse vooluga  $i = 3 \text{ A}$ . Leida pingeline aku klemmidel.

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  $R_2 = 5 \Omega$ .



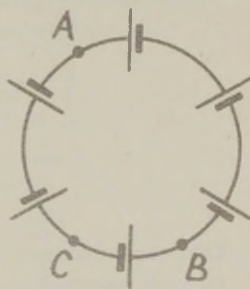
Joon. 2.25.

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).



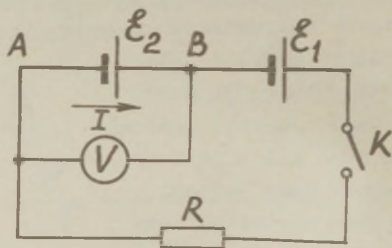
Joon. 2.26.

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.

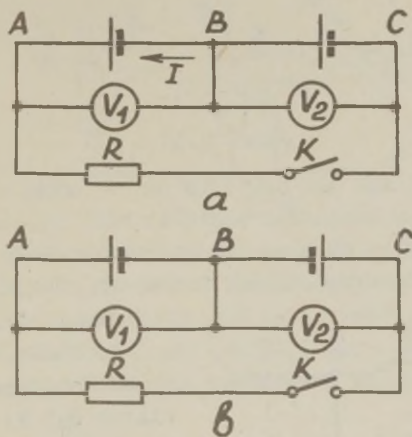
- 2.73. Tarbija toitmiseks kasutatakse kahest järjestikusest elemendist ( $\mathcal{E}_1, r_1$  ja  $\mathcal{E}_2, r_2$ ) koosnevat patareid. Tarbija takistus on  $R$ . Leida tingimus, mil sellisest patareist saadud vool on väiksem kui vool, mille saaks tarbija, kui kasutada ainult ühte elementidest ( $\mathcal{E}_1, r_1$ ).
- 2.74. Kaks ühesuguse elektromotoorjõuga, kuid erinevate sisetakistustega  $r_1$  ja  $r_2$  vooluallikat on ühendatud järjestikku. Eeldades, et  $r_2 > r_1$ , 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 hälbis voltmeetri osuti paremale. Leida, millises vahekorras peavad olema  $\mathcal{E}_1$  ja  $\mathcal{E}_2$ , et voltmeetri osuti hälbiks suletud lüliti korral: a) paremale, b) vasakule, c) jääks nullasendisse.



Joon. 2.28.

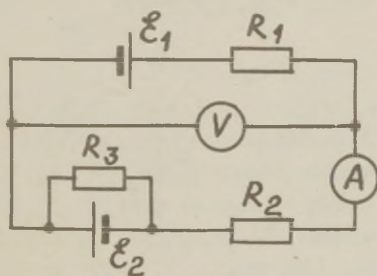
- 2.76. Kaks vooluallikat ja kaks suure takistusega voltmeeterit on ühendatud takistiga  $R$  vastavalt joonisele 2.29, a. Avatud lüliti  $K$  korral on voltmeetrite  $V_1$  ja  $V_2$  näidud vastavalt  $U_1 = 1,8$  V ja  $U_2 = 1,4$  V; osutid on hälbinud paremale. Suletud lüliti korral on

voltmeetrите näidud  $U_1' = 1,4 \text{ V}$  ja  $U_2' = 0,6 \text{ V}$ ; hälbed on jälle nullist paremale. Mida näitavad voltmeetrid, kui vooluallikad ühendada nendega vastavalt joonisele 2.29,b ja lülitit  $K$  on suletud.



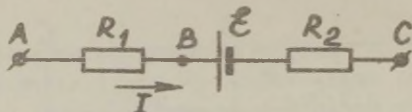
Joon. 2.29.

2.77. Mida näitab suure takistusega voltmeeter joonisel 2.30 esitatud vooluringis, kui ampermeetri näit  $I = 75 \text{ mA}$ ,  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 20 \Omega$  ja ampermeetri ning vooluallikate takistused on tühiselt väikesed?



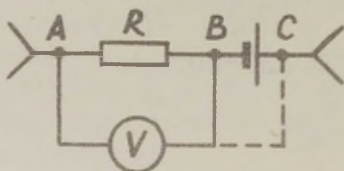
Joon. 2.30.

- 2.78. Joonisel 2.31 kujutatud vooluringi lõigu takistused  $R_1 = 3,7\Omega$ ,  $R_2 = 5,6\Omega$  ja tühiselt väikese sisetakistusega vooluallika elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 5$  V. Voolutugevus vaadeldavas lõigus  $I = 1$  A. Määrata potentsiaalide vahe punktide A ja B, B ja C ning A ja C vahel.



Joon. 2.31.

- 2.79. Vooluringi ühe osa takistus on  $R$  ning sellega on järjestikku ühendatud vooluallikas, mille  $\mathcal{E} = 2,2$  V (joon. 2.32). Vooluallika sisetakistus on tühiselt väike. Voltmeeter, mille  $O$  asetseb skaala keskel, on

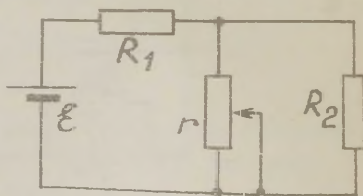


Joon. 2.32.

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?

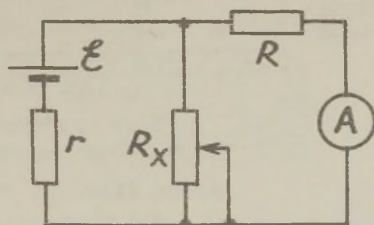
### Kirchhoffi reeglid

- 2.80. Vooluringi 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  $r = 0$ .



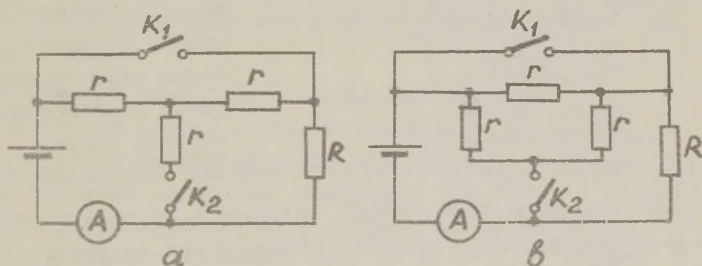
Joon. 2.33.

- 2.81. Milline peab olema joonisel 2.34 kujutatud vooluringi takistuste  $r$ ,  $R_x$  ja  $R$  omavaheline suhe, et ampermeetri näit muutuks vähe  $R_x$  muutmisel suurtes piirides? Vooluallika sisetakistus jätta arvestamata.



Joon. 2.34.

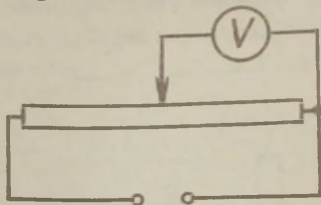
- 2.82. Valige joonisel 2.35 kujutatud vooluringides selline takistus  $R$ , et avatud lüliti  $K_1$  ja suletud lüliti  $K_2$  korral ampermeeter näitaks samasugust voolu kui suletud lüliti  $K_2$  ja avatud lüliti  $K_1$  korral. Ampermeetri ja vooluallika takistused on tühiselt väikesed.



Joon. 2.35.

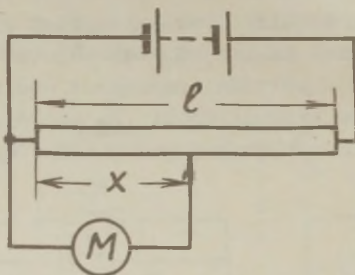
- 2.83. Patareiga, mille elektromotoorjõud on  $\mathcal{E}$  ja sisetakistus  $r$ , ühendati kaks paralleelset reostaati takistusega  $R_1$  ja  $R_2$ . Leida patareid ja reostaati  $R_1$  läbiv vool  $I_1$ . Kuidas muutub vool  $I_1$ , kui reostaat  $R_2$  välja lülitada? (Vaadelda erijuhtu, kui  $r \ll R_1$ .)
- 2.84. Potentsiomeetrile, kogutakistusega  $2000 \Omega$ , on rakendatud pinge  $100 \text{ V}$  (joon. 2.36). Potentsiomeetri ühe

otsa ja liugkontakti vahele on lülitatud voltmeeter, mille takistus on  $500\ \Omega$ . Millist pinget näitab voltmeeter, kui liugkontakt on potentsiomeetri keskpunktis?



Joon. 2.36.

2.85. Joonisel 2.37 kujutatud potentsiomeetri pikkus  $l=50\text{cm}$ , takistus  $R_0 = 500\ \Omega$  ning tema otstele rakendatud pinge

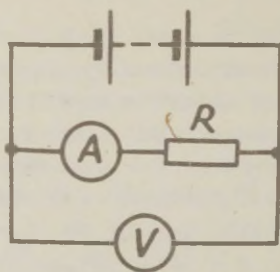


Joon. 2.37.

$U_0 = 200\ \text{V}$ . Voolu tarbiva riista M takistus R 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 klemmipinge U sõltavus liugkontakti kaugusest x potentsiomeetri otsani. Tulemus esitada

analüütiliselt ja viie graafikuna ühel ja samal pinnal.

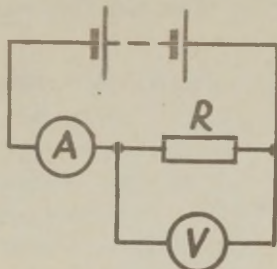
2.86. Takistust R mõõdetakse voltmeetri ja ampermeetri abil joonisel 2.38 näidatud skeemi järgi. Ampermeetri takistus on  $0,03\ \Omega$ . Määrata R,



Joon. 2.38.

kui ampermeetri lugem on  $0,32\ \text{A}$  ja voltmeetri lugem  $9,6\ \text{V}$ . Milline on tulemuse suhteline viga, kui jätta ampermeetri takistus arvestamata? Lahendada analoogiline ülesanne, kui samade mõõteriistade lugemid on vastavalt  $7\ \text{A}$  ja  $2,1\ \text{V}$ .

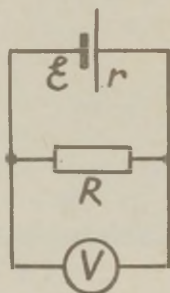
- 2.87. Takistust  $R$  mõõdetakse voltmeetri ja ampermeetri abil joonisel 2.39 näidatud skeemi järgi. Voltmeetri takistus on  $1000\ \Omega$ . Määrata  $R$ , kui ampermeetri lugem on  $2,4\ \text{A}$  ja voltmeetri lugem  $7,2\ \text{V}$ . Milline on tulemuse suhteline viga, kui jätta arvestamata voltmeediat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



Joon. 2.39.

- 2.88. Galvaanielelementide patarei sisetakistus on  $5\ \Omega$ . Patarei klemmpinget 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?

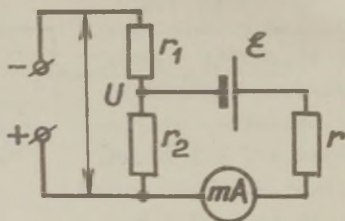
- 2.89. Vooluringi moodustab pingevallikas ning takistus  $R$  (joon. 2.40). Pingevallika klemmidega ühendatud voltmeeter näitas  $50\ \text{V}$ ; teine voltmeeter ühendatult samade klemmidega näitab  $51\ \text{V}$ , kuna elektrostaatilise voltmeetri näit on  $52\ \text{V}$ . Avatud vooluringi korral on elektrostaatilise voltmeetri näit  $65\ \text{V}$ . Määrata vooluringi välistakistus, vooluallika sisetakistus ning teise voltmeetri takistus, kui esimese takistus on  $6500\ \Omega$ .



Joon. 2.40

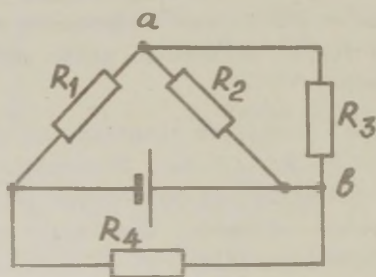
- 2.90. Tundmatu pinget  $U$  võrdlemiseks normaalelemendi elektromotoorjõuga  $\mathcal{E} = 1,0183\ \text{V}$  kasutatakse joonisel 2.41 näidatud skeemi. Leida pinget  $U$ , kui  $r_1 + r_2 = 1000\ \Omega$ ,

$r = 500 \Omega$  (selle hulka on arvatud ka milliampermeetri ja elemendi sisetakistused) ja vool läbi normaal-  
elemendi puudub siis, kui  $r_2 = 20 \Omega$ .



Joon. 2.41.

2.91. Joonisel 2.42 kujutatud skeemis on teada takistuste  $R_1$ ,  $R_2$  ja  $R_3$  väärtused, vooluallikat läbiva voolu tugevus  $i$  ja punktide  $a$  ja  $b$  vaheline pinge  $U$ . Leida takistus  $R_4$ .



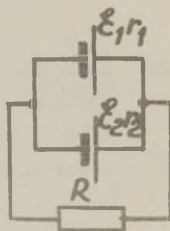
Joon. 2.42.

2.92. Akupatareid, mis koosneb  $n = 120$  elemendist mahutavusega  $q = 360 \text{ A}\cdot\text{t}$ , laetakse  $t = 8$  tunni jooksul. Akude laadimiseks ühendatakse nad nelja paralleelsesesse 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 võib lugeda konstantseks ja võrdseks  $r = 0,1 \Omega$ . Milline reostaat tuleb lülitada vooluringi, et garanteerida akude laadimist nendes tingimustes?

2.93. Kasutada on neli ühesugust vooluelementi, mille elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 2 \text{ V}$  ja sisetakistus  $r = 0,2 \Omega$ . Välistakistus  $R = 0,2 \Omega$ . Millise ühenduse korral on voolutugevus välisahelas maksimaalne? Kui suur on see voolutugevus?

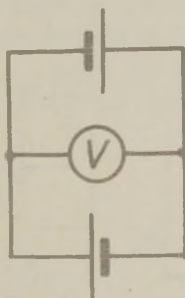
2.94.  $N$  ühesugust vooluelementi, igaüks elektromotoorjõuga  $\mathcal{E}$  ja sisetakistusega  $r$ , on jaotatud  $n$  gruppi, igas grupis  $n$  elementi. Gruppides on elemendid ühendatud paralleelselt, grupid omavahel aga järjestikku. Kuidas peavad olema grupeeritud elemendid, et voolutugevus läbi konstantse väärtusega välistakistuse  $R$  oleks maksimaalne? Kui suur on see voolutugevus?

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?



Joon.2.43.

2.96.

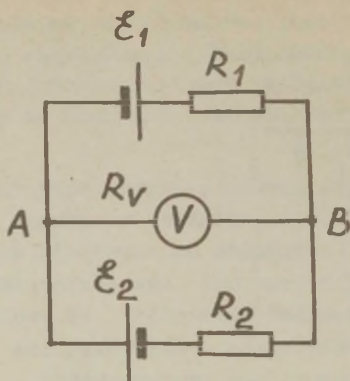


Joon. 2.44.

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?

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

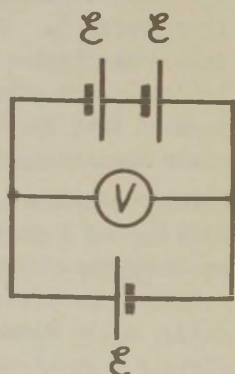
2.98.



Joon. 2.45.

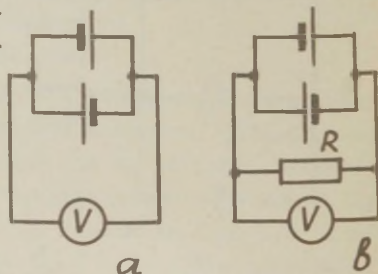
Mida näitab voltmeeter joonisel 2.45 kujutatud vooluringis, kui  $\mathcal{E}_1 = 1,50 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 1,60 \text{ V}$ ,  $R_1 = 1,00 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 2,00 \text{ k}\Omega$ ,  $R_V = 2,00 \text{ k}\Omega$  ning vooluallikate sisetakistused on tühiselt väikesed?

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



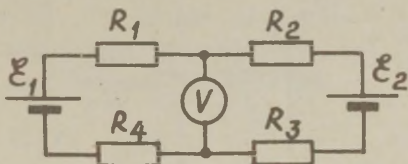
Joon. 2.46.

2.100. Mida näitab väga suure takistusega voltmeeter, kui kaks vooluallikat, kumbki elektromotoorjõuga  $\mathcal{E} = 1,5 \text{ V}$  ja sisetakistusega  $r = 0,5 \Omega$ , 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?



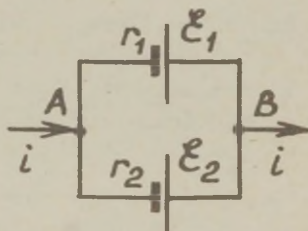
Joon. 2.47.

- 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?



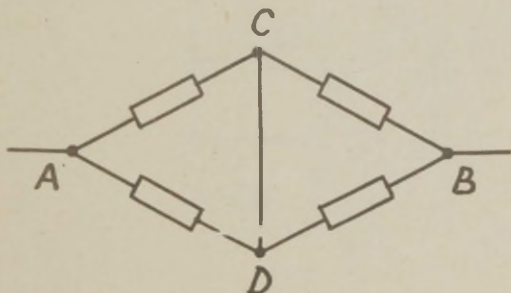
Joon. 2.48.

- 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  $r_2 = 4 \Omega$ . Voolu tugevus  $i = 3 \text{ A}$ . Arvutada vooluallikaid läbivad voolud.



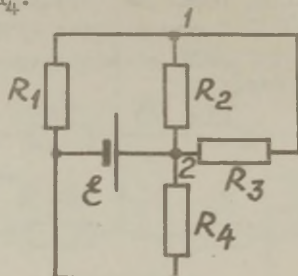
Joon. 2.49.

- 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 lõigus CD ( $R_{CD} = 0$ ).



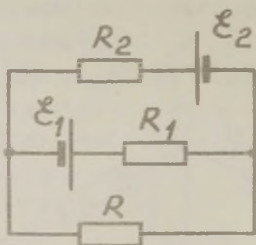
Joon. 2.50.

- 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  $R_4$ .



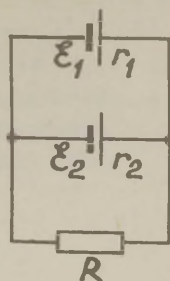
Joon. 2.51.

- 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  $10 \Omega$ . Määrata pinget 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.



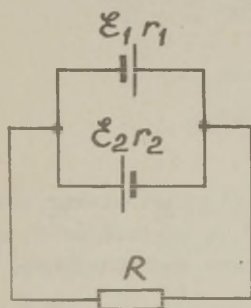
Joon. 2.52.

- 2.107. Ekslikult ühendati vooluringi paralleelselt kaks galvaanielementi, millele 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). Elemendid on ühendatud välistakistiga  $R = 10 \Omega$ . Kui suured on voolutugevused läbi kummagi elemendi ning milline on pingelang takistil  $R$ ?



Joon. 2.53.

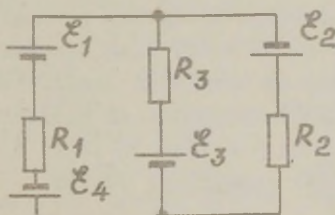
2.108.



Joon. 2.54.

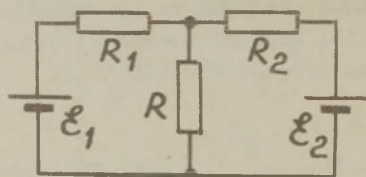
Kaks vooluallikat, mille elektromotoorjõud  $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ V}$  ja  $\mathcal{E}_2 = 8 \text{ V}$  ning sisetakistused  $r_1 = 1 \Omega$  ja  $r_2 = 2 \Omega$ , on ühendatud takistiga  $R = 6 \Omega$  vastavalt joonisel 2.54 näidatud skeemile. Leida voolutugevused kõikides harudes.

- 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 välistakistused  $R_1 = 9,5 \Omega$ ,  $R_2 = 19,6 \Omega$  ja  $R_3 = 4,9 \Omega$ . Leida voolutugevused läbi kõikide vooluallikate.



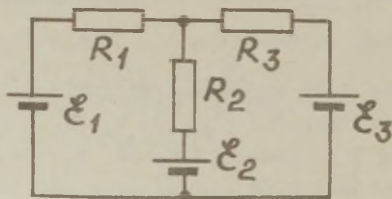
Joon. 2.55.

- 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 vooluallikat 2?



Joon. 2.56.

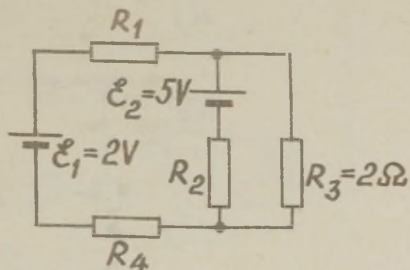
- 2.111. Joonisel 2.57 kujutatud vooluringi elektromotoorjõud  $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 4 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 6 \text{ V}$  ja takistused  $R_1 = 4 \Omega$ ,  $R_2 = 6 \Omega$ ,  $R_3 = 8 \Omega$ . Määrata voolutugevused kõikides harudes.



Joon. 2.57.

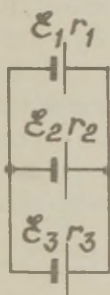
- 2.112. Kaks järjestikku ühendatud patareid elektromotoorjõududega 10 ja 15 volti ning sisetakistusega vastavalt 1 ja 2 oomi on ühendatud järjestikku 10-oomise takistiga. Takisti keskpunkt on ühendatud patareide ühise klemmiga läbi 5-oomise takisti. Arvutada voolutugevused kõikides vooluringi osades.

- 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  $R_4$ ?



Joon. 2.58.

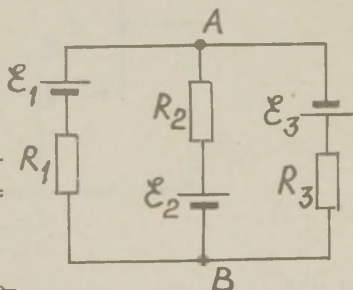
- 2.114.



Joon. 2.59.

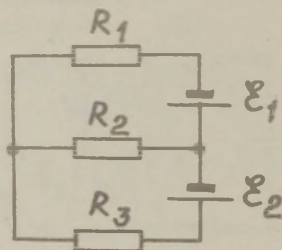
Leida voolutugevused joonisel 2.59 kujutatud vooluringis, kui  $\mathcal{E}_1 = 2\text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 4\text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 6\text{ V}$  ja  $r_1 = r_2 = r_3 = 0,5\Omega$ . Kui suur on elementide klemmpinge?

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



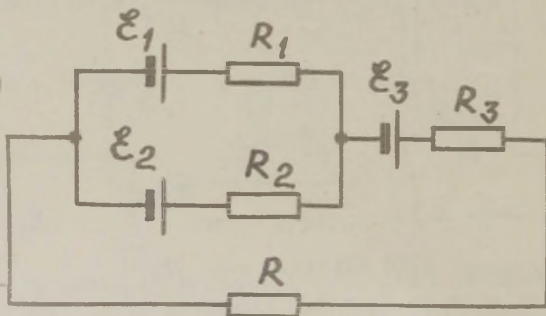
Joon. 2.60.

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



Joon. 2.61.

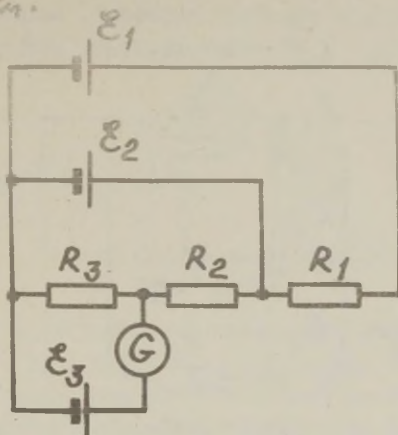
- 2.117. Leida voolutugevused läbi kõikide joonisel 2.62 kujutatud vooluallikate, kui  $\mathcal{E}_1 = 1,3 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 1,5 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 2,0 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = 0,2 \Omega$  ja  $R = 0,55 \Omega$ . Vooluallikate sisetakistused lugeda tühiselt väikesteks.



Joon. 2.62.

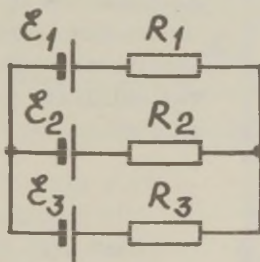
- 2.118. Joonisel 2.63 kujutatud vooluringis on takistused  $R_1$ ,  $R_2$  ja  $R_3$  valitud nii, et vool läbi galvanomeetri puudub. Teada on takistuste  $R_1$ ,  $R_2$  ja  $R_3$  ning elektromotoorjõudude  $\mathcal{E}_1$  ja  $\mathcal{E}_2$  väärtused. Lugeses vooluall-

likate sisetakistused tühiselt väikesteks, leida elektromotoorjõud  $\mathcal{E}_2$  ning voolutugevus läbi vooluallika  $\mathcal{E}_1$ .



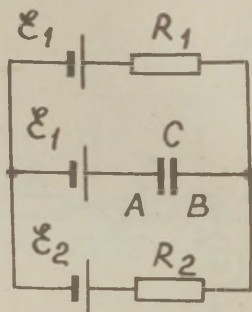
Joon. 2.63.

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



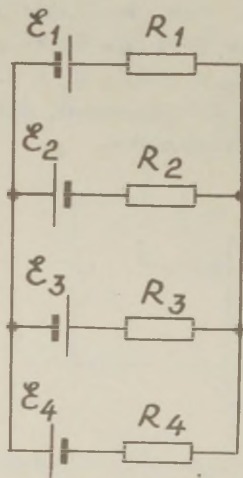
Joon. 2.64.

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



Joon. 2.65.

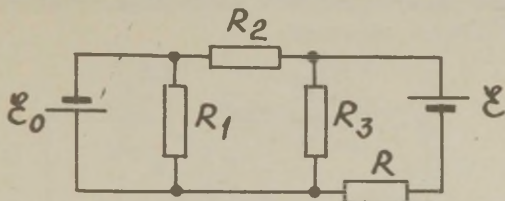
- 2.121.



Joon. 2.66.

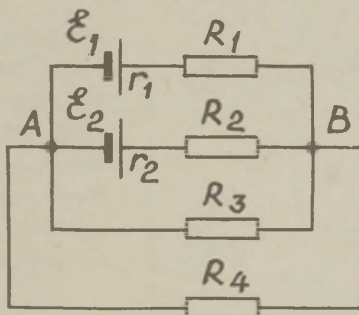
Joonisel 2.66 kujutatud vooluringi elektromotoorjõudude ja takistuste väärtused on järgmised:  $\mathcal{E}_1 = 1 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 3 \text{ V}$ ,  $\mathcal{E}_4 = 4 \text{ V}$ ,  $R_1 = 1 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 3 \Omega$  ja  $R_4 = 4 \Omega$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



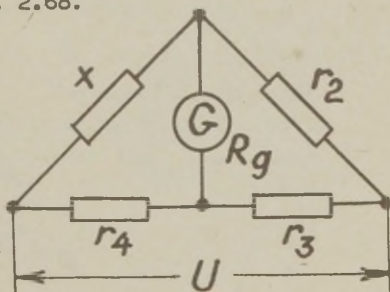
Joon. 2.67.

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



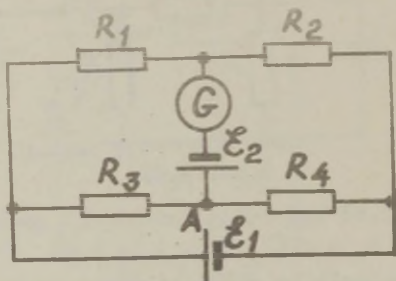
Joon. 2.68.

- 2.124. Wheatstone'i silla otsetele on rakendatud pinge  $U$  (joon.2.69). Galvanomeetri takistus on  $R_g$  ning teda läbiv vool  $i$ . Silla õlgade takistused on  $x$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$ . Määrata otsitava takistuse väärtus  $x$ .



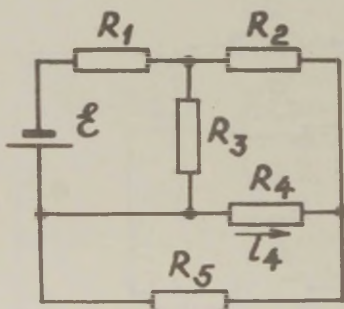
Joon. 2.69.

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.



Joon. 2.70.

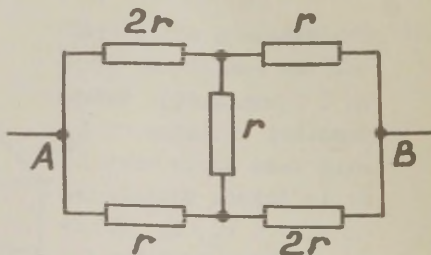
2.126.



Joon. 2.71.

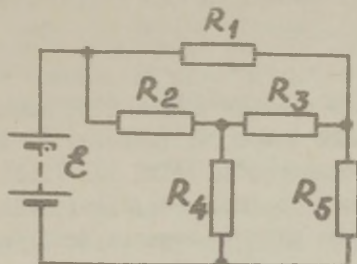
Joonisel 2.71 kujutatud vooluringi kõik takistused ning voolutugevus  $I_4$  läbi takisti  $R_4$  on antud. Määrata vooluallika elektromotoorjõud  $\mathcal{E}$ . Vooluallika sisetakistus jätta arvestamata.

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



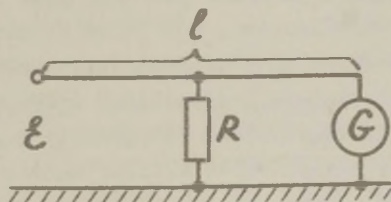
Joon. 2.72.

- 2.128. Vooluring on kujutatud joonisel 2,73. Selle elementide andmed on järgmised:  $\mathcal{E} = 10 \text{ V}$ ,  $R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_4 = R_5 = 1 \Omega$ .  $R_2 = R_3 = 3 \Omega$ , patarei sisetakistus on tühiselt väike. Määrata voolutugevused kõikides harudes.



Joon. 2.73.

- 2.129. Ühejuhtmelises telegraafiliinis on tekkinud rike, maandustakistusega  $R$  (joon. 2.74). Tõestada, et mõõteriistaga ühendatud liini otsas on vool  $i$  minimaalne, kui rike asetseb liini keskel. Mõõteriista takistus on tühiselt väike, võrreldes liini teiste osade takistusega.



Joon. 2.74.

### Voolu töö ja võimsus

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

- 2.131. Maa atmosfääris on keskmiselt sada välgusähvatust sekundis. Kasutades eelmise ülesande andmeid, arvutada elektrienergia hulk, mis kulub välkudeks ühe aasta jooksul. Võrrelda seda kogu maailma aastase elektrienergia toodanguga (ca  $5 \cdot 10^{12}$  kWh).
- 2.132. Raudtraadi otstele rakendatud pingele on 10 V. Traadi pikkus on 1,5 m ning 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.
- 2.133. Hõõglampile on kirjutatud 120 V, 60 W. Kuumutamata niidi takistust mõõdeti Wheatstone'i silla abil ning leiti, et see on  $20 \Omega$ . Milline on niidi normaalne töötetemperatuur, 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, 50 W ja 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 klemmipingele, kui temaga ühendada paralleelselt veel kolm niisugust lampi? (Lambi takistus lugeda see-

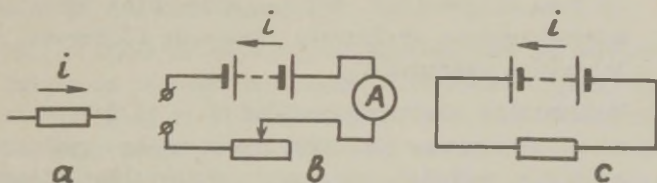
juures sõltumatuks temperatuurist.)

- 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 pingevaldkas 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  $1 \Omega$ . 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? Pinget, 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, pinget 100 V.
- 2.143. Lenz kasutas voolu soojusliku toime uurimiseks piiritusega täidetud anum, millesse oli asetatud platinaspiraali. 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, pinget 1,1 V ja piirituse hulk 1 kg. Platinaspiraali 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 pinge  $U_0 = 127 \text{ V}$ . Milline võib olla hoo-nes kasutatav maksimaalne võimsus, et pinge hoone si-sendis ei langeks alla  $U = 120$  voldi?
- 2.145. Mitu pingele  $U = 110 \text{ V}$  arvestatud lampi, igaüks võim-susega  $P_0 = 300 \text{ W}$ , võib monteerida hoonesse, mis on magistraaliga ühendatud kahesooneelise vaskaabli abil, mille pikkus  $l = 50 \text{ m}$  ja soone ristlõikepindala  $S = 9 \text{ mm}^2$ . Magistraali pinge  $U_0 = 122 \text{ V}$ .
- 2.146. Jõuallikast, mille võimsus on  $5 \text{ kW}$  ja klemmpinge  $110 \text{ V}$ , soovitakse  $5 \text{ km}$  kaugusele anda elektrienergiat. Milline peab olema vaskjuhtmete ( $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ ) minimaalne dismeeter, et energiakaod juhtmetes ei ületaks  $10\%$  jõuallika võimsusest?
- 2.147. Voolu tarbijateks on kord lamp takistusega  $200 \Omega$ , siis lamp takistusega  $500 \Omega$ . Mõlemal juhul on lam-pide poolt tarbitavad võimsused  $200 \text{ W}$  ning kasutatak-se samu ühendusjuhtmeid. Kui suur on sama vooluallika korral lühisvool juhtmetes?
- 2.148.  $5 \text{ cm}$  pikkusele pliiitraadile rakendatakse pinge  $100 \text{ V}$ . Millise aja möödudes hakkab traat sulama? Traadi alg-temperatuuriks võtta  $0^\circ \text{C}$ , plii sulamistemperatuur on  $327^\circ \text{C}$ . Soojuskaod ja erisoojuse muutus soojenemisel jätta arvestamata.
- 2.149. Võrrelda kahe vooluallika klemmpingeid  $U_1$  ja  $U_2$  ning nende voolude kasulikke võimsusi  $P_1$  ja  $P_2$  järgmistel tingimustel: a) vooluallikas on viiekümnest järjestik-ku ühendatud ühesugusest elemendist koosnev patarei, kusjuures iga elemendi emj.  $\mathcal{E}_0 = 2 \text{ V}$  ning sisetakis-tus  $r_0 = 0,2 \Omega$ ; patarei on ühendatud välistakistiga  $R_1 = 200 \Omega$ ; b) vooluallikaks on mitmekettaline elekt-rofoormasin, mis kerakondktoritel tekitab potentsiaa-lide vahe  $100\,000 \text{ V}$  ning on  $10^8$ -oomise sisetakistuse-ga; pingeallikas on ühendatud takistiga  $R_2 = 10^5 \Omega$ .

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  $i = 1$  A, kui pinge juhtme otsel  $U = 2$  V (joon. 2.75, a); b) akus, mida laetakse vooluga  $i = 1$  A, kui vooluallika klemmipinge  $U = 2$  V, ja elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 1,3$  V (joon. 2.75, b); c) akus, mis tekitab läbi tema klemmidega ühendatud takisti voolu  $i = 1$  A, kus aku pinge aku klemmidel  $U = 2$  V ja elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 2,6$  V.



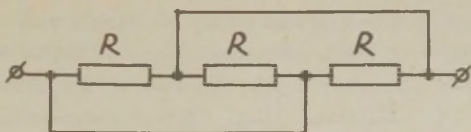
Joon. 2.75.

- 2.151. Kui vooluringi välistakistus  $R_1 = 1 \Omega$ , siis tarbib välisohel 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 välisohelast. Voolutugevus on seejuures 2 A. Määrata vooluringi kasutegur. Kui suur peaks olema välisohela 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.

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. Patareid, mille elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 40$  V ja sisetakistus  $r = 5$  oomi, ühendatakse reostaadiga, mille takistust  $R$  saab muuta 0 kuni 35 oomini. Joonestada ühes teljestikus välis-, sise- ning vooluringi kogutakistuses eralduvate võimsuste sõltuvused välistakistuse väärtusest.
- 2.156. Vooluallika elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 12,0$  V. Maksimaalne voolutugevus, mida võib saada selle vooluallika abil  $i_{\max} = 5,0$  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  $i = 1$  A. Vooluallika lühisvool  $i_{\max} = 6$  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  $P = 4,5$  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  $R$

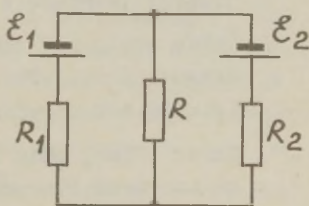
korral on vaadeldavas vooluringi osas eralduv võimsus maksimaalne?



Joon. 2.76.

- 2.161. Milline on seatinaaku kasutegur, kui ta tekitab välis-ahelas, 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  $R = 10 \Omega$ . Elementid 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?

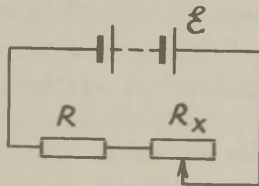


Joon. 2.77.

- 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  $3,8$  V, seejuures läbib niiti  $0,65$  A tugevune vool. Niidimaterjali 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  $-Q = k(t - t_0)\tau$ , 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  $\tau = 30$  s jooksul nullist kuni väärtuseni  $i_2 = 10$  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  $\tau = 5$  s jooksul väärtuselt  $i_1 = 2$  A kuni väärtuseni  $i_2 = 10$  A.
- 2.170. Leida voolu töö takistil  $R = 12 \Omega$ , kui vool selles kahaneb ühtlaselt aja  $\tau = 5$  s jooksul väärtuselt  $i_1 = 10$  A kuni väärtuseni  $i_2 = 2$  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 10 s jooksul ühtlaselt 15 oomist 5 oomini. Kui palju soojust eraldub selle aja kestel takistis  $R$ ?



Joon. 2.78.

2.174. Küttekeha, mille takistus on  $R$ , läbib laeng  $q$ . Milline soojushulk eraldub küttekehas, kui voolutugevus temas väheneb: a) ühtlaselt aja  $\Delta t$  jooksul nullini; b) monootoonselt nullini, nii et iga  $\Delta t$  sekundi jooksul väheneb ta kaks korda?

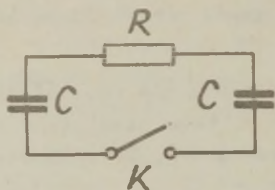
2.175. Pingeni  $U = 200 \text{ V}$  laetud kondensaatori katted ühendati omavahel läbi kahe järjestikuse takisti  $R_1 = 400 \Omega$  ja  $R_2 = 100 \Omega$ . Leida takistis  $R_1$  eralduv soojushulk, kui kondensaatori mahtuvus  $C = 5 \mu\text{F}$ .

2.176. Sfäärilise kondensaatori katete raadiused on  $a$  ja  $b$ , kusjuures  $a < b$ . Kondensaatori katetevahelise aine dielektriline läbitavus on  $\epsilon$  ja eritakistus  $\rho$ . Aja hetkel  $t = 0$  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 vastandmargilised 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  $\Delta t = 2,00$  s jooksul; b) kondensaatoris selle aja  $\Delta t$  jooksul eraldunud soojushulk.

2.178.



Joon. 2.79.

vuse i ajaline sõltuvus, b) vooluringis eralduv soojushulk.

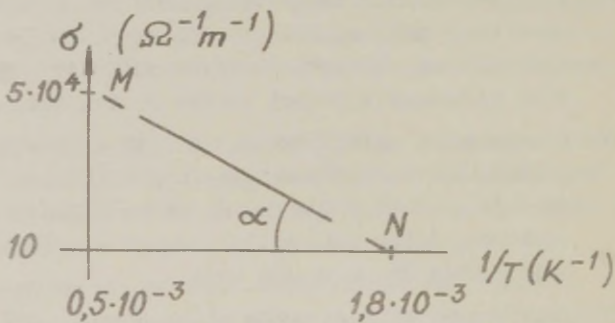
Joonisel 2.79 kujutatud vooluringi kummagi kondensaatori mahtuvus on  $C$  ja takisti takistus  $R$ . Üks kondensaatoritest laeti pingeni  $U_0$  ja siis, ajamomendil  $t = 0$ , suleti lülitit  $K$ . Leida: a) vooluringis tekkiva voolu tugevuse i ajaline sõltuvus, b) vooluringis eralduv soojushulk.

### Juhtivusmehhanism erinevates tingimustes

- 2.179. Hinnata potentsiaalide vahe suurust mürsu tipu ja saba vahel, mille põhjustab mürsu pidurdumine tõkkes. Eeldada, et mürsu pikkus  $l = 25$  cm ja ta jääb paigale pärast seda, kui on tunginud tõkkeesse  $d = 5$  cm ulatuses. Mürsu kiirus kokkupuutemomendil tõkkega  $v_0 = 1000$  m/s.
- 2.180. Metallvarb, pikkusega  $l = 1,00$  m, liigub oma telje sihis kiirendusega  $a$ , mistõttu varva otstel tekib potentsiaalide vahe  $U = 1,00$  V. Kui suur on varva kiirendus?
- 2.181. Vasktraadist mähitud silindriline pool koosneb  $N = 590$  keerust, mille diameeter  $D = 14$  cm. Traadi diameeter  $d = 0,3$  mm ning selle otsad on ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Pooli ja galvanomeetri vooluringi takistus  $R = 130 \Omega$ . Pool pendis 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 järsku pidurdamist läbis galvanomeetrit laeng  $q = 4 \cdot 10^{-9}$  C. Juhtme pikkus  $l = 1000$  m ja takistus  $R = 10 \Omega$ . Kui suur oli pooli pöörlemise joonkiirus?
- 2.183. Vaskjuhtmes kulgeva voolu tugevus  $i = 1$  A, juhtme ristlõikepindala  $S = 1 \text{ mm}^2$  ja temperatuur  $t = 57$  °C. Eeldades, et elektrongaas allub Maxwelli jaotusele, määrata elektronide soojusliku ja suunatud liikumise keskmised kiirused.
- 2.184. Raudjuhtme pikkus on 1,5 m, läbimõõt 0,6 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  $l = 1000$  m ja ristlõikepindala  $S = 1,0 \text{ mm}^2$ , kulgeb vool tugevusega  $i = 4,5$  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  $l = 10$  mm.
- 2.188. Arvutada elektronide impulss ühejuhtmelises 10 km pikkuses sirges alalisvooluliinis, kui voolutugevus on 50 A.

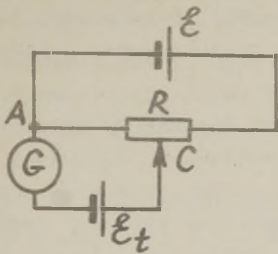
- 2.189. Arvestades, et vabade elektronide arv vases on võrdne aatomite arvuga, teha järgmised arvutused vaskjuhtme kohta, mille pikkus on 15 km, ristlõikepindala  $1 \text{ mm}^2$  ning sellele rakendatud pinge 7 V: a) määrata aeg, mille kestel vaba elektron liigub juhtme ühest otsast teise; b) leida 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 eralduv 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  $\sigma$  ja temperatuuri  $T$  vahelist sõltuvust rāni jaoks kujutab joonisel 2.80 toodud sirge. Määrata rāni keelutsooni laius  $\Delta W$ .



Joon. 2.80.

- 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  $K_p = 0,6 \text{ m}^2/\text{Vs}$ .
- 2.194. Raud-konstantaan termopaar ja galvanomeeter on ühendatud järjestikku ja lülitatud punkti A ja potentsio-

meetri liugkontakti C vahele (joon. 2.81). Potentsio-

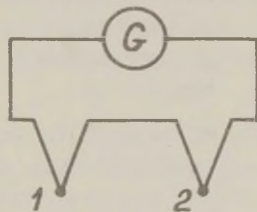


Joon. 2.81.

meetri kogutakistus  $R = 10^4 \Omega$  ja teda toidab aku  $\mathcal{E} = 2 \text{ V}$ . Termopaari külm jootekoht asetseb sulava jääga täidetud Dewari anum. Milline on termopaari kuuma jootekoha temperatuur, kui galvanomeetrit läbib 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.

- 2.196. Määrata termoelemendiga ( $\alpha = 0,04 \text{ mV/K}$ ) mõõdetav temperatuuride vahe  $T_1 - T_2$  (joon. 2.82), kui termoelemendi ja juhtmete takistus on kokku  $40 \Omega$ , galvanomeetri sisetakistus  $320 \Omega$  ning galvanomeetri lugem  $0,078 \mu\text{A}$ .



Joon. 2.82.

- 2.197. Kui suur on teoreetiliselt võimalik maksimaalne elektrihulk, mis läbib termopaari vooluringi, kui selle kuum jootekoht neelab 1 cal soojust? Termopaari temperatuurid on  $0^\circ\text{C}$  ja  $100^\circ\text{C}$  ning termoelektromotoorjõud  $0,76 \text{ mV}$ .
- 2.198. Kaheelektroodilise elektronlambi anoodil eraldub küllastusvoolu tingimustes ühe tunni jooksul energia 63 J. Küllastusvoolu tugevus on  $6,3 \text{ mA}$ . Eeldades, et

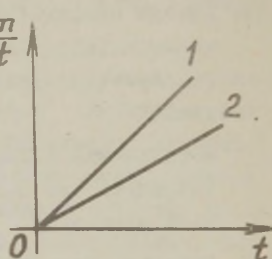
energia eraldub ainult elektronide kineetilise energia arvel, leida elektronide kiirus kokkupõrkel anoodiga ja katoodi pinnalt ühe sekundi jooksul lahkunud elektronide arv.

- 2.199. Tasapinnaliste elektroodidega diodis on potentsiaali jaotus ruumlaengu tõttu esitatav funktsioonina  $\varphi(x) = x^2 - 2x$ , kus  $x$  on punkti kaugus katoodist millimeetrites ja  $\varphi$  - potentsiaal katoodi suhtes voltides. Katoodi ja anoodi vahemaa  $d = 10$  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  $\rho$  sõltuvus kaugusest  $x$ , b) voolu tihedus  $j$ .
- 2.201. Määrata küllastusvoolu tugevus volframhõõgniidiga elektronlambis alljärgnevatel andmetel: hõõgniidi pikkus 3 cm, läbimõõt 0,1 mm, hõõgumistemperatuur 2700 K, konstant A Richardsoni-Dushmani valemis  $6,02 \cdot 10^5$  A/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup> ning väljumistöö  $e\varphi = 4,53$  eV.
- 2.202. Määrata elektroni väljumistöö elektronlambi hõõgniidist, kui selle temperatuuri tõustes 2000 K-st 2001 K-ni küllastusvool suureneb 1 % võrra.
- 2.203. Termoemissiooni konstandi väärtus puhta volframi korral  $A_w = 60$  A/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup> (elektroni väljumistöö volframist 4,53 eV) ja tooriumiga töödeldud volframi puhul  $A_{Th} = 3$  A/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup> (elektroni väljumistöö materjalist 2,63eV). Leida kaheelektroodiliste elektronlampide jaoks, mil-

lede katoodid on valmistatud nendest ainetest, kül-  
lastusvoolude tiheduste suhe temperatuuril  $T = 1800 \text{ K}$ .

- 2.204. Lahuse elektrolüüsil laguneb iga tunni jooksul  $4,77 \text{ g}$  vasevitrioli. Leida vase ioonide arv, mis igas sekun-  
dis 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 nikli-  
kihi paksus.
- 2.206. Määrata vase iooni erilaeng vasevitrioli vesilahuse  
elektrolüüsi andmetest.
- 2.207. Kui palju elektrienergiat kulub  $1 \text{ kg}$  elektrolüütili-  
se vase saamiseks, kui pinge vanni klemmidel on  $6 \text{ V}$   
ning vask kahevalentne?
- 2.208. Vasevitrioli ( $\text{CuSO}_4$ ) lahusesse paigutatud vaskplaat  
sisaldab  $12 \%$  lisandeid. Kasutades nimetatud elekt-  
roodi elektrolüüsil anoodina, saame katoodil puhta  
vase, kuna aga anood lahustub. Kui palju läheb maks-  
ma niisuguse vase iga kilogrammi elektrolüütiline pu-  
hastus, kui pinge elektroodidel on  $6 \text{ V}$  ning elektri-  
energia hind on  $4 \text{ kop/kWh}$ ?
- 2.209. Kaks elektrolüüsivanni on ühendatud järjestikku. Ühes  
vannidest on elektrolüüdiks  $\text{FeCl}_2$ -, teises  $\text{FeCl}_3$ -ve-  
silahus. Milline raua ja kloori hulk eraldub elektroo-  
didel, kui läbi vannide juhtida 1 tunni jooksul  $1 \text{ A}$   
tugevust voolu? Mitu kilomooli rauda ja kloori ning  
nende ainete aatomit eraldub esimeses vannis?
- 2.210. Läbi väävelhappe vesilahuse juhitakse  $t = 2 \text{ min}$  jook-  
sul alalisvool  $i = 0,5 \text{ A}$ . Leida seejuures tekkiva  
paukgaasi mass.
- 2.211. Millise ruumala võtab normaaltingimustes enese alla  
vesinik, mis saadakse hapestatud vee elektrolüüsil,  
kui lahust läbinud elektrihulk on  $5 \text{ ampertundi}$ ?

- 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.



Joon. 2.83.

- 2.213. Määrake kaaliumkloriidi (KCl) vesilahuse dissotsiatsioonitegur  $18^{\circ}\text{C}$  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  $0,064 \text{ g}$  hapet  $1 \text{ cm}^3$  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  $\text{H}^+$  5,4 korda kiiremini kui anioon  $\text{SO}_4^{--}$ . Määrata kummagi iooni ülekandearvud.
- 2.216. Läbi KCl-lahuse juhiti 10 min kestel  $0,43 \text{ A}$  tugevust voolu. Pärast seda selgus, et lahusest on lahkunud  $0,09964 \text{ g}$  KCl. Määrata kaaliumi iooni ülekandearv.
- 2.217.  $\text{CuSO}_4$ -vesilahusega täidetud elektrolüüsivann on ühendatud järjestikku hõbeda voltameetriga, milles voolu läbiminekul eraldus  $1 \text{ g}$  hõbedat. Samal ajal lahkus  $\text{CuSO}_4$ -lahusest  $0,21 \text{ g}$  vaske. Määrata katiooni  $\text{Cu}^{++}$  ja aniooni  $\text{SO}_4^{--}$  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  $W_1(1 + \frac{m}{M})$ , kus  $W_1$  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 ( $\varphi_i = 10,5$  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  $A_1 = 13,56$  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  $A_1 = 12,5$  eV.
- 2.223. Millise potentsiaalide vahe peab läbima  $\alpha$  -osake, et kahekordselt ioniseerida lämmastiku aatomit? Lämmastiku aatomi kahekordse ionisatsiooni 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 tasekaal, 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  $n_0 = 10^{17}/\text{cm}^3$  ja nende rekombinatsioonikoefitsient  $\delta = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{cm}^3/\text{s}$ .
- 2.227. Pidevalt toimunud ionisaator, mis tekitab õhus ruumalaühiku kohta ajaühiku jooksul  $\Delta n = 3,5 \cdot 10^9 \text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$  ioonipaari, lülitati välja. Oletades, et ioonide 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 ioonide kontsentratsioon väheneb  $\eta = 2$  korda.
- 2.228. Leida positiivse molekulaarse iooni efektiivne rekombinatsiooniristlõige  $\sigma$  negatiivse iooniga õhus toatemperatuuril. Ioonide rekombinatsioonitegur  $\delta = 1,67 \cdot 10^{-6} \text{cm}^3/\text{s}$ .
- 2.229. Võib arvestada, et kokkupõrkunud ioonid rekombineeruvad. Kuidas muutub õhus ioonide põrgete arv, võrreldes neutraalsete molekulidega, temperatuuril  $17^\circ \text{C}$ ? Molekulide läbimõõtu  $d = 3 \cdot 10^{-8} \text{cm}$ . Rekombinatsioonitegur  $\delta = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{cm}^3/\text{s}$ .
- 2.230. Plastkondensaatori elektrivälja läbis  $\alpha$ -osake, liikudes paralleelselt plaatidega võrdsele kaugusele kummastki plaadist ning tekitab rea ioone. Millise aja möödudes need ioonid jõuavad plaatideni, kui plaatide vahemaa on 3 cm, kondensaatori pinge 6 kV ja kide ioonide 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 joontihedus 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  $\omega$ , näitab plaadiga B järjestikku ühendatud galvanomeeter voolu vaid siis, kui  $\omega < \omega_0$ , kus  $\omega_0$  on teatud piirsagedus. Määrata plaadini B jõudvate ionide 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 põrkesagedus vesiniku aatomitega  $\nu_0 = 4 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$  ?
- 2.234. Puhta maalähedase atmosfääriõhu iga kuupsentimeeter, nagu näitavad mõõtmised, sisaldab ligikaudu 800ioonipaari. Määrata õhu eritakistus, kui positiivsete ja negatiivsete ionide 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. Röntgenkiirtega ioniseeritava õhu igas kuupsentimeetris tekitatakse ühe sekundi jooksul  $10^9$ ioonipaari. Ioonide rekombinatsioonitegur on  $1,67 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$  ja laeng võrdne ühe elementaarlaenguga. Kui suur on õhu erijuhtivus tasakaalu korral?
- 2.236. Röntgenkiirtega ioniseeritava õhu erijuhtivus on  $8 \cdot 10^{-11} \text{ } 1/\Omega \cdot \text{cm}$ . Tekkinud ionide 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  $1 \text{ cm}^3$ -s õhus tasakaalutingimustel?
- 2.237. Atmosfääriõhu iga kuupsentimeeter sisaldab keskmiselt 700ioonipaari. Positiivsete ning negatiivsete

ioonide 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 tihe-  
 dus, kui Maa elektrivälja tugevus on  $130 \text{ V/cm}$ . Iooni-  
 de laengud lugeda võrdseks ühe elementaarlaenguga.

- 2.238. Plaatkondensaatori katte pindala on  $200 \text{ cm}^2$  ja kate-  
 tevaheline kaugus  $5 \text{ cm}$ . Kondensaator on pingestatud  
 ja sellega on ühendatud järjestikku galvanomeeter  
 tundlikkusega  $10^{-8} \text{ A/jaotis}$ . Katetevahelist ruumi,  
 mis on täidetud õhuga, kiiritatakse röntgenikiirgu-  
 sega. Küllastusvoolule vastav galvanomeetri näit osu-  
 tub võrdseks  $19,2$  jaotisega. Määrata kuupsentimeet-  
 ris ühe sekundi jooksul röntgenikiirguse tagajärjel  
 tekkinud ioonipaaride arv.
- 2.239. Plaatkondensaator, mahtuvusega  $C = 9 \cdot 10^{-12} \text{ F}$ , on lä-  
 bi takisti  $R = 106 \Omega$  ühendatud kõrgepinge allikaga.  
 Kondensaatori katete vahemaa  $d = 3 \text{ cm}$ . Katetevahe-  
 list õhku ioniseeritakse röntgenikiirtega, mis teki-  
 tavad igas kuupsentimeetris ühe sekundi jooksul  $n =$   
 $= 10^4$  ioonipaari. Iooni laeng on võrdne elementaar-  
 laenguga. Leida pinge takistil  $R$ , eeldusel, et vool  
 kondensaatoris on küllastusvool.
- 2.240. Õhkdielektrikuga plaatkondensaator, mille plaatide  
 vahekaugus  $d = 5,0 \text{ mm}$ , laeti pingeni  $U = 90 \text{ V}$  ja la-  
 hutati vooluallikast. Võttes arvesse, et õhus tekib  
 ruumalaühiku kohta ajaühiku jooksul keskmiselt  $\Delta n =$   
 $= 5,0 \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$  ioonipaari ning ülalnimetatud pinge  
 on piisav küllastusvooluks, leida, millise aja väl-  
 tel pinge kondensaatoril väheneb  $\eta = 1,0 \%$  võrra?
- 2.241. Tasapinnaliste elektrodidega ionisatsioonikambri  
 on kumagi elektroodi pindala  $S = 100 \text{ cm}^2$  ja nende  
 vahemaa  $d = 6,5 \text{ cm}$ . Ionisaator tekitab kambri igas  
 kuupsentimeetris ühe sekundi jooksul  $\Delta n_1 = 10^9$  ühe-  
 valentset ioonipaari. Ioonide liikuvused  $k_+ = k_- =$   
 $= 1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ . Milline on ioonipaaride maksimaalne  
 võimalik kontsentratsioon? Kui tugev vool läbib

kambrit talle rakendatud pinge  $U = 20$  V korral? Kui suure osa küllastusvoolust moodustab see vool? Kui pika aja jooksul pärast ionisaatori kõrvaldamist väheneb ionide arv rekombinatsiooni tõttu kaks korda?

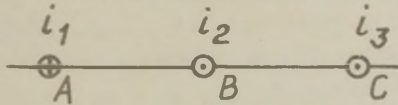
- 2.242. Kahe paralleelse metallplaadi vahelist õhku kiiritatakse röntgenikiirtega, mistõttu õhu igas kuupsentimeetris tekib sekundi jooksul võrdne arv positiivseid ja negatiivseid ioone. Plaatide vahemaa on  $d$  ning nende pingestamisel tekib kirjeldatud vooluringis alalisvool. Määrata, millise osa koguvoolust moodustab kaugusel  $\frac{1}{3}d$  anoodist negatiivsete ionide vool, kui positiivsete ja negatiivsete ionide liikuvused on vastavalt  $k_+ = 1,4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  ja  $k_- = 1,9 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ . Vaadelda juhtumeid, mil vool on kaugel küllastusest ja küllastunud.
- 2.243. Belmise ülesande tingimustes saadi küllastusvoolu tiheduseks  $j_k = 2,5 \text{ } \mu\text{A}/\text{m}^2$  siis, kui  $d = 0,5$  m. Määrata tasakaaluline ionide kontsentratsioon, mis tekib õhus pärast seda, kui pingeallikas välja lülitada. Ioonid lugeda ühevalentseteks, nende rekombinatsioonitegur  $\beta = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .
- 2.244. Hinnata, mitu ionisatsiooniakti põhjustab elektron, läbides neonis rõhul  $p = 0,25$  mmHg elektrivälja mõjul  $1$  m pikkuse lõigu. Elektrivälja tugevus  $E = 5$  kV/m, rõhul  $p_0 = 1$  mmHg elektroni keskmine vaba tee pikkus neonis  $\lambda_0 = 6,57 \cdot 10^{-4}$  m ja neoni aatomi ionisatsioonipotentsiaal  $U_1 = 21,5$  V.
- 2.245. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $d$  ning dielektrikuks gaas. Üks plaatidest emiteerib igas sekundis  $\nu_0$  elektroni, mis elektriväljas liikudes ioniseerivad gaasi molekule. Ühe elektroni poolt ühikulise tee läbimisel tekitatud uute elektronide (ioonide) arv on  $\alpha$ . Leida elektronvool vastasasuva plaadi juures, eeldades, et positiivsed ioonid sekundaarelektrone ei tekita.

- 2.246. Plaatkondensaatori katetevahelise gaasi ioniseerimisel ultraviolettkiirtega tekitatakse ruumalaühiku kohta iga ajaühiku jooksul  $\Delta n$  elektroni. Iga elektron, liikudes kondensaatori elektriväljas, tekitab pörkeionisatsiooni tõttu ühikulise tee läbimisel  $\alpha$  uut elektroni (ja iooni). Jättes arvestamata ionide pörkeionisatsiooni, leida elektronvoolu tihedus kõrgemat potentsiaali omava plaadi juures, kui plaatide vahemaa on  $d$ .
- 2.247. Hinnata katoodilähedase potentsiaalilangu  $U_k = 10$  V ulatust elavhõbeda aurudes tekitatud elektrikaares, kui voolutihedus kaares  $j = 10^5$  A/cm<sup>2</sup>. Eeldada, et elektroodideks on paralleelsed plaadid ja potentsiaali gradient positiivse samba alguses on null.
- 2.248. Kui suur on elektronlaviini ruumlaengute 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.

### 3. ELEKTROMAGNETISM

#### Elektrivoolu magnetväli

- 3.1. Kahte pikka paralleelset juhet läbivad vastassuunalised voolud, kumbki tugevusega 50 A. Juhtmete vahemaa on 10 cm. Määrata magnetvälja induksioon punktis, mis asub kummastki juhtmest 10 cm kaugusel.
- 3.2. Kahes pikas ja peenikeses paralleelses juhtmes kulgevad antiparalleelsed voolud  $i_1 = i_2 = i = 10$  A. Juhtmete vahemaa  $d = 0,3$  m. Leida magnetiline induksioon punktis, mille kaugus esimesest juhtmest  $r_1 = 0,15$  m ja teisest juhtmest  $r_2 = 0,20$  m.
- 3.3. Joonisel 3.1 on kujutatud kolme pika juhtme lõikumine lehe tasapinnaga. Vahemaa  $AB = BC = 5$  cm;  $i_1 = i_2 = i$  ja  $i_3 = 2i$ . Määrata punkt sirgel AC, milles kõigi kolme voolu tekitatud magnetvälja induksioon on võrdne nulliga.

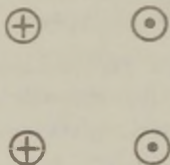


Joon. 3.1.

- 3.4. Ühes ja samas tasandis asetsevas kolmes pikas paralleelses sirgjuhtmes kulgevad samasuunalised voolud. Naaberjuhtmete vahemaa  $d = 3$  cm, voolutugevused äärmistes juhtmetes  $i_1 = i_3$ , nende vahel asetsevas aga  $i_2 = i_1 + i_3$ . Kus on nende voolude poolt tekitatud magnetvälja induksioon võrdne nulliga?
- 3.5. Kolm pikka paralleelset sirgjuhet asetsevad ühes ja samas tasandis, kusjuures naaberjuhtmete vahemaa  $d = 3$  cm.

Äärmistes juhtmeis kulgevate voolude  $i_1$  ja  $i_3$  suunad on vastupidised keskmises juhtmes kulgeva voolu  $i_2$  suunaga, voolutugevused aga rahuldavad tingimust  $i_1 = i_3$  ja  $i_2 = i_1 + i_3$ . Kus on nende voolude poolt tekitatud magnetvälja induktsioon võrdne nulliga?

- 3.6. Nelja pika peenikese paralleelse sirgjuhtme lõikepunktid juhtmete ristasandiga asetsevad ruudu tippudes, mille külje pikkus  $a = 20$  cm. Igas juhtmes kulgeva voolu tugevus  $i = 20$  A, nende suunad aga niisugused, nagu näidatud joonisel 3.2. Leida magnetvälja induktsioon ruudu keskpunktis.



Joon. 3.2.

- 3.7. Pikka vertikaalset juhet läbib 8 A tugevune vool suunaga ülalt alla. Maa magnetvälja horisontaalkomponent on 0,2 Gs. Millises punktis on summaarne magnetväli suunatud vertikaalselt üles?

- 3.8. Joonisel 3.3 on kujutatud voolude sümmeetriline harunemine ( $\alpha = \beta$ ). Kõik juhtmed on lõpmatult pikad sirgjuhtmed ning asetsevad ühes ja samas tasandis. Arvutada magnetilise induktsiooni väärtus sirgel, mis on risti voolude tasandiga ning läbib voolude harunemispunkti. Voolutugevused kummaski harus on  $i$ .



Lahendada sama ülesanne, eeldades, et  $\alpha \neq \beta$ .

Joon. 3.3.

- 3.9. Määrata täisnurga all murtud lõpmatult pika vooluga juhtme magnetiline induktsioon sirgel, mis on risti juhtme tasandiga ja läbib nurga tippu.
- 3.10. Pikas ja peenikeses juhtmes, mis moodustab täisnurga, kulgeb vool  $i = 20$  A. Leida magnetvälja induktsioon selle nurga poolitajal kaugusel  $x = 10$  cm nurga tipust.
- 3.11. Vooluallika klemmid ühendati ruudukujulise traatkon-

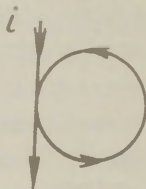
tuuri vastastippudega. Milline on magnetilise induktsiooni väärtus ruudu keskpunktis?

- 3.12. Juhe moodustab ruudu, mille külje pikkus on 20 cm. Juhet läbib 6 A tugevune vool. Määrata magnetvälja induktsioon ruudu keskpunktis.
- 3.13. Määrata magnetilise induktsiooni väärtus ristkülikukujulise kontuuri keskpunktis, kui ristküliku külgede pikkused on  $a$  ja  $b$  ning kontuuris kulgeva voolu tugevus  $i$ .
- 3.14. Puitsilindrile ( $D$ ,  $h$ ) on mähitud neli keerdu juhet, mille tasapinnad moodustavad omavahel  $45^\circ$ -sed nurgad. Iga keerd on ristkülik pikkusega  $h$ , laiusega  $D$ . Mähis algab ja lõpeb ühe otsa keskpunktis. Määrata magnetvälja induktsioon silindri telje keskpunktis, kui mähist läbib vool, tugevusega  $i$ .
- 3.15. Määrata magnetvälja induktsioon ühtlasest traadist valmistatud võrdkülgse kolmnurga keskpunktis, kui sellele kahele tipule on rakendatud alalispinge.
- 3.16. Milline on magnetilise induktsiooni väärtus võrdkülgse kolmnurga kujulise kontuuri keskpunktis, kui kolmnurga külje pikkus on  $a$  ning selles kulgeva voolu tugevus  $i$ ?
- 3.17. Ümmarguse traatrõnga kahele sama diameetri otstes asuvale punktile  $A$  ja  $B$  on rakendatud alalispinge. Määrata magnetvälja induktsioon selle diameetri mis tahes punktis  $C$ .
- 3.18. Traatrõnga kaks punkti on ühendatud kange vooluallikaga radiaalsete juhtmete abil. Üks ühenduskohtadest on liikuv. Kuidas sõltub liugkontakti asendist voolu magnetvälja induktsioon rõnga keskpunktis?
- 3.19. Traaditükist moodustati ümmargune keerd raadiusega  $R$  ning ühendati alalispingeallikaga. Kuidas muutub magnetvälja induktsioon keeru tsentris, kui sellest traadist moodustada kahekordne keerd raadiusega  $\frac{R}{2}$  ning ühendada sama pingeallikaga?

3.20. Kahel juhtmekeerul, raadiusega  $R = 4$  cm, on ühine telg ning nendevaheline kaugus  $2a = 0,1$  m. Mõlemat keerdu läbivad ühesuunalised voolud, tugevusega  $i = 2$  A. Määrata magnetvälja induksioon kummagi keeru tsentris ja tsentreid ühendava sirglõigu keskpunktis.

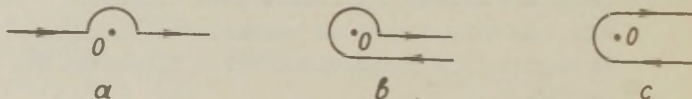
3.21. Magnetnõel on asetatud juhtmekeeru keskpunkti. Juhtmekeeru raadius on 20 cm ning tema tasapind moodustab Maa magnetilise meridiaani tasapinnaga nurga  $40^\circ$ . Millise nurga võrra pöörduv magnetnõel, kui keerdu juhtida 6,4 A tugevune vool? Maa magnetvälja horisontaalkomponendi väärtuseks võtta 0,2 Gs.

3.22. Lõpmatult pikas ja peenikeses sirgjuhtmes on rõngakujuline silmus (vt. joon. 3.4), mille raadius  $R = 8$  cm. Leida voolutugevus juhtmes, kui selle voolu magnetiline induksioon silmuse keskpunktis  $B = 0,1$  Gs.



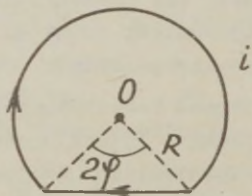
Joon. 3.4.

3.23. Leida magnetvälja induksioon joonisel 3.5 näidatud vooluga juhtmete punktis O, kui juhtmete sirged osad on väga pikad ja painutatud osade raadiused on R.



Joon. 3.5.

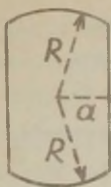
3.24.



Joon. 3.6.

Vool  $i = 5$  A kulgeb peenikesest juhtmest valmistatud kontuuris, mis on kujutatud joonisel 3.6. Juhtme painutatud osa raadius  $R = 120$  mm ja nurk  $2\varphi = 90^\circ$ . Leida magnetvälja induksioon punktis O.

3.25.



Määrata magnetilise induksiooni väärtus joonisel 3.7 kujutatud tasapinnalise kontuuri keskpunktis, kui selles kulgeva voolu tugevus on  $i$ . Kontuur koosneb kahest kaarest, raadiusega  $R$ , ning kahest sirgjuhtmest, millede vahe-line kaugus on  $2a$ .

Joon. 3.7.

- 3.26. Puitkerale, raadiusega  $R$ , on keritud peenike traat nii, et keerud kulgevad piki suurringjooni, lõikudes ühe ja sama diameetri mõlemates otstes. Keerde on kuus, naaberkeerdude tasapindade vahelised nurgad on  $30^\circ$ . Juhtmes kulgeva voolu tugevus on  $i$ . Määrata magnetilise induksiooni väärtus kera tsentris.
- 3.27. Tangensgalvanomeetri moodustab suure läbimõdduga (ca 30 cm) tasapinnaline vertikaalne pool, mille keskel asetseb vertikaalse pöörlemisteljega magnetnõel. Enne mõõtmisi asetatakse tangensgalvanomeeter nii, et tema pooli tasand ühtiks Maa magnetvälja meridiaani tasandiga. Tuletada avaldis galvanomeetriga mõõdetud voolu arvutamiseks, kui pooli raadius on  $R$ , keerdude arv  $N$ , Maa magnetvälja horisontaalkomponent  $B_h$  ja magnetnõela pöördenurk tasakaaluasendi suhtes  $\alpha$ .
- 3.28. Kondensaator, mille mahtuvus  $C = 1 \mu F$ , ühendatakse mehaanilise ümberlülitite abil sagedusega  $n = 100$  korda sekundis pingevallika klemmidega ning tühjendatakse sama sagedusega läbi tangensgalvanomeetri mähise. Pingevallika klemmipinge  $U = 120 V$ , tangensgalvanomeetri pooli keerdude arv  $N = 100$  ning keeru raadius  $R = 15,7$  cm. Maa magnetvälja horisontaalkomponent  $B = 0,2$  Gs. Määrata magnetnõela pöördenurk.
- 3.29. Vooluringi moodustab akupatarei, sellega järjestikku ühendatud reostaat, mille takistus  $R_1 = 10 \Omega$ , ning tangensgalvanomeeter. Nõela pöördenurk  $\alpha_1 = 60^\circ$ . Vooluringi takistust suurendatakse  $R_2 = 10 \Omega$  võrra,

mille tagajärjel osuti kõrvalekalle väheneb  $\alpha_2 = 45^\circ$ -ni. Määrata tangensgalvanomeetri takistus, lugedes pingeallika takistuse tühiselt väikeseks.

- 3.30. Kahe vertikaalse, teineteisega risti asetseva ja ühise keskpunktiga juhtmekeeru raadiused on  $R_1$  ja  $R_2$ , kusjuures esimese keeru tasand ühtib Maa magnetvälja meridiaani tasandiga. Keerdude ühises tsentris paikneb lühike, horisontaaltasandis pöörelda võiv magnetnõel. Voolutugevused keerdudes on vastavalt  $i_1$  ja  $i_2$ . Nõela pöördnurk on seejuures  $\varphi_1$ . Kui muuta voolu  $i_2$  suunda, on pöördnurk  $\varphi_2$ . Arvutada voolu tugevus  $i_2$ . Määrata Maa magnetvälja horisontaalkomponent.
- 3.31. Leida lõpmatult suure, vooluga metalltasandi magnetvälja induktsioon, kui pindvoolu joontihedus  $\vec{j}_1$  on tasandi kõikides punktides ühesugune.
- 3.32. Polüetüleenkilet valmistavas tehases liigub lai kileriba tasapinnalise kangana kiirusega  $v = 15$  m/s. Töötlemissel käigus, peaasjalikult hõõrdumise tõttu laadub kile ühtlaselt laengu pindtihedusega  $\sigma$ . Hinnata, milline on  $\sigma$  maksimaalne võimalik väärtus ja sellele vastava magnetilise induktsiooni väärtus  $B$  pinna vahetus läheduses, kui on teada, et elektrilahendus algab õhus väljatugevusel  $E_0 = 20$  kV/cm.
- 3.33. Leida kahe õhukesel lõpmatult suure ja paralleelse vooluga plaadi magnetvälja induktsioon, kui plaatide pindvoolude joontihedused  $\vec{j}_1$  ja  $-\vec{j}_1$  on vastavate plaatide kõikides punktides võrdsed.
- 3.34. Vool  $i$  kulgeb pikas õhukeses sirgjuhtmes, mille ristlõikeks on poolrõngas. Leida magnetvälja induktsioon poolrõnga kõverustsentris, kui poolrõnga raadius on  $R$ .
- 3.35. Ringikujulise ristlõikega vaskjuhtmes kulgeva voolu tugevus  $i = 50$  A. Juhtme raadius  $r = 2$  cm ja pikkus  $l = 3$  m. Leida magnetvälja induktsioon kaugusel

$r_1 = 0,5$  cm ja  $r_2 = 5$  cm juhtme teljest, eeldades, et aine suhteline magnetiline läbitavus on kõikjal võrdne ühega.

- 3.36. Torus, mille siseradius on  $R_1$  ja välisradius  $R_2$ , kulgeb vool  $i$ . Eeldades, et vool jaotub toru ristlõikes ühtlaselt, leida magnetilise induktsiooni sõltuvus kaugusest toru teljeni. Aine suhteline magnetiline läbitavus võtta kõikjal võrdseks ühega.
- 3.37. Pika ja sirge koaksiaalkaabli soone raadius  $R_1 = 1$  mm ja väliskesta raadius  $R_2 = 10$  mm. Soones ja kestas kulgevad voolud on vastassuunalised, kuid arvuliselt võrdsed. Määrata magnetiline induktsioon kaugusel  $r_1 = 5$  mm ja  $r_2 = 15$  mm kaabli teljest, kui voolutugevus kaablis  $i = 0,5$  A.
- 3.38. Pikas ringikujulise ristlõikega sirgjuhtmes kulgeva voolu tugevus  $i = 10$  A. Leida magnetvoog läbi juhtme pikilõike ühe poole, arvestatult juhtme  $1$  m pikkuse lõigu kohta, kui juhtme aine suhteline magnetiline läbitavus on võrdne ühega.
- 3.39. Vool  $i = 5$  A kulgeb piki koaksiaalkaabli sisesoont ja tuleb tagasi õhukeseseinalise väliskesta kaudu. Soone ja kesta raadiused on vastavalt  $R_1 = 2$  mm ja  $R_2 = 10$  mm. Arvutada magnetvoog, mis läbib kaabli poolt pikilõiget dielektrikus, kui kaabli pikkus  $l = 10$  m.
- 3.40. Pika ringikujulise ristlõikega sirgjuhtme sees on silindriline õõnsus, mille telg on paralleelne juhtme teljega ja nihutatud selle suhtes kaugusele  $\vec{a}$ . Juhtmes kulgeb alalisvool, mille tihedus on  $\vec{j}$ . Leida magnetvälja induktsioon õõnsuses. Vaadelda erijuhtu  $\vec{a} = 0$ .
- 3.41. Pikas homogeenses silindrilises juhtmes, mille raadius on  $R$ , kulgeb alalisvool, mille tihedus on  $\vec{j}$ . Leida selle voolu magnetvälja induktsiooni vektor punktis, mille asukoha juhtme telje suhtes määrab vektor  $\vec{r}$ .

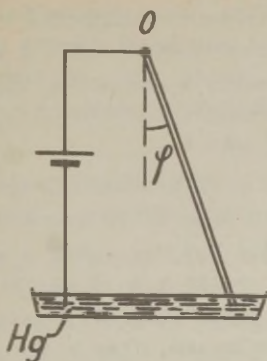
Aine suhteline magnetiline läbitavus võtta kõikjal võrdseks ühega.

- 3.42. Pikk sirge solenoid on määratud kartongist torule. Keerdude tihedus  $n = 10 \text{ cm}^{-1}$  ja voolutugevus solenoidis  $i = 5 \text{ A}$ . Leida magnetiline induksioon solenoidi keskel ja ühe otsa keskpunktis.
- 3.43. Leida magnetvoog läbi pika ja peenikese solenoidi ühe otsa, kui voolu tugevus solenoidis on  $i$ , keerdude tihedus  $n$  ja solenoidi ristlõikepindala  $S$ .
- 3.44. Leida solenoidi keskmise läbimõõdu  $d$  ja pikkuse  $l$  suhe, mille korral võib magnetvälja induksiooni solenoidi keskel arvutada sama keerdude tihedusega lõpmatult pika solenoidi valemi abil, ilma et seejuures tehtud viga ületaks  $\delta = 1\%$ .
- 3.45. Pika solenoidi raadius on  $R$  ja keerdude tihedus  $n$ . Solenoidis kulgeb alalisvool  $i$ . Leida a) magnetvälja induksioon solenoidi teljel sõltuvalt kaugusest  $x$  solenoidi ühe otsani. Saadud tulemus esitada graafiliselt  $x/R$  funktsioonina; b) kaugus  $x_0$  solenoidi otsast punktini, kus magnetvälja induksioon erineb induksioonist solenoidi keskel  $\delta = 1\%$ .
- 3.46. Solenoid, mille diameeter  $d = 10 \text{ cm}$ , on määratud peenikesest traadist, keerd keeru kõrvale. Leida solenoidi minimaalne pikkus, mille korral magnetiline induksioon solenoidi keskel erineb mitte rohkem kui  $\delta = 0,5\%$  sama keerdude tihedusega lõpmatult pika solenoidi magnetilisest induksioonist. Voolutugevused on mõlemal juhul võrdsed.
- 3.47. Pika dielektrikust silindri pinnal jaotub ühtlaselt laeng, kusjuures laengu joontihedus  $\tau = 10^{-5} \text{ C/m}$ . Silinder pandi pöörlema ümber oma telje sagedusega  $\nu = 100$  pööret/sekundis. Leida tekkinud magnetvälja induksioon silindri keskpunktis ja ühe otsa keskpunktis.

- 3.48. Peenikesest traadist tihedalt mähitud tasapinnalise spiraali siseraadius on  $R_1$  ja välisraadius  $R_2$  ning keerdude arv  $N$ . Spiraalis tekitati vool  $i$ . Leida selle voolu magnetvälja induksioon spiraali keskpunktis ja spiraali magnetmoment.
- 3.49. Dielektrikust õhukese ketta ühel küljel jaguneb ühtlaselt laeng pindtihedusega  $\sigma$ . Ketta raadius on  $R$  ja ta pöörleb ümber oma telje nurksagedusega  $\omega$ . Leida magnetvälja induksioon ketta keskpunktis ja ketta magnetmoment.
- 3.50. Toroidaalses mähises kulgeva voolu tugevus  $i = 5$  A. Mähise keskmine läbimõõt  $d = 40$  cm, keeru raadius  $R = 5$  cm ja keerdude arv  $N = 1000$ . Leida magnetiline induksioon toroidi sümmeetriasandil kaugusel  $r_1 = 5$  cm,  $r_2 = 20$  cm ja  $r_3 = 23$  cm toroidi keskpunktist.
- 3.51. Ristkülikukujulise ristlõikega peenikesest traadist ühekihilise toroidaalse mähise siseraadius  $R_1 = 5$  cm, välisraadius  $R_2 = 8$  cm, ristlõikepindala  $S = 15$  cm<sup>2</sup> ja keerdude arv  $N = 500$ . Mähises tekitati vool  $i = 2,4$  A. Leida magnetvälja induksiooni maksimaalne ja minimaalne väärtus mähise sees ning mähist läbiv koguvoog.
- 3.52. Leida ringikujulise ristlõikega peenikesele puidust poolrõngale peenikesest traadist mähitud ühekihilise vooluga mähise magnetmoment, kui mähise keerdude arv  $N = 500$ , keeru diameeter  $d = 5$  cm ja voolutugevus mähises  $i = 0,8$  A.
- 3.53. Laeng  $q$  jaotub ühtlaselt kera, mille raadius on  $R$  ja mass  $m$ . Kera pöörleb ühtlaselt nurkkiirusega  $\omega$  tema keskpunkti läbiva telje ümber. Leida sellele liikumisele vastav magnetmoment ja kera magnetmomendi ning impulssmomendi suhe.

Vooluga juhtmele magnetväljas mõjuv jõud

- 3.54. 5 cm pikkune sirge juhe, mida läbib 30 A tugevune vool, asub homogeeneses magnetväljas. Määrata voolu ja magnetvälja suundade vaheline nurk, kui juhtmele mõjub jõud 1,5 G ja magnetvälja induksioon on 100 Gs.
- 3.55. Määrata trollibussi juhtmete vahel mõjuv jõud, kui juhtmete pikkus on 1,5 km, nende vahemaa 0,5 m ning kumbagi juhet läbib 200 A tugevune vool.
- 3.56. Ruudukujulise jäiga raami iga külje pikkus on 10 cm ning takistus  $1 \Omega$ . Raami diagonaal on valmistatud samast traadist. Raami ülejäänud kaks vastastippu on ühendatud pingeallikaga, mille klemmpinge on 2 V. Raam asetseb homogeeneses magnetväljas, mis on risti raami tasandiga ning mille induksioon on 5000 Gs. Määrata raamile mõjuv jõud. Määrata jõud, kui sama pingeallikas on ühendatud tippudega, mida seob diagonaalne juhe.
- 3.57. Küllalt pikas horisontaalses latil kulgeva voolu tugevus on  $i_1$ . Kui kaugel latist sellega paralleelselt ja samas vertikaaltasandis peab asetsema pikk vaakjuhe vooluga  $i_2$ , et voolude magnetiline mõju tasakaalustaks juhtme kaalu P? Juhtme pikkus on l.
- 3.58. Horisontaalse pika varva küljes ripub kahe vedru vahendusel sirgjuhe. Vedrude jäikustegur on k, juhtme pikkus l, varva ning juhtme vaheline kaugus d. Määrata varva ja juhtme vaheline kaugus, kui esimest läbib vool tugevusega  $i_1$ , teist -  $i_2$ . Voolud võivad olla nii sama- kui ka vastassuunalised; juhe saab liikuda ainult vertikaaltasandis.
- 3.59. Homogeeneses ja horisontaalses magnetväljas  $B = 0,01 \text{ T}$  ripub alumiiniumvarras, mille alumine ots ulatub elavhõbedavanni (vt. joon. 3.8). Varda pikkus  $l = 1 \text{ m}$ ,

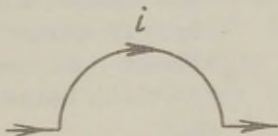


Joon. 3.8.

ristlõikepindala  $S = 0,1 \text{ cm}^2$ , ning ta võib pöörelda oma kinnituspunkti ümber. Määrata varda tasakaaluasend, kui teda läbib vool  $i = 10 \text{ A}$ .

3.60. Horisontaalse pöörlemisteljega vaskketta alumine serv puudutab elavhõbedat kontaktvannis. Elavhõbedaga on ühendatud ka vooluallika üks klemmidest. Vooluallika teine klemm on liugkontakti abil elektrilises kontaktis ketta metallist pöörlemisteljega. Ketas asetseb homogeenses magnetväljas  $B = 1000 \text{ Gs}$ , mis on risti kettaga. Voolutugevus kettas  $i = 5 \text{ A}$ . Kui suur pöördemoment mõjub kettale, kui tema raadius  $R = 5 \text{ cm}$ ?

3.61. Peenikeses traadis kulgeva voolu tugevus on  $i$ . Lei-  
da magnetvälja induksioon sellest traadist valmistatud poolrõnga keskpunktis (vt. joon. 3.9), kui rõnga raadius on  $R$ . Milline jõud mõjub poolrõngale, kui tema asukohas tekitada homogeenne magnetväli  $B$ , mis on risti rõnga tasandiga? Eeldada, et voolu toovad juhtmed asetsevad väljaspool magnetvälja.



Joon. 3.9.

3.62. Õhukese ja pika sirge plekiribaga samas tasandis asetseb temaga paralleelselt pikk ja peenike traat. Plekiriba laius on  $b$  ja tema lähima serva kaugus traadist  $a$ . Plekiribas ja traadis tekitatakse voolud vastavalt  $i_1$  ja  $i_2$ . Millise jõuga mõjub üks vooluga juht teisele juhi ühikulise pikkusega lõigule?

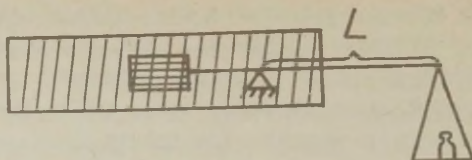
- 3.63. Alalisvool  $i$  kulgeb pikas õhukeseseinalises poolsilindris ja tuleb tagasi peenikest traati mööda, mis asetseb silindri teljel. Leida jõud, millega mõjub üks vooluga juht teise ühikulise pikkusega lõigule, kui poolsilindri raadius on  $R$ .
- 3.64. Ühekihiline vasktraadist pool asetati homogeensesse magnetvälja nii, et pooli telg ühtib magnetvälja suunaga. Traadi diameeter  $d = 0,1$  mm, keeru raadius  $R = 30$  mm ja voolutugevus poolis  $i = 10$  mA. Millise maksimaalse induksiooniga magnetvälja võib pooli asukohas tekitada, ilma et see mehaanilise pinge tõttu puruneks? Vase katkemispinge  $\sigma = 0,3$  GPa.
- 3.65. Õhukeseseinalise pika ja sirge toru raadius on  $R$  ja temas kulgeva voolu tugevus  $i$ . Leida voolu olemasolust tingitud rõhk toru seintele.
- 3.66. Kahes suures paralleelses õhukeses plaadis kulgevad voolud tekitavad plaatide vahel homogeense magnetvälja  $B$ . Väljaspool plaate magnetväli puudub. Leida magnetiline jõud, mis mõjub kummagi plaadi ühikulisele pinnale.
- 3.67. Lõpmatult pika vooluga sirgjuhtme magnetväljas asetseb teine vooluga sirgjuhtme lõik pikkusega  $l = 4$  cm. Mõlemad juhtmed asetsevad ühes ja samas tasandis risti teineteisega, kusjuures juhtmelõigu lähima otsa kaugus lõpmatult pikast juhtmest  $r_0 = 2$  cm. Voolutugevused esimeses ja teises juhtmes on vastavalt  $i_1 = 100$  A ja  $i_2 = 10$  A. Leida teisele juhtmele esimese poolt mõjuv jõud.
- 3.68. Lõpmatult pikk sirgjuhe, vooluga  $i_1 = 15$  A, ja sirgjuhtme lõik, pikkusega  $l = 6$  cm ning vooluga  $i_2 = 20$  A, asetsevad ühes ja samas tasandis. Juhtmelõigu ühe otsa kaugus lõpmatult pikast juhtmest  $r_1 = 5$  cm ja teise otsa kaugus  $r_2 = 9$  cm. Leida juhtmelõigule mõjuv jõud.

- 3.69. Ristkülikukujuline vooluga raam, mille küljed  $a = 10\text{ cm}$  ja  $b = 20\text{ cm}$  ning pikk vooluga sirge juhe asetsevad ühes ja samas tasandis, kusjuures külg  $b$  on paralleelne juhtmega. Raami lähima külje kaugus juhtmest  $x_0 = 5\text{ cm}$ . Leida raami igale küljele mõjuv jõud, kui voolutugevus juhtmes  $i_1 = 5\text{ A}$  ja raamis  $i_2 = 1\text{ A}$ . Kui suur on raamile mõjuv resultantjõud?
- 3.70. Ühes ja samas tasandis asetsevad pikk vooluga sirgjuhe ja ristkülikukujuline vooluga kontuur. Voolutugevused on vastavalt  $i_1$  ja  $i_2$ . Kontuuri küljed on  $a$  ja  $b$ , küljed  $a$  on paralleelsed juhtmega ning lähim külg kaugusel  $c$  sellest. Leida: a) jõud, mis mõjub vooluga kontuurile; b) kontuurile mõjuv pöördemoment; c) kontuuri läbiv magnetvoog, mille tekitab vool sirgjuhtmes.
- 3.71. Kahest  $20\text{ cm}$  pikkusega juhtmest on valmistatud kaks kontuuri, üks ringi-, teine ruudukujuline. Kumbagi kontuuri läbib  $2\text{ A}$  tugevune vool. Milline pöördemoment mõjub nii ühele kui teisele kontuurile, kui nad asetada homogeensesse magnetvälja, induksiooniga  $1000\text{ Gs}$ , nii et kontuuride tasapinnad moodustavad magnetvälja suunaga  $45^\circ$ -se nurga?
- 3.72. Vaskjuhe on murtud nii, et ta moodustab ruudu kolm külge. Kirjeldatud figuur võib pöörelda horisontaalse telje ümber, milleks on ruudu neljas külg. Millise nurga võrra pöörduv figuur, kui juhtmes tekitada vool  $i = 10\text{ A}$  ja ta asukohas homogeenne ning vertikaalne magnetväli  $B = 9,3 \cdot 10^{-3}\text{ T}$ ? Juhtme ristlõikepindala  $S = 2\text{ mm}^2$ .
- 3.73. Galvanomeetri pool, mis ripub homogeensesse magnetvälja  $B = 0,1\text{ T}$  paigutatud niidi otsas, on mähitud peenikesest traadist ristkülikukujulise ristlõikega karkasile külgedega  $a = 3\text{ cm}$  ja  $b = 2\text{ cm}$ , sisaldades  $N = 400$  keerdu. Voolutugevus poolis  $i = 0,1\text{ }\mu\text{ A}$ . Leida poolile mõjuv pöördemoment, kui: a) pooli keeru tasand on paralleelne magnetväljaga, b) keeru tasand moodustab magnetvälja suunaga nurga  $\alpha = 60^\circ$ .

- 3.74. Peegelgalvanomeetri pooli moodustab 100 keerust koosnev ristkülikukujuline mähis. Pooli mõõtmed on 40 mm x 30 mm ning ta ripub vertikaalse niidi otsas, mille keerdjäikus on 0,001 G·cm/nurgakraad. Pool asetseb püsivmagneti pooluste vahel, millede kuju on selline, et magnetvälja pooli mis tahes asendis võib lugeda radiaalseks pooli pöörlemisteljega ning magnetilist induktsiooni võrdseks 1000 Gs-ga. Millise nurga võrra pöördub pool, kui teda läbib 0,1 mA tugevune vool? Milline vool kutsub esile valguslaigu ühemillimeetrise nihke galvanomeetri peeglist 1 m kaugusel asetseval skaalal?
- 3.75. Galvanomeetri pool, koosnedes  $N = 600$  keerust, ripub homogeenses magnetväljas  $B = 0,2$  T niidi otsas, mille pikkus  $l = 10$  cm, diameeter  $d = 0,1$  mm ning nihkemoodul  $G = 6 \cdot 10^9$  N/m<sup>2</sup>. Pooli ristlõikepindala  $S = 4,2$  cm<sup>2</sup>. Kui poolis tekitati vool, pöörduis ta nurga  $\alpha = 0,5^\circ$  võrra. Kui tugev see vool oli?
- 3.76. Määrata homogeenses magnetväljas  $B = 0,1$  T magnetnõelale mõjuv pöördemoment, kui nõela magnetmoment  $p_m = 0,2$  Am<sup>2</sup> ja ta telg moodustab magnetvälja suunaga nurga  $\alpha = 30^\circ$ .
- 3.77. Ühte otsa pidi rippuv magnetpulk, mille magnetmoment  $p_m = 1200$  CGSM-ühikut, võib pöörelda vertikaaltasandis. Pulga pikkus  $l = 8$  cm, mass  $m = 10$  g ning ta asetseb horisontaalses magnetväljas  $B = 50$  Gs. Millise nurga moodustab magnetpulk vertikaalsihiga?
- 3.78. Raudukujuline  $N$  keerust koosnev pool võib pöörelda vertikaalse telje ümber, mis läbib horisontaalselt asetsevate vastaskülgede keskpunkte. Pool asetseb horisontaalses magnetväljas, mille induktsioon on  $B$ . Poolis kulgeva voolu tugevus on  $i$ . Määrata voolu saund pooli püsiva tasakaaluasendi puhul. Määrata pooli väikeseamplituudiliste võnkumiste periood nimetatul tasakaaluasendi suhtes, kui raami inertsimoment on  $I$  ja külje pikkus  $a$ .

- 3.79. Väike ja kerge vooluga raamike võib pöörelda vertikaalse sümmeetriatelje ümber. Maa magnetväljas on raami võnkeperiood  $T_1$ , vooluga solenoidi sees aga  $T_2$ . Maa magnetvälja induksioon on  $B$ , inklinatsiooninurk  $\alpha$ . Kui suur on magnetvälja induksioon solenoidi sees? Võnkumiste sumbumise võib jätta arvestamata.
- 3.80. Horisontaalse kompassinõela väikese amplituudiga võnkumiste periood Maa magnetväljas  $T_1 = 0,7$  s. Sama nõela võnkeperiood pika solenoidi sees  $T_2 = 0,1$  s. Võnkumiste sumbumine on mõlemal juhul tühine. Leida Maa magnetvälja horisontaalkomponent, kui magnetväli solenoidi sees  $B_g = 8,8$  Gs.
- 3.81. Pika horisontaalse solenoidi keskele on kinnitatud spiraalvedrude abil pool, mis võib pöörduda solenoidi teljega ristuva telje ümber. Solenoidi keerdude tihe-  
 dus  $n = 5000 \text{ 1/m}$ , pooli keerdude arv  $N = 50$ , keeru pindala  $S = 4,0 \text{ cm}^2$ ; voolu puudumisel on pooli keeru tasand paralleelne solenoidi teljega. Juhtides voolu pooli ja temaga elektriliselt järjestikku ühendatud solenoidi, pöördus pool nurga  $\alpha = 60^\circ$  võrra. Määrata voolutugevus, kui vedru jäikustegur  $k = 6,0 \cdot 10^{-5} \text{ Nm/rad}$  (vedru jäikustegur on arvuliselt võrdne pöördemomendiga, mille mõjul vedru keerdub nurga  $\alpha = 1 \text{ rad}$  võrra).
- 3.82. Pika solenoidi keskel, mille keerdude arv pikkusühiku kohta on  $n$ , asetseb  $N$  keerust koosnev lühike pool ristlõikepindalaga  $S$  (joon. 3.10). Pooli telg on asetatud vertikaalselt ning risti solenoidi teljega. Pool on kinnitatud kaalukangi ühe õla külge ning kaal on voolu puudumisel tasakaalus. Kui mõlemasse pooli juhtida vool tugevusega  $i$ , tuleb kaalu tasakaalustamiseks asetada kangi teisele õlale kinnitatud vaekausile koormus  $P$ . Kangi selle õla pikkus on  $L$ . Määrata voolutugevus  $i$ .

Kuidas mõjub solenoidi märgatav lühendamine tasakaalustamiseks vajaliku koormuse suurusele? Kas võib



Joon. 3.10.

kirjeldatud riista kasutada vahelduvvoolu tugevuse mõõtmiseks? On ta kasutatav vattmeetrina?

- 3.83. Horisontaalses rõngas, mille raadius  $R = 4,5$  cm, kulgeb vool  $i = 5$  A. Asetsedes vertikaalsuunas muutuv magnetväljas, on rõngas paigal, ilma et ta toetuks alusele või oleks kinnitatud millegi külge. Leida magnetvälja gradient rõnga asukohas, kui rõnga mass  $m = 10$  g.
- 3.84. Kahe ühesuguse ühtivate telgedega ringvoolu  $i = 50$  A raadiused  $R = 2$  cm ja nende vahemaa  $x_0 = 10$  cm. Leida jõud, millega üks ringvooludest mõjustab teist.

Töö vooluga juhtme liikumisel magnetväljas

- 3.85. 10 cm pikkune juhe, mida läbib 100 A tugevune vool, on asetatud homogeensesse magnetvälja risti jõujoontega. Millist tööd tuleb teha, et nihutada seda juhet risti magnetväljaga 5 cm võrra, kui magnetvälja induksioon on 1000 Gs?
- 3.86. Kahe pika ja paralleelse sirgjuhtme vahemaa on 10 cm. Juhtmeid läbivad samasuunalised voolud, tugevusega 10 A ja 30 A. Kui palju tööd tuleb teha juhtmete iga meetripikkuse lõigu kohta nende eemaldamiseks teineteisest 20 cm kaugusele?
- 3.87. 1 m pikkune sirgjuhtmelõik liigub ühtlaselt magnetväljas, mille induksioon on 1 T. Liikumine toimub kiirusega 10 cm/s, kusjuures kiirus on risti nii juhtmelõigu kui magnetväljaga. Millise tugevusega vool peab kulgema juhtmes, kui 4 s jooksul on magnetvälja jõudude töö 10 J?

- 3.88. Homogeenses magnetväljas jõujoontega risti asetseb vooluga juhtmekeerd, mille pindala  $S = 100 \text{ cm}^2$ . Voolutugevus juhtmekeerus  $i = 3 \text{ A}$ . Milline peaks olema selle voolu suund, et juhtmekeeru pööramiseks ümber tema diameetri nurga  $\alpha = 180^\circ$  võrra oleks väljajõudude töö positiivne? Leida see töö, kui magnetvälja induksioon  $B = 0,12 \text{ Gs}$ .
- 3.89. Ruudukujuline traadist kontuur, külje pikkusega  $10 \text{ cm}$  ning vooluga  $6 \text{ A}$ , ripub vabalt homogeenses magnetväljas, mille induksioon on  $10\,000 \text{ Gs}$ . Millist tööd tuleb teha, et pöörata kontuuri  $180^\circ$  võrra ümber magnetväljaga risti asetseva telje? Voolutugevus kontuuri pöördumise käigus lugeda konstantseks.
- 3.90. Juhtmekeerd, milles kulgeb vool  $i = 20 \text{ A}$ , asetseb vabalt homogeenses magnetväljas  $B = 0,016 \text{ T}$ . Keeru diameeter  $d = 10 \text{ cm}$ . Kui palju tuleb teha tööd a) juhtmekeeru eemaldamiseks magnetväljast, b) keeru pööramiseks ümber oma diameetri nurga  $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$  ja  $\alpha_2 = \pi$  võrra?
- 3.91. Homogeenses magnetväljas  $B = 8000 \text{ Gs}$  paikneb ruudukujulise ristlõikega lühike pool, mille külje pikkus  $a = 4 \text{ cm}$  ja keerdude arv  $N = 10$ . Pooli keeru tasand moodustab magnetvälja suunaga nurga  $\alpha = 30^\circ$ . Leida magnetvälja jõudude töö pooli pööramiseks tasakaaluasendisse, kui temas kulgeva voolu tugevus  $i = 5 \text{ A}$ .
- 3.92. Lähtudes ülesande 3.69 tingimustest, leida töö: a) raami eemaldamiseks juhtmest paralleelselt tema endaga lõigu  $a$  võrra, b) raami pööramiseks juhtmest kaugemal asetseva külje  $b$  ümber nurga  $\alpha = 180^\circ$  võrra.
- 3.93. Pika sirgjuhtme lähedal asetseb ristkülikukujuline kontuur. Kontuur ning juhe paiknevad samas tasandis; kaks pikemat külge, pikkusega  $3 \text{ cm}$ , on paralleelsed juhtmega. Nende külgede kaugused juhtmest on  $4$  ja  $6 \text{ cm}$ . Ristkülikus kulgeva voolu tugevus on  $3 \text{ A}$ , kuna voolu tugevus sirgjuhtmes on  $100 \text{ A}$ . Millist tööd tuleb teha kon-

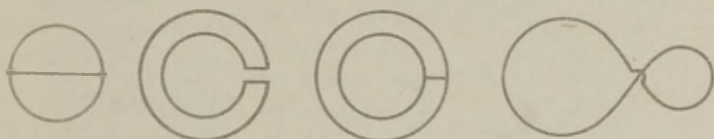
tuuri nihutamiseks piki tema enda tasandit, nii et kontuuri keskpunkt eemalduks juhtmest piki selle rist-sirget 8 cm võrra?

- 3.94. Ülesandes 3.60 kirjeldatud ketas pöörleb sagedusega  $\nu = 2$  pöoret/s. Milline on sellise mootori võimsus?
- 3.95. Ruudukujuline raam, milles kulgeva voolu tugevus  $i = 2$  A, asetseb homogeenses magnetväljas, mille indukt-sioon  $B = 1$  T, nii et raami tasapind on risti magnet-väljaga. Raamile rakendatakse väljastpoolt jõupaar, mille moment jääb edaspidi konstantseks:  $M = 0,1$  kGm. Millise nurkkiiruse omandab raam pärast seda, kui ta on pöördunud  $\alpha = 180^\circ$  võrra? Raami inertsimoment  $I = 10^5$  g·cm<sup>2</sup> ja pindala  $S = 10^3$  cm<sup>2</sup>. Voolutugevus hoi-takse liikumise käigus konstantseks.
- 3.96. Solenoid, mille amperkeerude arv ühe sentimeetri koh-ta piki solenoidi telge on 500 ning mille ristlõike-pindala on 100 cm<sup>2</sup>, tõmbab enese poole aksiaalset, 10 keerust koosnevat pooli, milles kulgeva voolu tugevus on 1 A. Pooli ristlõikepindala on 1 cm<sup>2</sup> ning kaal 6 G. Mõjuvate jõudude tagajärjel liigub pool kiirenevalt, saavutades maksimaalse kiiruse solenoidi keskel. Mää-rata pooli maksimaalne kiirus, lugedes pooli eraldunud soojushulga tühiselt väikeseks.
- 3.97. Kaks antiparalleelset ringvoolu  $i = 2$  A asetsevad tei-neteisest  $d = 10$  cm kaugusel, kusjuures ringvoolude raadiused  $R$  on samuti 10 cm. Ühe ringvoolu keskpunktis asetseb väike juhtmekeer, milles kulgeva voolu tuge-vus  $i_0 = 0,1$  A. Millist tööd tuleb teha juhtmekeeru üleviimiseks teise ringvoolu keskpunkti? Nii liikumise alg- kui lõppmomendil on kõigi kolme kontuuri tasapin-nad teineteisega paralleelsed. Juhtmekeeru pindala  $S = 10,1$  cm<sup>2</sup>.
- 3.98. Kahe ühtivate telgedega pooli magnetmomendid  $p_{m1} = 8,0 \cdot 10^{-2}$  A·m<sup>2</sup> ja  $p_{m2} = 12,0 \cdot 10^{-2}$  A·m<sup>2</sup> ning nende va-hemaa  $x_0 = 100$  cm on suur võrreldes nende läbimõõdu ja

pikkusega. Leida: a) töö teise pooli eemaldamiseks esimesest piki poolide ühist telge  $a = 10$  cm võrra, b) jõud, millega üks poolidest mõjustab teist.

### Elektromagnetiline induksioon

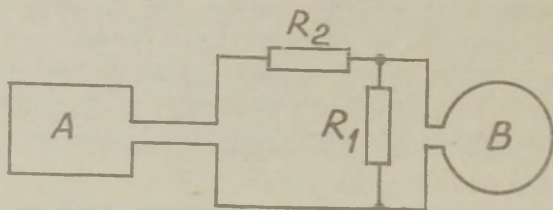
- 3.99. Elektromagneti pooluste vahele, kus magnetvälja tugevus on 4000 Oe, on asetatud 10-cm läbimõõduga traatsilmus, mille tasand on risti väljaga. Määrata selles silmuses indutseeritava elektromotoorjõu keskmine väärtus magnetpooluste ümberlülitamisel, kui see kestab 0,2 s.
- 3.100. Joonisel 3.11 kujutatud peenikesest traadist tasapinnalised figuurid asetsevad homogeenses magnetväljas, mis on risti joonise tasandiga ja suunatud joonise eest joonise taha. Magnetväli hakkab vähenema. Määrata induksioonivoolu suund igas figuuris.



Joon. 3.11.

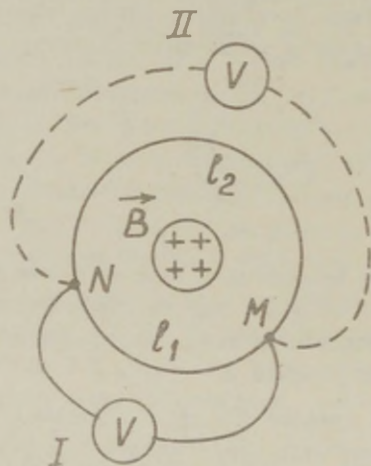
- 3.101. Juhtmekeerud asetseb homogeenses, ajas muutuvas magnetväljas  $B = 0,5 (1 + e^{-t})(T)$ , mis on risti keeru tasandiga. Leida juhtmekeeruse indutseeritud elektromotoorjõud, kui keeru pindala  $S = 1 \text{ m}^2$ .
- 3.102. Juhtmekeerud, mille raadius  $R = 50$  cm, paikneb risti homogeenses, ajas muutuvas magnetväljas  $B = 5 \cdot 10^{-2} t (T)$ . Leida indutseeritud elektrivälja jõudude töö elektroni ümberpaigutamiseks kogu juhtmekeeru ulatuses.
- 3.103. Magnetvälja induksioon dünamo pooluste vahel on 8000 Gs. Ankur koosneb 100 keerust, kusjuures iga keeru pindala on  $500 \text{ cm}^2$ . Mitu pööret minutis teeb ankur, kui temas indutseeritava elektromotoorjõu maksimaalne väärtus on 200 V?

- 3.104. Kontuurid A ja B (vt. joon. 3.12) asetsevad muutuvas magnetväljades. Magnetvoogude muutumisreedused kontuuris A ja B on vastavalt  $\dot{\Phi}_A = k_A t$  ja  $\dot{\Phi}_B = k_B t$ . Vooluringi ülejäänud osades väline magnetväli puudub. Leida voolutugevused mõlemas kontuuris, kui  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$ ,  $k_A = 100 \text{ Wb/s}$  ja  $k_B = 60 \text{ Wb/s}$ .



Joon. 3.12.

- 3.105.



Joon. 3.13.

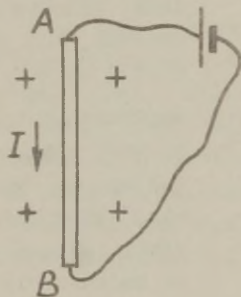
Vasest juhtmekeerud hõlmab trafosüdamikku. Voolu muutumise tõttu trafo mähises muutub magnetvoog trafosüdamikus ühtlaselt kiirusega  $-30 \text{ Wb/s}$ . Punktid M ja N jaotavad juhtmekeeru kahte osaks nii, et  $l_2 = 2l_1$ . Nende punktidega võib ühendada voltmeetri selliselt, nagu näidatud joonisel 3.13. Mida näitab voltmeeter mõlemal juhul, kui juhtmekeeru takistus

on tühine võrreldes voltmeetri omaga?

- 3.106<sup>d</sup>. Tasapinnaline spiraal, mille keerdude arv N on väga suur, asetseb spiraali tasandiga ristuvas homogeenases magnetväljas  $B = B_0 \sin \omega t$ . Leida spiraalis indutseeritud elektromotoorjõud, kui spiraali välisraadius on a.

- 3.107. Lennuk lendab horisontaalselt kiirusega 360 km/h. Määrata tema tiibade otste potentsiaalide vahe, kui nende ulatus on 30 m ja Maa magnetvälja vertikaalkomponent 0,5 Gs.
- 3.108. Homogeenses magnetväljas  $B = 1$  T liigub kulgevalt kiirusega  $v = 2$  m/s juhtmelõik, mille pikkus  $l = 4$  cm. Juhtmelõik on risti magnetväljaga, kuid liikumise suund moodustab magnetvälja suunaga nurga  $\alpha = 30^\circ$ . Leida juhtmelõigu otstel indutseeritud potentsiaalide vahe.

- 3.109. Sirgjuhtmelõik AB pikkusega  $l = 1,2$  m on peenikese juhtme abil ühendatud vooluallikaga  $\mathcal{E} = 24$  V (vt. joon. 3.14). Vooluallika sisetakistus  $r = 0,5 \Omega$ . Sirgjuhe asetseb homogeenses magnetväljas  $B = 0,85$  T, mis on risti juhtmega. Leida voolutugevus juhtmes, kui juhtmelõik liigub kiirusega  $v = 12,5$  m/s risti magnetväljaga. Mitu korda muutub voolutugevus vooluringis pärast juhtme seismajäämist? Välise vooluringi kogutakistus  $R = 2,5 \Omega$ .



Joon. 3.14.

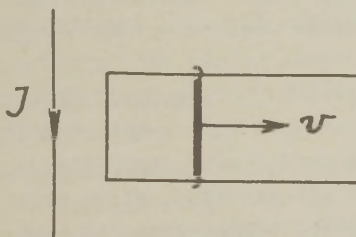
- 3.110. 20 cm pikkune sirge juhe asetseb homogeenses magnetväljas, mille induksioon on 10 000 Gs, risti välja jõujoontega. Selle juhtme otsad ühendatakse traadiga, mis asub väljaspool magnetvälja. Saadud vooluringi takistus on  $0,1 \Omega$ . Millist jõudu tuleb rakendada, et nihutada juhet magnetväljas kiirusega 25 m/s risti selle jõujoontega? Kui suur on seejuures kulutatav võimsus?
- 3.111. Kulgegu raudtee paralleelselt magnetilise meridiaani tasandina. Olgu relsid isoleeritud nii maast kui ka teineteisest. Raudteel liigub rong kiirusega 60 km/h.

Relssidevaheline kaugus on 1,2 m ja Maa magnetvälja vertikaalkomponent 0,5 Gs. Mida näitab relsside vahele ühendatud millivoltmeeter rongi lähenemisel mõõteriistale, rongi eemaldumisel sellest või siis, kui mõni ratta telgedest asetseb mõõteriista kohal? Kas mõjustab saadud tulemust magnetvälja horisontaalkomponent, kui raudteel on ka käänakuid?

- 3.112. Pikk sirgjuhe on murtud nurga  $2\alpha$  all ja paigutatud homogeensesse magnetvälja  $B$ , mis on risti juhtme tasandiga. Nurga haarasid moodustavatel juhtmeosadel liigub ühtlaselt kiirusega  $v$  nurgapoolitaja suunas eemale nurga tipust poolitajaga ristuv sirgjuhtme lõik. Määrata kirjeldatud kontuuris tekkinud voolu tugevus, kui juhtmete ühikulise pikkusega lõigu takistus on  $R_e$ .
- 3.113. Peenikesest traadist rõngas, mille raadius on  $R$ , asetseb rõnga tasandiga ristuv homogeenses magnetväljas  $B$ . Rõngal libiseb ühtlaselt kiirusega  $v$  sirgjuhtme lõik nii, et liikumise suund on kogu aeg risti juhtmelõiguga. Leida kirjeldatud süsteemis voolu indutseeriva elektromotoorjõu väärtus.
- 3.114. Pikk juhe on painutatud parabooli  $y = ax^2$  kujuliseks ja asetatud homogeensesse magnetvälja, mis on risti juhtme tasandiga. Ajahetkel  $t = 0$  hakkab parabooli tipust libisema  $y$ -telje suunas jääva kiirendusega  $w$  juhtmel lebav sirgjuhtme lõik, mis on risti  $y$ -teljega. Leida kirjeldatud kontuuris voolu indutseeriv elektromotoorjõud sõltuvalt sirge juhtmelõigu  $y$ -koordinaadist.
- 3.115. Piki kahte paralleelset sirgjuhet libiseb ühtlaselt kiirusega  $v = 2$  m/s sirgjuhtme lõik, mis on risti juhtmetega. Juhtmete vahemaa  $d = 40$  cm ja nad asetsevad juhtmete tasandiga ristuv homogeenses magnetväljas  $B = 0,5$  Gs. Juhtmete ühed otsad on ühendatud omavahel takistiga  $R_1 = 1000 \Omega$ , teised otsad takis-

tiga  $R_2 = 500 \Omega$ . Leida liikuvast juhtmes indutseeritud vool, kui tema takistus  $R = 10 \Omega$ .

- 3.116. Kahe pika ja paralleelse horisontaalse metall-lati ühed otsad on omavahel ühendatud läbi takisti  $R$ . Lattide vahemaa on  $d$  ning nad asetsevad homogeeneses magnetväljas  $B$ , mis on risti lattide tasandiga. Piki latte võib libiseda nendega ristuv metallvarras, mille mass on  $m$ . Ajahetkel  $t = 0$  anti varrale algkiirus  $v_0$  ning ta hakkas eemalduma takistiga ühendatud otstest. Jättes arvestamata lattide ja varra takistuse ning induktiivsuse, leida: a) vahemaa, mille läbib varras kuni seismajäämiseni, b) seejuures takistis  $R$  eralduv soojushulk.
- 3.117. Pikas sirgjuhtmes kulgeb vool  $I$  ning tema magnetväljas asetseb  $\Pi$ -kujuline juhe koos viimasel ühtlaselt kiirusega  $v$  libiseva juhtmelõiguga, mille pikkus on  $d$  ja takistus  $R$  (vt. joon. 3.15). Kõik juhtmed asetsevad ühes ja samas tasandis.  $\Pi$ -kujulise juhtme takistus ja induktiivsus on tühiselt väikesed. Leida kontuuris indutseeritud voolutugevus sõltuvalt liikuva juhtme kaugusest  $x$  vooluga sirgjuhtmeni.



Joon. 3.15.

- 3.118. Ristkülikukujuline raam külgede pikkustega  $a$  ja  $b$  liigub lõpmatult pika sirgjuhtme tasandis nii, et kiirusvektori  $v$  suund jääb kogu aeg risti juhtmega, mis on ühtlasi paralleelne küljega  $b$ . Voolutugevus juhtmes on  $i$ . Määrata raamis indutseeritud elektro-

motoorjõud, sõltuvalt raami juhtme poolse külje  $b$  kaugusest  $x$  juhtmeni, ning induksioonivoolu suund.

- 3.119. Pikk vooluga sirgjuhe ja kaks temaga paralleelset metall-latti asetsevad ühes ja samas tasandis. Vool sirgjuhtmes on  $I$ , lähema lati kaugus sellest  $a$ , kaugemal asuva oma  $b$ . Lattide kaks otsa on omavahel ühendatud läbi takisti  $R$ . Lattidel libiseb takistiga seotud otstest jääva kiirusega  $v$  eemale lattidega ristuv sirgjuhtmelõik. Jättes arvestamata hõõrdumise ja juhtmete takistuse leida: a) kirjeldatud kontuuris tekkinud voolu suund ja suurus; b) liikuvale juhtmelõigule mõjuv jõud, mis tagab selle ühtlase liikumise.
- 3.120.  $\Pi$ -kujuline juhe asetseb homogeenses magnetväljas, mis on risti juhtme tasandiga ja muutub ajas kiirusega  $\frac{dB}{dt} = 0,1 \text{ T/s}$ . Selle juhtme paralleelseid külgi mööda hakkab liikuma jääva kiirendusega  $w = 10 \text{ cm/s}^2$  külgi sildav sirgjuhtmelõik, mille pikkus  $l = 20 \text{ cm}$ . Leida kontuuris indutseeritud elektromotoorjõud aja hetkel  $t = 2 \text{ s}$  pärast liikumise algust, kui ajahetkel  $t = 0$  nii magnetväli kui ka kontuuri pindala olid võrdsed nulliga. Kontuuri induktiivsust ei pruugi arvestada.
- 3.121. Kahe paralleelse ja vertikaalse metall-lati ülemised otsad on ühendatud läbi takisti  $R$ . Lattide vahemaa on  $l$  ning nendel võib ilma hõõrdumiseta langeda horisontaalne metallvarras, mille mass on  $m$ . Kogu süsteem asetseb homogeenses magnetväljas  $B$ , mis on risti lattide tasandiga. Teatud ajahetkel varras vabastati. Leida varda langemiskiiruse ajaline sõltuvus, lugedes juhtide takistuse tühiselt väikeseks.
- 3.122. Takisti  $R$  on ühendatud kahe pika vertikaalse vasklatti ülemise otsaga. Lattide vahemaa on  $l$ . Lattidel võib langeda neid sildav horisontaalne juhtmelõik, mille mass on  $m$ . Kogu süsteem asetseb homogeenses magnetväljas  $B$ , mis on risti lattide tasandiga.

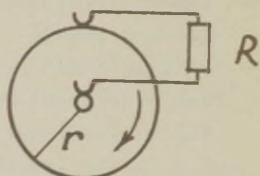
Juhtmelõik vabastati ja ta hakkab langema, ilma et tema elektriline kontakt lattidega katkeks. Leida ühtlase liikumise kiirus, mille saavutab juhtmelõik, eeldades, et lattide induktiivsus pikkusühiku kohta on  $k$ , kuid kõikide juhtide takistus ühiselt väike. Kas ühtlane liikumine on alati saavutatav?

- 3.123. Kondensaator, mille mahtuvus on  $C$ , ühendati kahe vertikaalse ning paralleelse, teineteisest kaugusel  $l$  asetseva vasklati ülemiste otstega. Homogeenne horisontaalne magnetväli, mille induksioon on  $B$ , asetseb risti lattide tasandiga. Piki latte langeb algiiruseeta metallitükk, mis on alati kontaktis mõlema latiga ning mille mass on  $m$ . Juhtide induktiivsuse ning takistuse võib lugeda tühiselt väikeseks. Määrata metallitüki kiirendus ning kondensaatorit laadiva voolu tugevus.
- 3.124. Ristkülikukujuline raam, külgede pikkustega  $a$  ja  $b$ , asetseb lõpmatult pika vooluga sirgjuhtmega samas tasandis, kusjuures küljed  $b$  on paralleelsed juhtmega ning lähemal asetseva külje kaugus juhtmest  $d > a$ . Milline laeng läbib raami moodustava juhtme mis tahes ristlõiget raami pööramisel ümber juhtmele lähemal asetseva külje  $180^\circ$  võrra? Sirgvoolu tugevus on  $i$ , raami moodustava juhtme ristlõikepindala  $S$  ja materjali eritakistus  $\rho$ .
- 3.125. Homogeenses magnetväljas, mille tugevus  $100 \text{ Oe}$ , pöörleb ühtlaselt nurkkiirusega  $100 \text{ rad/s}$  metallvarb, pikkusega  $0,2 \text{ m}$ . Määrata elektromagnetilise induksiooni tulemusena varva otstel tekkinud potentsiaalide vahe märk ning suurus, kui pöörlemistelg läbib varva ühte otsa ning on paralleelne jõujoontega.
- 3.126. Peenike metallvarras, mille pikkus on  $l$ , pöörleb ühtlaselt sagedusega  $\nu$  homogeenses magnetväljas  $B$ . Pöörlemistelg läbib varrast, kusjuures varda pöörlemistasand on risti magnetväljaga. Leida varda otstel indutseeritud potentsiaalide vahe sõltuvus pöörlemis-

telje kaugusest varda ühe otsani. Kui suur see potentsiaalide vahe on, kui pöörlemistelg läbib; a) varda otsa; b) varda keskpunkti; c) punkti, mille kaugus varda ühest otsast on  $1/4$ ?

3.127. Vaskketas, mille raadius on 10 cm, pöörleb magnetväljas, tehes 100 pööret sekundis. Magnetväli on risti ketta tasandiga ning selle tugevus on  $10^4$  Oe. Kaks liugkontakti, millest üks on ühenduses ketta teljega, teine aga libiseb piki ketta serva, ühendavad ketta ga 10-oomist takistust ning ampermeetrit sisaldava voluluringi. Mida näitab ampermeeter, kui selle takistus lugeda tühiselt väikeseks? Mida näitab ampermeeter, kui ülalkirjeldatud ketas asendada samaraadiuselise ning kahe kodaraga rattaga? Ratta elektriline takistus lugeda tühiselt väikeseks.

3.128. Homogeenses magnetväljas  $B$  pöörleb ühtlaselt ümber oma telje sagedusega  $\nu$  vaskketas, mille raadius on  $r$ . Pöörlemistelg on paralleelne magnetväljaga ning ketas ise on ühendatud takistiga  $R$  liugkontaktide abil (vt. joon. 3.16). Määra ketta pöörlemisel tekkiv induksiooni elektromotoorjõud; laeng, mis läbib voluluringi  $N$  pöörde jooksul, ja takistis  $R$  sama aja vältel eraldunud soojushulk. Ketta ja ühendusjuhtmete takistus lugeda tühiselt väikesteks.



Joon. 3.16.

3.129. Peenikese traadi otsas, mille pikkus  $l = 2$  m, ripub raske kerake. Traat võib võnkuda vertikaaltasandis risti magnetväljaga, mille induksioon  $B = 0,25$  mGs. Traadi algasend on horisontaalne. Kui suur on potentsiaalide vahe traadi otstel pärast seda, kui ta lasti võnkuma ja läbib tasakaaluasendit?

3.130. Peenikesest traadist poolrõngas, mille diameeter on  $d$ , pöörleb ühtlaselt nurkkiirusega  $\omega$  ümber telje,

mis läbib traadi ühte otsa ja on risti poolrõnga tasandiga. Selle tasandiga on risti ka homogeenne magnetväli  $B$ . Leida poolrõngas indutseeritud elektromotoorjõud.

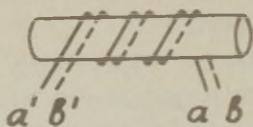
- 3.131. Ristkülikukujuline raam, mille külgede pikkused on  $a$  ja  $b$ , pöörleb nurkkiirusega  $\omega$  ümber külje  $a$ . Raam asetseb homogeenes, siinuseliselt muutuv magnetväljas, mille nurksagedus on  $\omega'$  ja mis on risti raami pöörlemisteljega. Määrata raamis indutseeritud emf. Vaadelda erandjuhtu, mil  $\omega' = \omega$  ja 1) algmomendil  $B = B_0$  ning raami tasand on risti magnetväljaga; 2) algmomendil  $B = B_0$ , kuid raami tasand on paralleelne magnetväljaga.  $B_0$  on magnetvälja induksiooni amp-lituudväärtus.
- 3.132. Lühistatud pool, mille keerdude arv  $N = 100$  ning iga keeru pindala  $S = 5 \text{ cm}^2$ , asetseb magnetväljas  $H = 120 \text{ Oe}$ , kusjuures pooli telg ühtib välja suunaga. Milline laeng läbib pooli ristlõiget, kui ta eemaldata magnetväljast? Pooli takistus  $R = 2 \Omega$ .
- 3.133. 2-oomise takistusega ning  $40\text{-cm}^2$  pindalaga juhtmekeerd on asetatud homogeenesse  $1000\text{-Gs}$  induksiooniga magnetvälja; keeru tasand on paralleelne välja jõujoontega. Milline laeng läbib keeru ristlõiget, kui seda pöörata  $30^\circ$  võrra ümber magnetväljaga risti asetseva diameetri?
- 3.134. Vasktraadist juhtmekeerd asetseb keeruga ristuvast homogeenes magnetväljas  $H$ , mis teatud aja jooksul nõrgeneb kuni nullini. Keeru raadius on  $r$  ja traadi ristlõikepindala  $S$ . Mitu elektroni jõuab läbida voolu olemasolu vältel traadi ristlõiget?
- 3.135. Vaskrõngas ( $m = 5 \text{ kg}$ ) asetseb magnetilise meridiaani tasandis. Milline laeng läbib rõnga ristlõiget, kui seda pöörata ümber vertikaaltelje nurga  $\alpha = 90^\circ$  võrra. Maa magnetvälja horisontaalkomponent  $B_h = 0,2 \text{ Gs}$ .

- 3.136. Magnetvoog läbi liikumatu kontuuri, mille takistus on  $R$ , muutub aja  $\tau$  jooksul vastavalt seadusele  $\phi = at(\tau - t)$ . Leida selle aja jooksul kontuuris eralduv soojushulk. Kontuuri induktiivsust pole vaja arvestada.
- 3.137. Pikas solenoidis, mille raadius on  $a$  ja keerdude tihedus  $n$ , muutub vool kiirusega  $\frac{di}{dt}$ . Leida indutseeritud pööriselektrivälja tugevuse mooduli sõltuvus kaugusest  $r$  solenoidi teljeni.
- 3.138. Pikka solenoidi, mille läbimõõt  $d = 5$  cm ja keerdude tihedus  $n = 20$  1/cm, ümbritseb tihedalt vasktraadist rõngas. Traadi ristlõikepindala  $S = 1$  mm<sup>2</sup>. Leida voolutugevus rõngas, kui vool solenoidis muutub kiirusega  $di/dt = 100$  A/s. Rõnga induktiivsust ei ole vaja arvestada.
- 3.139. Dielektrikust peenike rõngas, mille mass on  $m$  ja laeng  $q$ , võib vabalt pöörelda ümber oma telje. Algmomendil, mil magnetväli puudub, on rõngas liikumatu. Seejärel tekitatakse homogeenne, rõnga tasandiga ristuv ja ajas teatud seaduse järgi kasvav magnetväli  $\vec{B}(t)$ . Leida rõnga nurkkiirus  $\vec{\omega}$  kui  $\vec{B}(t)$  funktsioon.
- 3.140. Pika solenoidi sees, tema keskel asetseb ristkülikukujulise ristlõikega koaksiaalne rõngas, mille aine eritakistus on  $\rho$ . Rõnga paksus on  $h$  ning ta sise- ja välisraadiused vastavalt  $a$  ja  $b$ . Leida rõngas indutseeritud voolu tugevus, kui solenoidi magnetväli muutub ajas vastavalt seadusele  $B = kt$ , kus  $k$  on konstant. Rõnga induktiivsust pole vaja arvestada.
- 3.141. On teada, et vooluga juhtmele mõjuv nn. Ampere'i jõud on juhtmes voolu tekitavatele laetud osakestele mõjuvate Lorentzi jõudude resultant. Vooluga juhtme liikumisel magnetväljas teeb Ampere'i jõud tööd, samal ajal kui Lorentzi jõu töö on null. Kuidas seda vastustolu seletada?

### Eneseinduktsioon

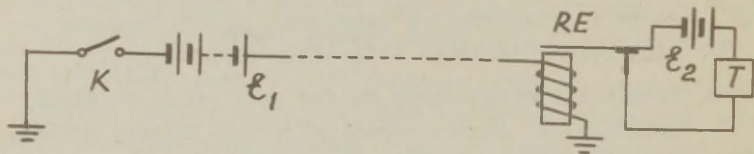
- 3.142. Mitu keerdu 0,4-mm läbimõõduga isoleeritud traati peab mähkima 2-cm läbimõõduga kartongist silindrile, et saada ühekihiline pool, induktiivsusega 1 mH? Keerud asetatakse tihedalt üksteise vastu.
- 3.143. Solenoid on mähitud vasktraadist, mille ristlõikepindala  $s = 1 \text{ mm}^2$  ning kogutakistus  $R = 0,2$  oomi. Solenoidi pikkus  $l = 25$  cm. Määrata solenoidi induktiivsus.
- 3.144. Arvutada vasktraadist mähitud ühekihilise solenoidi relaksatsiooniaeg, kui solenoidi pikkus  $l = 1,0$  m ja kasutatud traadi mass  $m = 1,0$  kg. Eeldada, et solenoidi läbimõõt on palju väiksem tema pikkusest.
- 3.145. Pooli, mille keerdude arv on 500, läbib 1 A tugevune vool, tekitades läbi ühe keeru magnetvoo 200 Mx. Määrata pooli induktiivsus.
- 3.146. Leida ruudukujulise ristlõikega toroidaalse mähise induktiivsus, kui ruudu külje pikkus on  $a$ , mähise siseraadius  $b$  ning keerdude arv  $N$ . Südamiku suhteline magnetiline läbitavus  $\mu = 1$ .
- 3.147. Leida koaksiaalkaabli induktiivsus ühikulise pikkusega lõigu kohta, kui kaabli soone raadius  $a = 0,5$  mm ja väliskesta raadius  $b = 5$  mm. Kaabli dielektriku suhteline magnetiline läbitavus  $\mu = 1$ . Magnetvoo läbi soone pikilõike võib jätta arvestamata.
- 3.148. Peenikeses sirgjuhtmes kulgev vool pöörduv tagasi koaksiaalset õhukeseseinalist vasksilindrit mööda. Traadi ja silindri läbimõõdud on vastavalt  $a$  ja  $b$ , nende pikkused  $l$ . Leida süsteemi induktiivsus.
- 3.149. Leida kahesoonealise õhuliini induktiivsus ühikulise pikkusega lõigu kohta, kui juhtme raadius  $a$  on palju väiksem kui nende vahekaugus  $d$ .

- 3.150. Pikale silindrile on keritud tihedalt kaks mähist (a, a') ja (b, b') (joon. 3.17). Kummagi mähise induktiivsus on 0,05 H. Milline on kogu mähise induktiivsus, kui ühendada mähiste otsad a' ja b', a ja b' või a' ja b' ning a ja b?



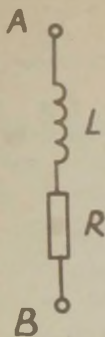
Joon. 3.17.

- 3.151. Ilma südamikuta poolis kasvab vool ühtlaselt kiirusega 100 A/s. Määrata poolis tekkiv eneseinduktsiooni elektromotoorjõud, kui pooli keerdude arv on 1000, tema pikkus 40 cm ja ristlõikepindala 5 cm<sup>2</sup>.
- 3.152. Kuidas muutub ajast sõltuvalt voolutugevus suure induktiivsusega pooli ühendamisel vooluallikaga? Analüüsida sõltuvust voolu algstaadiumidel, lugedes oomilise takistuse seejuures tühiselt väikeseks.
- 3.153. Joonisel 3.18 on telegraafside elektriline skeem. Sidejaoskonnas töötavat telegraafiaparaati T toidab kohalik vooluallikas  $\mathcal{E}_2$ . See vooluallikas lülitatakse vooluringi relee RE abil, mida tüürib vool telegraafiliinis. Relee käivitub, kui selles voolutugevus  $i = 0,2$  A. Vooluallika  $\mathcal{E}_1 = 20$  V, vooluringi kogutakistus  $R = 80$  , induktiivsus  $L = 0,8$  H. Kui palju aega kulub pärast lüliti K sulgemist, enne kui sulgub telegraafiaparaadi vooluring sidejaoskonnas?



Joon. 3.18.

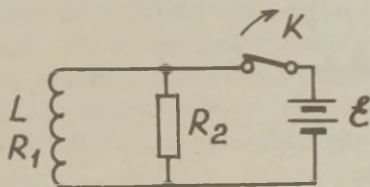
3.154.



Vooluringi osa AB moodustavad induktiivpool  $L = 2,0 \text{ H}$  ja temaga järjestikku ühendatud takisti  $R = 40 \Omega$  (vt. joon. 3.19). Voolutugevus  $I_0 = 20 \text{ mA}$ . Ajahetkel  $t = 0$  hakkab vool poolis kasvama kiirusega  $\frac{di}{dt} = 50 \text{ mA/s}$ . Leida punktide A ja B potentsiaalide vahe ajaline sõltuvus.

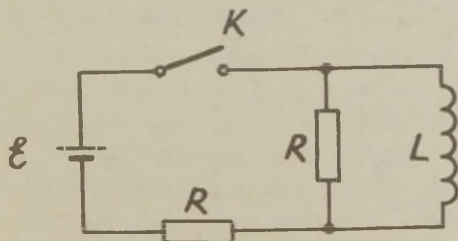
Joon. 3.19.

- 3.155. Joonisel 3.20 kujutatud vooluringis  $R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_2 = 95 \Omega$ ,  $L = 0,34 \text{ H}$  ja  $\mathcal{E} = 38 \text{ V}$ . Vooluallika sisetahtlus on kaduvväike. Leida voolutugevus läbi takisti  $R_2$  kolmel alljärgneval juhtumil: a) enne lüliti K avamist, b) kohe pärast lüliti K avamist, c)  $\tau = 0,01 \text{ s}$  pärast lüliti K avamist.



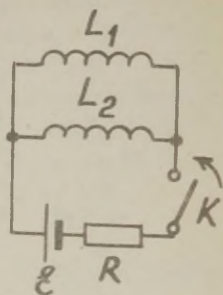
Joon. 3.20.

- 3.156. Leida voolu muutumise seadus joonisel 3.21 kujutatud poolis pärast lüliti K sulgemist ajahetkel  $t = 0$ .



Joon. 3.21.

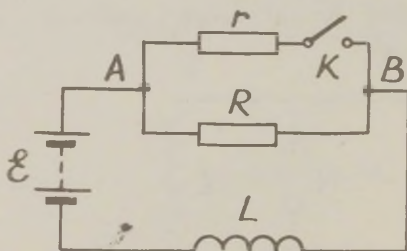
- 3.157. Joonisel 3.22 kujutatud vooluringis on teada vooluallika elektromotoorjõud  $\mathcal{E}$ , takistus  $R$  ning poolide induktiivsused  $L_1$  ja  $L_2$ . Vooluallika sisetakistus ja poolide takistused on kaduvväikesed. Leida väljakujunenud voolude väärtused poolides pärast lüliti  $K$  sulgemist.



Joon. 3.22.

- 3.158. Vooluallika klemmidega on ühendatud pool, induktiivsusega  $L = 2,0 \mu\text{H}$  ja takistusega  $R = 1,0 \Omega$ , ning pooli šunteeriv takisti  $R_0 = 2,0 \Omega$ . Vooluallika elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 3,0 \text{ V}$ . Milline soojushulk eraldub poolis, kui vooluallikas välja lülitada?
- 3.159. Pappsilindrile, mille pikkus  $l = 50 \text{ cm}$  ja diameeter  $D = 3 \text{ cm}$ , on mähitud keerd keeru kõrvale ühekihiline vasktraadist mähis. Traadi läbimõõt  $d = 1 \text{ mm}$ . Mähise otsad ühendatakse ajahetkel  $t = 0$  vooluallikaga, mille elektromotoorjõud  $\mathcal{E} = 1,4 \text{ V}$ . Leida ajavahemik, mille möödumisel on vool saavutanud poole oma maksimumalsest väärtusest. Kui suur soojushulk eraldub poolis selle aja jooksul? Vooluallika sisetakistust pole vaja arvestada.

- 3.160. Joonisel 3.23 kujutatud vooluringi andmed on järgmised:  $\mathcal{E} = 24 \text{ V}$ ,  $R = 2400 \Omega$ ,  $L = 10 \text{ H}$ ,  $r = 2400/99 \Omega$ . Kirjeldada vooluringis toimuvaid nähtusi lüliti  $K$



sulgemisel ja avamisel. Leida avaldis punktide A ja B vahelise pingearvutamiseks. Milline see on vahetult pärast vooluringi avamist?

Joon. 3.23.

### Vastastikune induksioon

- 3.161. Üks kahest võrdse ruumalaga ja peaaegu võrdse pikkusega solenoidist asetseb täielikult teise sees. Leida solenoidide vastastikune induktiivsus, kui nende induktiivsused on vastavalt  $L_1$  ja  $L_2$ .
- 3.162. Kahe ühe ja sama südamikuga toroidaalse mähise induktiivsused  $L_1 = 0,5$  H ja  $L_2 = 0,7$  H. Määrata mähiste vastastikune induktiivsus, kui  $\mu = 1$ .
- 3.163. Kaks pooli, induktiivsustega  $L_1 = 5$  mH ja  $L_2 = 3$  mH, on ühendatud järjestikku ja asetatud selliselt, et nende magnetväljad tugevdavad teineteist. Kogu süsteemi induktiivsus  $L$  on seejuures 11 mH. Leida poolide vastastikune induktiivsus. Kui suur on süsteemi induktiivsus siis, kui jätta poolide asend endiseks, kuid muuta voolu suund ühes poolidest vastupidiseks?
- 3.164. Pikk sirgjuhe ja ristkülikukujuline traadist raam külgedega  $a$  ja  $b$  asetsevad ühes ja samas tasandis. Küljed  $b$  on sirgjuhtmega paralleelsed, lähima külje kaugus juhtmest on  $x$ . Leida süsteemi vastastikune induktiivsus.
- 3.165. Leida toroidaalse mähise ja tema teljel asetseva pika sirgjuhtme vastastikune induktiivsus. Mähise ristlõige on ristkülik, mille juhtmega paralleelse külje pikkus on  $h$ . Mähise siseradius on  $a$ , välisraadius  $b$  ja keerdude arv  $N$ . Aine suhteline magnetiline läbitavus on  $\mu$ .
- 3.166. Kaks peenikesest traadist kontsentrilist rõngast, millede raadiused on  $a$  ja  $b$ , asetsevad ühes ja samas tasandis. Leida süsteemi vastastikune induktiivsus ja magnetvoog, mille tekitab siserõngas kulgev vool  $i$  läbi välisrõnga poolt ümbritsetud tasapinna tüki. Eeldada, et  $a \ll b$ .

- 3.167. Väike silindriline püsivmagnet asetseb koaksiaalselt väga lühikese pooliga, olles selle keskel. Pooli raadius on  $a$  ja keerdude arv  $N$ . Pool on ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Kogu vooluringi takistus on  $R$ . Leida püsivmagneti magnetmoment, kui tema eemaldamisel poolist läbib galvanomeetrit laeng  $q$ .
- 3.168. Leida valem kahe ühesuguse koaksiaalse juhtmekeeru vastastikuse induktiivsuse arvutamiseks, kui nende keskpunktide vahemaa  $h \gg R$ , kus  $R$  on keerdude raadius.
- 3.169. Kahe kontuuri vastastikune induktiivsus on  $L_{12}$ . Ühes kontuuridest hakati voolu muutma vastavalt seadusele  $i_1 = \alpha t$ , kus  $\alpha$  on konstant ja  $t$  - aeg. Leida voolu muutumise seadus teises kontuuris, mille induktiivsus on  $L_2$  ja takistus  $R$ .
- 3.170. Vaakumseadeldiste metallosadele adsorbeerunud gaaside eemaldamiseks kuumutatakse neid osi Foucault' vooludega, mis tekitatakse kõrgsagedusgeneraatoriga ühendatud pooli abil. Kuumutatavaks detailiks on raadiolambi anood. Selleks on nikkelsilinder, mille diameeter  $D = 8$  mm, kõrgus  $h = 2$  cm ning seinapaksus  $a = 0,1$  mm. Anood asetseb koaksiaalselt jämedast traadist valmistatud pooliga, mille keerdude arv  $N = 15$  ning millest läbi juhitava kõrgsagedusvoolu ( $\nu = 10^5$  Hz) tugevus  $I_0 = 50$  A. Nikli eritakistus  $\rho = 7 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ , pooli kõrgus  $H = 10$  cm. Jättes arvestamata Foucault' voolude magnetvälja olemasolu, arvutada silindris iga sekundi jooksul eralduv soojushulk  $Q$ .
- 3.171. Eelmises ülesandes kirjeldatud pooli sisemuses asetseb platinast ketas, mille telg ühtib pooli teljega ning mille diameeter  $D = 2$  cm, paksus  $h = 0,5$  mm. Jättes arvestamata Foucault' voolude magnetvälja olemasolu, arvutada kettas iga sekundi jooksul eraldunud soojushulk  $Q$ .

### Magnetväli ferromagneetikutes

- 3.172. Raudrõngale on mähitud ühe kihina 500 keerdu juhet. Rõnga keskmine läbimõõt on 25 cm. Kui juhtida läbi niisuguse pooli vool, tugevusega 2,5 A, tekib rõngas magnetväli, mille induksioon on 14 000 Gs. Määrata raua suhteline magnetiline läbitavus nendes tingimustes.
- 3.173. Pika solenoidi südamiku moodustab raudvarb. Solenoidi keerdude arv ühe sentimeetri kohta on 8 ning seda läbiva voolu tugevus 2 A. Määrata raua magnetiline vastuvõtlikkus.
- 3.174. Pikk raudsüdamikuga solenoid koosneb 1000 keerust. Kuidas peab muutma keerdude arvu, et südamiku eemaldamisel magnetvälja induksioon poolis jääks endiseks? Raua suhteliseks magnetiliseks läbitavuseks võtta 400.
- 3.175. Raudrõngale on keritud kaks mähist. Kummagi mähise keerdude arv  $N = 50$  ning takistus  $R = 10 \Omega$ . Rõnga keskmine diameeter  $D = 16$  cm ning ristlõikepindala  $S = 10 \text{ cm}^2$ . Määrata induksioonivoog läbi südamiku ristlõike ja südamiku materjali suhteline magnetiline läbitavus järgmistel tingimustel: a) ühe pooli ühendamisel pingega allikaga, mille klemmipingega  $U = 64$  V; b) poolide järjestikusel ühendamisel sama pingega allikaga; c) poolide paralleelsel ühendamisel pingega allikaga.
- 3.176. Terassüdamikuga peenikesest traadist toroidaalse mähise keerdude arv  $N = 800$ , keskmine läbimõõt  $D = 30$  cm ja ristlõikepindala  $S = 1,6 \text{ cm}^2$ . Sama südamik on ümbritsetud juhtmekeeruga, mille otsad on ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Kui mähisesse juhti alalisvool  $i = 1,8$  A, andis ballistiline galvanomeeter hälbe, mis vastas teda läbinud laengule  $q = 0,24$  mC. Teades, et galvanomeetri takistus  $R = 0,8 \Omega$ , leida

magnetvälja tugevus ja induksioon terassüdamikus, samuti terase magneetumus ja suhteline magnetiline läbitavus, mis vastab voolule 1,8 A. Eeldada, et seos B ja H vahel ei ole kasutusel oleva terasesordi jaoks teada.

- 3.177. Eelmises ülesandes kirjeldatud mähises lülitati vool välja, mistõttu ballistilist galvanomeetrit läbis laeng  $q' = 80 \mu\text{C}$ . Leida terassüdamiku jääkinduksioon  $B_j$  ja jääkmagneetumus  $J_j$ .
- 3.178. Toroidaalse mähise sees on õhupiluga raudsüdamik, mille keskmine pikkus  $l_1 = 1,0$  m. Õhupilu laius  $l_2 = 3$  mm ja mähise keerdude arv  $N = 1300$ . Kui mähisesse juhti vool, saavutas magnetvälja induksioon pilus väärtuse  $B_2 = 1,0$  T. Leida voolutugevus mähises.
- 3.179. Toroidaalse mähise sees on õhupiluga eelnevalt magneetumata raudsüdamik, mille pikkus  $l_1 = 0,5$  m. Õhupilu laius  $l_2 = 1,0$  mm ja mähise keerdude arv  $N = 800$ . Mähises tekitati vool  $i = 1,5$  A. Leida magnetvälja induksioon õhupilus ja raudsüdamikus.
- 3.180. Kahel võrdse raadiusega  $R = 10$  cm peenikesel raudrõngal on ühesugused toroidaalsed mähised, kumbki keerdude arvuga  $N = 100$ . Ühel rõngal on õhupilu, paksusega  $d = 1$  mm. Kui tugev vool tuleks juhtida piluga rõnga mähisesse, et tekitada selles niisama suur magnetvälja induksioon kui tekitab piluta rõnga mähises vool  $i_1 = 1,25$  A?

### Magnetvälja energia

- 3.181. Pikk, ühtlaselt laetud silindriline pind, mille raadius on  $R$ , pöörleb ühtlaselt ümber oma telje nurkkiirusega  $\omega$ . Leida magnetvälja energia silindri ühtkulise pikkusega lõigu kohta, kui silindri laengu joontihedus on  $\tau$  ja aine suhteline magnetiline läbitavus  $\mu = 1$ .

- 3.182. Peenike, ühtlaselt laetud rõngas, mille raadius  $R = 20$  cm, pöörleb ümber oma telje nurkkiirusega  $\omega = 100$  rad/s. Leida magnetvälja ja elektrivälja energia ruumtiheduste suhe rõnga teljel, kaugusel  $h = R$  selle keskpunktist.
- 3.183. Kaks võrdse induktiivsusega pooli on ühendatud:  
a) järjestikku, b) paralleelselt. Kummagi pooli induktiivsus on  $L$ . Leida süsteemi induktiivsus mõlemal juhul, lugedes poolide vastastikuse induktiivsuse ka-duvväikeseks.
- 3.184. Toroidaalne pool koosneb kahest peaaegu ühesugusest mähisest, milledest üks asetseb teise sees. Kummagi pooli keerdude arv  $N = 1000$ , toroidi keskmine pikkus  $l = 25$  cm, ristlõikepindala  $S = 1$  cm<sup>2</sup> ja aine suhteline magnetiline läbitavus  $\mu = 1$ . Pooli juhiti vool  $i = 5$  A. Leida pooli magnetvälja energia, kui mõle-mate mähiste magnetväljad on samasuunalised. Kuidas muutub see energia, kui üks poolidest välja lülitada?
- 3.185. Leida magnetvälja energia raudsüdamikus, mille ruum-ala  $V = 400$  cm<sup>3</sup>, kui magnetvälja induksioon südami-kus  $B = 1,2$  T.
- 3.186. Teatud voolu korral on pikas solenoidis magnetvälja energia ruumtihedus  $W_1 = 0,2$  J/m<sup>3</sup>. Mitu korda suure-neb energia tihedus, kui sama voolu juures asetada solenoidi raudsüdamik?
- 3.187. Rauast toroidile on mähitud  $N = 500$  kerdu. Leida magnetvälja energia, kui mähisesse juhitud voolu  $i = 2,0$  A korral magnetvoog läbi toroidi ristlõike  $\Phi = 1,0$  mWb.
- 3.188. Rauast toroidile keritud mähise keerdude arv  $N = 1000$  ja teda läbib vool  $i = 1,0$  A. Toroidi keskmine raa-dius  $R = 32$  cm ning tema ristlõike raadius  $r = 3,0$  cm. Leida toroidi magnetvälja energia.
- 3.189. Voolutugevus raudsüdamikuga toroidaalses mähises  $i = 0,6$  A. Mähistraadi diameeter  $d = 0,4$  mm, keerud

asetsevad tihedalt üksteise kõrval. Määrata mähise induktiivsus ja magnetvälja energia raudsüdamikus, kui südamiku ristlõikepindala  $S = 4,0 \text{ cm}^2$  ja keskmine läbimõõt  $D = 30 \text{ cm}$ .

- 3.190. Peenikesele õhupiluga toroidikujulisele magneetikule, mille keskmine läbimõõt  $D = 30 \text{ cm}$ , on keritud  $N = 800$  keerust koosnev mähis. Toroidi ristlõikepindala  $S = 5,0 \text{ cm}^2$  ja pilu laius  $b = 2,0 \text{ mm}$ . Kui mähisesse juhitakse vool, siis oli aine magnetiline läbitavus  $\mu = 1400$ . Leida: a) õhupilusse ja magneetikusse salvestatud magnetvälja energiatega suhe, b) süsteemi induktiivsus.

### Nihkevool

- 3.191. Radioaktiivse ainega ühtlaselt kaetud kera pind emitteerib elektrone. Leida seejuures tekkiva radiaalse voolu magnetiline induksioon kera lähedal.
- 3.192. Sfäärilise kondensaatori katetevaheline ruum on täidetud homogeense, elektrit halvasti juhtiva ainega, mille eritakistus on  $\rho$  ja suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon$ . Ajahetkel  $t = 0$  anti sisesfäärile teatud laeng. Leida: a) seos nihkevoolu ja juhtivusvoolu tiheduse vektorite vahel katetevahelise ruumi mis tahes punktis ühel ja samal ajahetkel; b) nihkevoolu tugevus läbi katetevahelises ruumis asetseva suvalise, kuid sisesfääri hõlmava pinna, kui selle sfääri laeng vaadeldaval ajahetkel on  $q$ .
- 3.193. Plaatkondensaatori kateteks on kaks paralleelset kestat. Ruum nende vahel on täidetud homogeense elektrit halvasti juhtiva keskkonnaga. Kondensaator lasti ja lahutati pingesallikast. Jättes arvestamata äärefekti, tõestada, et magnetväli kondensaatoris puudub.
- 3.194. Plaatkondensaator, mille katte pindala  $S = 100 \text{ cm}^2$ , on ühendatud vahelduvvooluvõrku. Leida elektrivälja

tugevuse amplituudväärtus kondensaatoris, kui voolu-  
tugevuse amplituudväärtus kondensaatori ühendusjuht-  
metes  $I_m = 1,0 \text{ mA}$  ja voolu nurksagedus  $\omega =$   
 $= 1,6 \cdot 10^7 \text{ rad/s}$ .

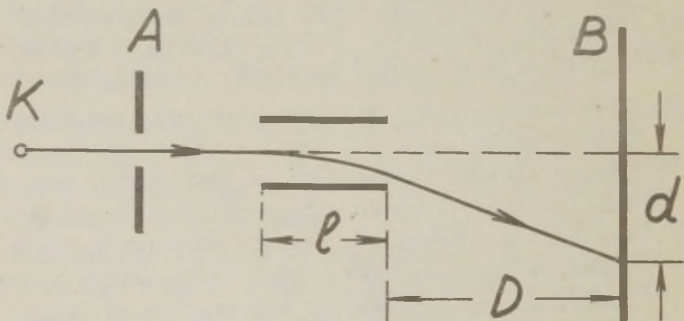
- 3.195. Plaatkondensaatori kateteks on kaks ühesugust ketast, millede vahemaa on  $d$ . Katetevahelist ruumi täidab homogeenne dielektrik, suhtelise läbitavusega  $\epsilon$ . Katetele on rakendatud pinge  $u = U_m \sin \omega t$ . Jättes arvestamata ääreefekti, leida magnetvälja tugevus kondensaatoris.
- 3.196. Plaatkondensaatori kettakujuliste katete vahelist ruumi täidab homogeenne elektrit halvasti juhtiv keskkond, mille erijuhtivus on  $\sigma$  ja suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon$ . Katete vahemaa on  $d$  ja neile on rakendatud pinge  $u = U_m \cos \omega t$ . Jättes arvestamata ääreefekti, leida magnetvälja tugevus kondensaatoris sõltuvalt kaugusest ketaste teljeni.
- 3.197. Plaatkondensaator, mille kateteks on kaks ketast, kumbki raadiusega  $R$ , laeti ning seejärel lahutati pingeallikast. Kondensaatoris tekkis piki tema telge sädelahendus. Lugeses sädelahenduse kvaasistatsionaarseks ja jättes arvestamata ääreefekti, leida magnetvälja tugevuse hetkväärtus kondensaatoris, kui voolutugevuse hetkväärtus sädekanalis on  $i$ .
- 3.198. Pika vaakumis asetseva solenoidi raadius on  $R$  ja keerdude tihedus  $n$ . Solenoidis kulgeb vool  $i = I_m \sin \omega t$ . Leida nihkevoolu tiheduse sõltuvus kaugusest  $r$  solenoidi teljeni.

Laetud osakeste liikumine elektri- ja magnet-  
väljas

- 3.199. Plaatkondensaatori katete vahemaa on  $1 \text{ cm}$ . Ühelt plaadilt hakkavad elektrivälja mõjul samaaegselt liikuma prooton ja  $\alpha$ -osake. Kui pika tee on läbinud  $\alpha$ -osa-

ke momendil, mil prooton jõuab teisele katile?

- 3.200. Prooton ja  $\alpha$ -osake, olles läbinud ühesuguse potentsiaalide vahe, satuvad plaatkondensaatori elektrivälja, liikudes algmomendil paralleelselt plaatidega. Määrata nende osakeste hälvete suhe kondensaatori elektriväljas.
- 3.201. Katoodist K suhteliselt väikese kiirusega väljunud elektroni kiirendatakse anoodi A ja katoodi K vahelise pinge  $U$  mõjul (joon. 3.24). Läbinud kondensaatori, mille plaatide pikkus on  $l$ , satuvad elektronid fluorestseeruvale ekraanile B, mis asub kondensaatorist kaugusel  $D$ . Kui kondensaatoris tekitada elektriväli, nihkub helenduv punkt ekraanil  $d$  võrra. Määrata elektrivälja tugevus  $E$  kondensaatoris.



Joon. 3.24.

- 3.202. Elektron satub plaatkondensaatori välja, liikudes kiirusega  $10\,000\text{ km/s}$  paralleelselt plaatidega ühel ja samal kaugusel kummastki plaadist. Plaatide vahemaa on  $2\text{ cm}$ , nende pikkus  $10\text{ cm}$ , kondensaatori pinge  $20\text{ V}$ . Millisel kaugusel positiivsest plaadist väljub elektron kondensaatorist?
- 3.203. Plaatkondensaatorisse sisenevad paralleelselt katetega elektronid, millede kiirus  $v_0 = 3 \cdot 10^6\text{ m/s}$ . Katted on ristkülikukujulised ning kül  $b = 5,0\text{ cm}$  on paral-

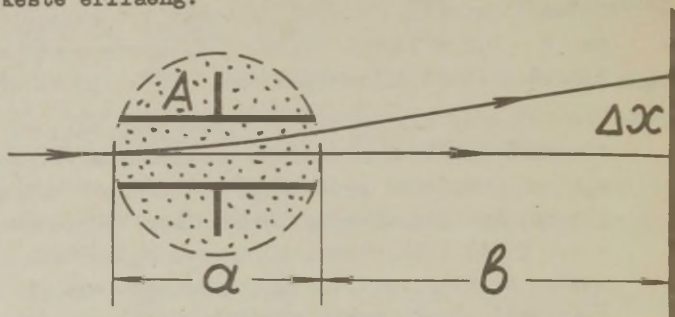
leelne elektronide esialgse liikumissuunaga. Elektrivälja tugevus kondensaatoris  $E = 200 \text{ V/m}$ . Leida nurk, mille võrra kalduvad esialgsest suunast kõrvale kondensaatorist väljunud elektronid.

- 3.204. Kiirendava potentsiaalide vahe  $U$  läbinud prooton siseneb plaatkondensaatorisse paralleelselt katetega. Kondensaatori katted on ristkülikukujulised; prootoni esialgne liikumissuund ühtib külgede  $b$  sihiga. Elektrivälja kondensaatoris kasvab ajas lineaarselt:  $E = kt$ , kus  $k$  on konstant. Eeldades, et prooton siseneb kondensaatorisse ajahetkel  $t = 0$ , leida nurk, mille moodustab kondensaatorist väljunud prootoni liikumissuund tema esialgse suunaga.
- 3.205. Ajahetkel  $t = 0$  väljub kondensaatori ühelt kattedelt tühiselt väikese algkiirusega elektron. Katetele on rakendatud kiirendav pingeline  $u = kt$ , kus  $k = 100 \text{ V/s}$ . Katete vahemaa  $h = 5,0 \text{ cm}$ . Millise kiirusega jõuab elektron teise katteni?
- 3.206. Määrata sirgjooneliselt liikuva elektroni magnetvälja tugevuse maksimaalne väärtus  $10^{-7} \text{ cm}$  kaugusel trajektoorist, kui elektroni kiirus on  $10^8 \text{ cm/s}$ .
- 3.207. Elektron, mille kiirus  $v = 4 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ , satub homogeensesse magnetvälja  $B = 10^{-3} \text{ T}$  risti jõujoontega. Määrata elektroni tangentsiaal- ja normaalkiirendus magnetväljas.
- 3.208. Elektron, olles läbinud elektrivälja, mille äärmiste ekvipotentsiaalipindade potentsiaalide vahe  $U = 1 \text{ kV}$ , satub homogeensesse magnetvälja, mille suund on risti elektroni kiirusega. Milline on elektroni trajektoori, kui magnetvälja induksioon on  $10^{-5} \text{ T}$ ?
- 3.209. Prooton läbis kiirendava potentsiaalide vahe  $U = 600 \text{ V}$  ja sattus siis homogeensesse magnetvälja  $H = 24 \cdot 10^4 \text{ A/m}$  risti välja jõujoontega. Leida trajektoori kõverusraadius, prootoni impulss ja tiirlemissagedus.

- 3.210. Laetud osake, läbinud elektriväljas potentsiaalide vahe 1500 V, satub 100-Oe tugevusega homogeensesse magnetvälja ning liigub selles mööda 6-cm raadiusega ringjoont. Määrata osakese kiirus.
- 3.211. Elektron tiirleb homogeenses 120 Oe tugevusega magnetväljas mööda ringjoont, mille tasapind on risti väljaga. Määrata elektroni tiirlemisperiood.
- 3.212. Elektron liigub kiirusega  $v$  magnetväljas, mille induksioon on  $B$ , risti väljaga. Määrata elektroni impulssmoment.
- 3.213. Elektron liigub kiirusega  $v$  magnetväljas, mille induksioon on  $B$ , risti väljaga. Määrata selle elektroni ekvivalentse voolu magnetmoment.
- 3.214. Bohri teooria järgi tiirleb elektron vesiniku aatomis ümber tuuma teatud raadiusega ringorbiidil. Teades elektroni laengut ja massi, leida tema tiirlemisega ekvivalentse ringvoolu magnetmomendi  $p_m$  ja elektroni orbitaalse impulssmomendi  $l$  suhe. Kuidas on suunatud vektorid  $p_m$  ja  $l$  ?
- 3.215. Võrdse kiirusega ühes ja samas suunas liikuvad elektron ja prooton satuvad homogeensesse magnetvälja. Mitu korda erineb elektroni trajektoori kõverusraadius prootoni omast? Milline on vastus esitatud küsimusele, kui magnetvälja sattunud elektroni ning prootoni energiad on ühesugused?
- 3.216. Homogeense magnetvälja induksioon tsüklotronis on 0,65 T. Milline peab olema duantidele rakendatud kõrgsageduspinge sagedus, et tsüklotroniga saaks kiirendada vesiniku ioone?
- 3.217. Leida aeg, mille jooksul prootoni energia tsüklotronis suureneb kuni väärtuseni  $W = 4$  MeV. Prootoni algkiirus on kaduvväike. Ajal, mil prooton läbib duantidevahelist ruumi, on pinge nendel  $U = 20$  kV. Duantide vahemaa  $d = 1$  cm ja magnetvälja induksioon  $B = 0,8$  T. Prootoni massi sõltuvus kiirusest jätta arvestamata.

- 3.218. Tsüklotroni kõrgsagedusgeneraatori sagedus  $\nu = 10$  MHz. Leida selle tsüklotroni duantidele rakendatud kõrgsageduspinge, mille korral prootoni trajektoori raadius  $R = 0,5$  m juures erinevad naabertrajektooride raadiused sellest mitte vähem kui  $\Delta R = 1,0$  cm võrra.
- 3.219. Tsüklotronis kiirendatakse prootoneid nii, et nende trajektoori kõverusraadiuse maksimaalne väärtus  $r = 50$  cm. Leida: a) prootonite energia kiirendustsükli lõpuks, kui magnetvälja induksioon tsüklotronis  $B = 1,0$  T; b) tsüklotroni kõrgsagedusgeneraatori minimaalne sagedus, mille korral prootoni energia kiirendustsükli lõpuks saavutab väärtuse  $W = 20$  MeV.
- 3.220. Elektrostaatiline väli  $E = 800$  V/cm ja magnetväli  $H = 50$  Oe on teineteisega risti. Millise kiirusega peab liikuma elektron, et läbida selline väli sirgjooneliselt, liikudes risti kummagi välja jõujoontega?
- 3.221. Prootonite juga läbib sirgjooneliselt teineteisega ristuvad homogeenid elektri- ja magnetväljad risti mõlema välja vektoritega  $\vec{E}$  ja  $\vec{B}$ , sattudes siis maandatud märklauale. Leida märklauale mõjuv jõud, kui voolutugevus joas  $i = 0,8$  mA,  $E = 120$  kV/m ja  $B = 50$  mT.
- 3.222. Punktis C asetseb prootonite allikas, millede kiirused on võrdsed, kuid suunatud kahes võimalikus sihis; nende sihtide vaheline nurk  $\delta = 10^\circ$ . Tasapind CD, mis on risti vektoriga  $\vec{v}_1$ , moodustab fluorestseeriva ekraani. Vektoritega  $\vec{v}_1$  ja  $\vec{v}_2$  on risti homogeenne magnetväli, mille tugevus  $H = 5$  Oe. Prootonite liikumise tulemusena tekib ekraanil kaks punktikujust heleduvat jälge. Määrata jälgedevaheline kaugus, kui  $v_1 = v_2 = 10^5$  cm/s.
- 3.223. Laetud osakeste juga läbib sirgjooneliselt piirkonna A (vt. joon. 3.25), kus on tekitatud teineteisega ristuvad elektri- ja magnetväljad, mille väljatugevus ja induksioon on vastavalt  $E$  ja  $B$ . Kui magnetväli

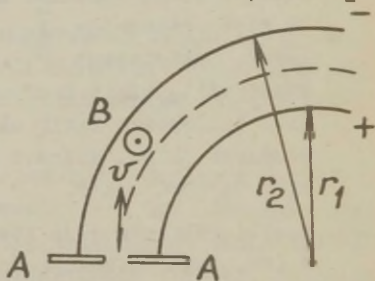
välja lülitada, hälbib osakeste jälg ekraanil  $\Delta x$  võrra. Teades lõikude  $a$  ja  $b$  pikkusi, leida osakeste erilaeng.



Joon. 3.25.

- 3.224. Televisiitoru elektronkahurist väljunud elektronide energia  $W = 12 \cdot 10^3$  eV. Toru telg asetseb Maa magnetvälja meridiaani tasandis horisontaalselt nii, et elektronid torus liiguvad lõunast põhja suunas. Maa magnetvälja vertikaalkomponent  $B = 5,5 \cdot 10^{-5}$  T. Leida: a) millises suunas kaldub Maa magnetvälja mõjul kõrvale elektronikiir; b) milline on elektronide kiirendus; c) kui palju kalduvad kõrvale oma esialgsest liikumissuunast elektronid, olles läbinud teepikkuse  $l = 20$  cm.

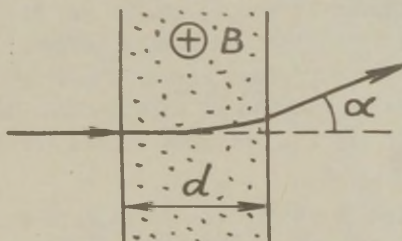
- 3.225. Kondensaatori moodustavad koaksiaalsete silindrite pinnaosad, millede kõverusraadiused on  $r_1$  ja  $r_2$  (vt. joon. 3.26). Katetevahelises ruumis on tekitatud silindrite telje sihiline homogeenne magnetväli  $B$ . Läbi kitsa pilu diafragmas AA siseneb kondensaatorisse  $\alpha$ -osake, mille energia on  $W$ . Kui



Joon. 3.26.

suur pinge tuleb rakendada kondensaatorile, et  $\alpha$  - osake läbiks kondensaatori võrdsele kaugusel kummastki kattedest? Välimise katte potentsiaal on sisemise suhtes negatiivne.

- 3.226. Homogeenne magnetväli on tekitatud silindrilises ruumiosas, mille raadius on  $r_0$ ; magnetvälja suund ühtib silindri teljega. Sellesse magnetvälja siseneb kiirusega  $v_0$  piki silindri diameetrit elektronide juga. Millise nurga võrra kaldub ta kõrvale oma esialgsest suunast magnetväljast väljumisel?
- 3.227. Kiirendava pinge  $U = 500$  kV läbinud prooton siseneb tema liikumissuunaga ristuvasse homogeenesse magnetvälja  $B = 0,51$  T. Magnetväljaga piirkonna ulatus  $d = 10$  cm (vt. joon. 3.27). Leida magnetväljast väljunud prootoni kõrvalekalde nurk oma esialgsest suunast.



Joon.3.27.

- 3.228. Prooton, liikudes kiirusega 20 km/s, satub homogeenesse 30 Oe tugevusse magnetvälja, tema kiirus moodustab välja suunaga  $30^\circ$ -se nurga. Määrata prootoni trajektoori parameetrid.
- 3.229. Kiirusega  $v_0 = 1,0 \cdot 10^7$  m/s liikuv elektron siseneb plaatkondensaatorisse paralleelselt katetega. Katted on ristkülikukujulised, küljed  $b = 6,0$  cm on paralleelsed kiirusega  $\vec{v}_0$ . Elektrivälja tugevus kondensaatoris  $E = 10,0$  kV/m. Kondensaatorist väljuv elektron satub homogeenesse magnetvälja  $B = 15$  mT, mille

suund ühtib vektoriga  $\vec{v}_0$ . Määrata elektroni trajektoor magnetväljas.

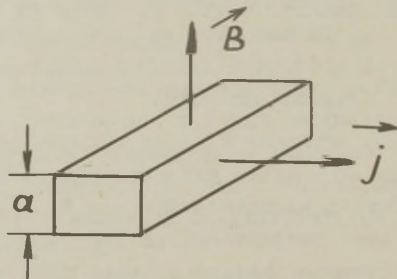
- 3.230. Nõrgalt hajuv elektronjuga, olles läbinud kiirendava potentsiaalide vahe  $U = 900$  V, väljub pika solenoidi teljel olevast punktist A. Solenoidi keerdude tihedus  $n = 10^3$  keerdu/m. Kui tugev vool tuleb tekitada solenoidis, et juga fokuseerida solenoidi teljele, kaugusele  $l = 0,2$  m punktist A?
- 3.231. Pika solenoidi sees asetsevas koaksiaalses elektronkiiretorus on katoodi ja anoodi vaheline pinge  $U = 900$  V. Anoodis on väike ava, mistõttu teda saavad läbida ainult need elektronid, mis hajuvad väikese nurga all. Anoodi ja temast  $l = 30$  cm kaugusel asetseva ekraani vahel elektriväli puudub. Solenoidi keerdude tihedus  $n = 100$  cm<sup>-1</sup>. Kui juhtida solenoidi järjest tugevnevat voolu, muutub esialgu ähmne valguslaik ekraanil perioodiliselt teravaks valgustäpiks. Esimene hästi fokuseeritud valgustäpp saadakse voolutugevusel  $i = 0,168$  A. Kuidas kirjeldatud nähtust põhjendada? Määrata esitatud katseandmete põhjal elektroni erilaeng.
- 3.232. Homogeenne elektriväli  $\vec{E}$  ja magnetväli  $\vec{B}$  on suunatud piki y-telge. Selles väljas asuvas koordinaatide süsteemi alguspunktist O väljub x-telje suunas algkiirusega  $v_0$  osake, mille erilaeng on  $q/m$ . Leida: a) osakese ordinaat  $y_n$  ajahetkel, mil ta on n korral läbimas y-telge; b) nurk  $\alpha$ -osakese kiiruse ja y-telje vahel sellel hetkel.
- 3.233. Pika solenoidi teljel asetsevast punktist A väljub elektron kiirusega  $\vec{v}$ , mis moodustab solenoidi teljega nurga  $\alpha$ . Magnetvälja induksioon on B. Punktist A kaugusel l risti solenoidi teljega asetseb ekraan. Kui kangel solenoidi teljest satub elektron ekraanile?

- 3.234. Silindrilise sirgjuhtme pinnalt väljub radiaalsuunas elektron, mille algkiirus on  $v_0$ . Silindri raadius on  $a$  ja alalisvoolu tugevus temas  $i$ . Leida, millisele maksimaalsele kaugusele silindri teljest jõuab eemalduda elektron enne, kui ta hakkab juhtmes kulgeva alalisvoolu mõjul liikuma tagasi juhtme poole.
- 3.235. Osake, mille erilaeng on  $q/m$ , liigub ruumis, kus mõjuvad teineteisega ristuvad elektri- ja magnetväljad. Olgu elektriväli  $\vec{E}$  suunatud piki  $y$ -telge ja magnetväli  $\vec{B}$  piki  $z$ -telge. Alghetkel  $t = 0$  asetsegu elektron koordinaatide alguspunktis paigal. Leida osakese koordinaadid ajahetkel  $t$ . Milline on osakese trajektoor? Määrata selle parameetrid.
- 3.236. Süsteem koosneb pikast silindrilisest anoodist, mille raadius on  $b$  ja temaga koaksiaalsest silindrilisest katoodist, raadiusega  $a$ . Elektroodide süsteemi teljel on kütteniit, vooluga  $i$ , mis tekitab ümbritsevas ruumis magnetvälja. Leida katoodi ja anoodi vaheline minimaalne pinge, mille korral nullilise algkiirusega katoodist väljunud elektronid saavad liikuda anoodile.
- 3.237. Lihtsaimaks magnetroniks on kaheelektroodne vaakumlamp, mille üheks elektroodiks on sirge kütteniit, raadiusega  $a$ , ja teiseks - niidiga koaksiaalne silinder, raadiusega  $b$ . Kogu süsteem asetseb homogeenses magnetväljas, mis on paralleelne elektroodide teljega. Anoodi ja katoodi vaheline kiirendav pinge on  $U$ . Leida magnetvälja induksiooni väärtus, mille korral niidist nullilise algkiirusega väljunud elektronid jõuavad anoodile.
- 3.238. Osake, mille erilaeng on  $q/m$ , asetseb pika solenoidi sees, kaugusel  $r$  selle teljest. Mähisesse juhiti vool ning magnetväli saavutas väärtuse  $B$ . Leida osakese kiirus ja tema trajektoori kõverusraadius, eeldades, et voolu kasvamise käigus on tema nihe tühiselt väike.

- 3.239. Magnetvoog läbi elektroni tasakaalulise orbiidi kasvab beetatronis peaaegu konstantse kiirusega  $\frac{d\phi}{dt} = 5 \text{ Wb/s}$ . Orbiidi raadius  $r = 25 \text{ cm}$ . Kiirendusprotsessi lõpuks omandavad elektronid energia  $W = 25 \text{ MeV}$ . Leida elektroni täistiirude arv orbiidil kiirendusprotsessi vältel ja tema poolt selle aja jooksul läbitud tee.
- 3.240. Tõestada, et elektronid tiirlevad beetatronis konstantse raadiusega ringorbiitidel siis, kui magnetvälja ja induksioon orbiidi asukohas on võrdne poolega orbiidi poolt ümbritsetud magnetvälja induksiooni keermisest väärtusest.
- 3.241. Beetatronis suureneb magnetvälja induksioon elektroni tasakaalulise orbiidi asukohas aja  $\Delta t = 1,0 \text{ ms}$  jooksul praktiliselt jääva kiirusega nullist kuni väärtuseni  $B = 0,40 \text{ T}$ . Leida elektronile iga täistiiru jooksul antav energia, kui tasakaalulise orbiidi raadius  $r = 20 \text{ cm}$ .

#### Halli efekt

- 3.242. Elektromagnetilises metallipumbas asetseb üks sulametaliga täidetud toru lõikudest homogeenses magnetväljas  $\vec{B}$ . Läbi selle torulõigu juhatakse alalisvool  $\vec{i}$  nii, et voolu tihedus  $\vec{j}$  on risti induksiooniga  $B$  (vt. joon. 3.28). Leida pumba poolt tekitatud liisarõhk, kui  $B = 0,1 \text{ T}$ ,  $i = 100 \text{ A}$  ja  $a = 2,0 \text{ cm}$ .



Joon. 3.28.

3.243. Sirges metallribas kulgeva voolu tugevus  $i = 10$  A. Riba paksus  $b = 0,1$  mm ning ta on paigutatud homogeenesse magnetvälja  $H = 8 \cdot 10^4$  A/m, mis on risti riba tasandiga. Leida riba servadevaheline pingeline, kui juhtivuselektronide kontsentratsioon  $n = 9 \cdot 10^{27}$  m<sup>-3</sup>.

3.244. Näidake, et homogeenes magnetväljas  $B$  asetsevas vooluga juhisis on Halli elektrivälja  $E_H$  ja juhisis voolu tekitava elektrivälja  $E$  vahel seos:

$$\frac{E_H}{E} = \frac{B}{ne\varrho},$$

kus  $n$  on juhtivuselektronide kontsentratsioon ja  $\varrho$  - juhi aine eritakistus.

3.245. Barlow' katses kasutatava ketta raadius on  $0,1$  m, voolutugevus ketta vooluringis  $6$  A, magnetilise induktsiooni keskmine väärtus poolustevahelises ruumis  $0,1$  T. Millises suunas pöörleb ketas, kui magnetväli on suunatud risti ketta tasandiga ketta tagant vaateleja poole ning vool selles kulgeb pöörlemisteljest serva suunas. Määrata vooluallikast tarbitav võimsus, kui ketta pöörete arv sekundis on  $1$ .

3.246. Millist rõhku avaldab vool pikas ja peenikeses solenoidis tema külgpinnale, kui solenoidi keerdude tiheus on  $n$  ja voolutugevus  $i$  ?

3.247. Leida voolutugevuse maksimaalne väärtus pikas ühekihilises solenoidis, mille raadius on  $R$  ja keerdude tiheus  $n$ , kui solenoidi traat katkeb tema venitamisel jõuga  $F_K$ .

3.248. Flaatkondensaator, mille katete vahemaa on  $d$  ja katete pindala  $S$ , asetseb juhtiva vedeliku voolus. Vedeliku eritakistus on  $\varrho$  ning ta voolab paralleelselt katetega kiirusega  $v$ . Kogu süsteem asetseb homogeenes magnetväljas  $\vec{B}$ , mis on risti kiirusega  $\vec{v}$  ja paralleelne katetega. Katted on ühendatud välisakistiga. Kui suur peab olema välisakistus, et sel-

les eralduv võimsus oleks maksimaalne? Kui suur see võimsus on?

- 3.249. Pikas silindrilises vaskjuhtmes, mille raadius  $R = 5,0$  mm, kulgeb vool  $i = 50$  A. Leida juhtme telje ja välispinna potentsiaalide vahe, kui vase juhtivuselektronide kontsentratsioon  $n = 0,9 \cdot 10^{23}$   $\text{1/cm}^3$ .
- 3.250. Halli efekti uurimisel naatriumist juhis saadi voolu suhtes ristsihilise elektrivälja väärtuseks  $5,0$  V/cm. Voolutihedus oli seejuures  $200$  A/cm<sup>2</sup> ja homogeense magnetvälja induksioon  $1,0$  T. Leidke juhtivuselektronide kontsentratsioon vaadeldavas juhis ning võrrelge seda aatomite kontsentratsiooniga.
- 3.251. Leida juhtivuselektronide liikuvus vaskjuhis, kui Halli efekti uurimisel leiti, et voolu suhtes ristsihilise elektrivälja tugevus on  $3,1 \cdot 10^3$  korda nõrgem pikivälja tugevusest. Mõõtmisi tehti magnetväljas  $B = 100$  mT.

#### 4. ELEKTROMAGNETVÖNKUMISED JA -LAINED

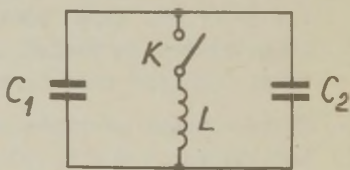
##### Elektrilised oma- ja vabavõnkumised

- 4.1. Kui suur peaks olema võnkekontuuri induktiivsus, et mahtuvuse  $C = 2 \mu\text{F}$  korral oleks tema omavõnkesagedus  $\nu_0 = 1000 \text{ Hz}$ ?
- 4.2. Millisele sagedusvahemikule saab häälestada võnkeringi, mille induktiivsus  $L = 2 \text{ mH}$  ja mahtuvus  $C$  on muudetav piirides  $60 \text{ pF}$  kuni  $480 \text{ pF}$ ? Võnkeringi oomilise takistuse võib jätta arvestamata.
- 4.3. Pinge võnkeringi kondensaatoril muutub vastavalt seadusele:  $u = 30 \cos 10^3 \pi t \text{ (V)}$ . Kondensaatori mahtuvus  $C = 3 \cdot 10^5 \text{ pF}$ . Leida võnkumiste periood, võnkeringi induktiivsus ja voolutugevus kui aja funktsioon. Kontuuri oomilist takistust pole vaja arvestada.
- 4.4. Võnkekontuuri moodustavad kondensaator  $C = 5,0 \mu\text{F}$  ja induktiivpool  $L = 0,200 \text{ H}$ . Määrata voolutugevuse amplituudväärtus kontuuris, kui pinge amplituudväärtus kondensaatori katetel  $U_m = 90 \text{ V}$ . Kontuuri oomiline takistus on tühiselt väike.
- 4.5. Vool võnkeringis muutub vastavalt seadusele  $i = -0,02 \sin 400 \pi t \text{ (A)}$ . Võnkeringi induktiivsus  $L = 1 \text{ H}$  ning oomiline takistus on tühiselt väike. Leida võnkumiste periood, pinge amplituudväärtus kondensaatoril, võnkeringi mahtuvus, magnetvälja ja elektrivälja energia maksimaalsed väärtused.
- 4.6. Võnkering koosneb kondensaatorist  $C = 1 \mu\text{F}$  ja induktiivpoolist, mille oomiline takistus on tühiselt väike. Kondensaatori pinge amplituudväärtus  $U_C = 500 \text{ V}$ . Leida induktiivpooli magnetvälja energia ajahetkel  $t = \frac{\pi}{8}$  pärast võnkumiste algust.

4.7. Võnkeringis, mille mahtuvus on  $C$  ja induktiivsus  $L$ , toimuvad vabavõnkumised, mil pinge amplituudväärtus kondensaatoril on  $U_C$ . Leida suvalise ajahetke jaoks seos võnkeringi voolutugevuse  $i$  ja kondensaatori pinge  $u$  hetkväärtuste vahel.

4.8. Võnkering koosneb kondensaatorist, mahtuvusega  $C$ , poolist, mille induktiivsus on  $L$  ja aktiivtakistus tühiselt väike, ning lülitist. Avatud lüliti korral laeti kondensaator pingeni  $U_0$  ja siis, ajahetkel  $t = 0$ , lüliti suleti. Leida võnkeringis voolutugevuse hetkväärtuste ajalist sõltuvust väljendav funktsioon ja eneseinduktsiooni elektromotoorjõud poolis ajahetkedel, mil kondensaatori elektrivälja energia on võrdne voolu energiaga poolis.

4.9. Joonisel 4.1 kujutatud võnkeringi induktiivsus  $L = 3,5$  mH ja kondensaatorite mahtuvused  $C_1 = 2,0$   $\mu$ F ning  $C_2 = 3,0$   $\mu$ F. Kondensaatorid laeti pingeni  $U_0 = 180$  V, misjärel suleti lüliti  $K$ . Leida elektromagnetiliste omavõnkumiste periood ja voolu amplituudväärtus poolis.



Joon. 4.1.

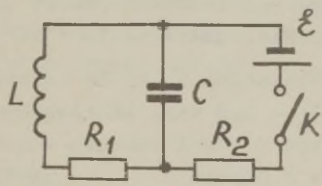
4.10. Plaatkondensaatorist ja tühiselt väikese aktiivtakistusega poolist koosnevas võnkeringis toimuvad elektromagnetvõnkumised, mille energia on  $W$ . Kondensaatori katted eemaldati aeglaselt teineteisest, mistõttu võnkumiste sagedus suurenes  $\eta$  korda. Leida seejuures tehtud töö.

4.11. Võnkeringi induktiivsus  $L = 10^{-5}$  H, mahtuvus  $C = 0,002$   $\mu$ F ja oomiline takistus  $R = 14$   $\Omega$ . Leida võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement.

4.12. Kuidas muutub võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement, kui suurendada võnkeringi pooli keerdude arvu

10 korda, jättes seejuures pooli pikkuse ja keerdude läbimõõdu endiseks?

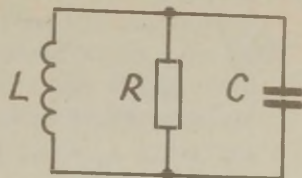
- 4.13. Võnkeringi induktiivsus  $L = 0,23 \text{ H}$ , mahtuvus  $C = 7 \mu\text{F}$  ja oomiline takistus  $R = 40 \Omega$ . Kondensaatorile anti laeng  $q_0 = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ . Leida kontuuris tekkivate võnkumiste periood, võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement ja kondensaatori pinge kui aja funktsioon.
- 4.14. Kondensaatoripatareid, mis koosneb kahest kondensaatorist, kumbki mahtuvusega  $C = 2 \mu\text{F}$ , tühjendatakse läbi pooli, mille induktiivsus  $L = 1 \text{ mH}$  ja takistus  $R = 50 \Omega$ . Kas tekivad kontuuris võnkumised, sõltumata sellest, kuidas (järjestikku või paralleelselt) kondensaatorid on ühendatud?
- 4.15. Võnkeringi mahtuvus  $C = 0,2 \mu\text{F}$  ja induktiivsus  $L = 5,07 \text{ mH}$ . Leida võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement, kui pinge amplituudväärtus kondensaatoril väheneb  $\tau = 10^{-3} \text{ s}$  jooksul 3 korda. Kui suur on selle võnkeringi oomiline takistus?
- 4.16. Mitu korda väheneb pinge amplituudväärtus võnkeringi kondensaatoril ühe perioodi jooksul, kui võnkeringi induktiivsus  $L = 10^{-2} \text{ H}$ , mahtuvus  $C = 0,405 \mu\text{F}$  ja oomiline takistus  $R = 2 \Omega$ ?
- 4.17. Joonisel 4.2 kujutatud vooluringi parameetrid on järgmised:  $R_1 = 1 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ,  $L = 0,1 \text{ H}$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$  ja  $\mathcal{E} = 1,4 \text{ V}$ . Lüliti  $K$  sulletakse ning pärast seda, kui vool on poolis saavutanud oma statsionaarse väärtuse, avatakse jälle. Leida võnkeringi  $LR_1C$  salvestatud energia kohe peale lüliti  $K$  avamist ning  $\tau = 0,2 \text{ s}$  pärast seda?



Joon. 4.2.

- 4.18. Vönkekontuuri, mille induktiivsus  $L = 0,01$  H ja oomiline takistus  $R = 0,23 \Omega$ , ergastatakse lühiajaliste elektriliste impulssidega. Milline võib olla nende impulsside maksimaalne sagedus, et tekkivad vönkumised ei kattuks üksteisega? (Tavaliselt loetakse, et vönkumine on praktiliselt lakanud, kui tema amplituud on vähenenud 10 korda.)
- 4.19. Vönkeringi mahtuvus  $C = 4 \mu F$ , induktiivsus  $L = 0,1$  mH ja oomiline takistus  $R = 2 \Omega$ . Kui suur on kontuuri hüvetegur? Milline on hüveteguri määramise suhteline viga, kui täpse valemi asemel kasutatakse ligikaudset  $Q = \frac{\omega L}{R}$ , kus  $\omega$  on vönkeringi lainetakistus?
- 4.20. Vönkeringi hüvetegur  $Q = 5000$  ja vabavönkumiste sagedus  $\nu = 2,2$  MHz. Kui pika aja jooksul väheneb voolu vönkeamplituud selles vönkeringis  $\eta = 2$  korda?
- 4.21. Vönkeringi mahtuvus  $C = 10 \mu F$ , induktiivsus  $L = 25$  mH ja oomiline takistus  $R = 1,0 \Omega$ . Mitme täisvönke järel väheneb voolu vönkeamplituud selles vönkeringis  $e$  korda?
- 4.22. Vönkekontuuri hüvetegur  $Q = 5$ . Mitu protsenti erineb vabavönkumiste sagedus selles kontuuris tema omavönkesagedusest  $\omega_0$ ?
- 4.23. Kontuuri omavönkesagedus  $\nu_0 = 50$  kHz ja hüvetegur  $Q = 100$ . Milline osa kontuuri salvestatud energiast on jäänud kontuuri pärast seda, kui sumbuvad vönkumised on kestnud  $\tau = 10^{-3}$  s?
- 4.24. Vönkeringis, mille hüvetegur  $Q = 50$  ja omavönkesagedus  $\nu_0 = 5,5$  kHz, tekitatakse sumbuvad vönkumised. Millise aja jooksul väheneb vönkeringi salvestatud energia  $\eta = 2$  korda?
- 4.25. Leida joonisel 4.3 kujutatud vönkeringi vabavönkumiste sagedus, kui vönkeringi mahtuvus  $C$ , induktiivsus  $L$  ja oomiline takistus  $R$  on teada. Millist tingimust peavad

rahuldama  $L$ ,  $C$  ja  $R$  väärtused, et võnkumised toimuksid?



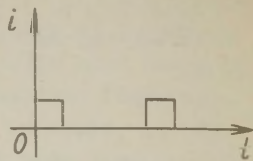
Joon. 4.3.

- 4.26. Võnkekontuuri induktiivsus on  $L$  ja ta sisaldab lekki-  
vat kondensaatorit, mille mahtuvus on  $C$  ning oomiline  
takistus  $R$ . Pooli ja juhtmete takistus on tühiselt väi-  
ke. Leida selle kontuuri sumbuvate võnkumiste sagedus  
ja tema hüvetegur.
- 4.27. Võnkeringi induktiivsus  $L = 5,0$  mH ja mahtuvus  $C =$   
 $= 5,0$   $\mu$ F. Milline on selle võnkeringi hüvetegur, kui  
on teada, et sumbumatute võnkumiste alalhoidmiseks kon-  
densaatoril, mille pinge amplituud  $U_m = 1,0$  V, peab ta  
tarbima võimsust keskmiselt  $P_k = 0,1$  mW? Võnkumiste  
sumbumine on suhteliselt nõrk.
- 4.28. Millist võimsust peab keskmiselt tarbima võnkering,  
mille oomiline takistus  $R = 0,45 \Omega$ , et selles toimum-  
sid sumbumatud võnkumised voolutugevuse amplituudväärt-  
tusega  $I_m = 30$  mA?
- 4.29. Kontuur koosneb poolist, induktiivsusega  $L = 3 \cdot 10^4$  cm,  
kondensaatorist, mahtuvusega  $C = 2 \cdot 10^2$  cm, ja tema  
aktiivtakistus  $R = 1 \Omega$ . Kui suurt võimsust peab tar-  
bima kontuur, et selles toimumsid sumbumatud võnkumi-  
sed, mil pinge amplituudväärtus kondensaatoril  $U_C =$   
 $= 0,5$  V.

#### Vahelduvvool

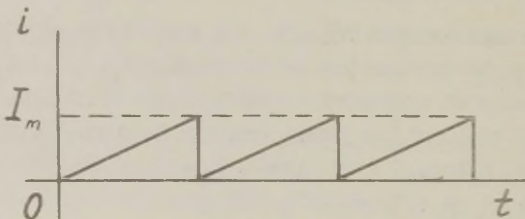
- 4.30. Vahelduvvool, mida alaldati poolperioodalaldi abil,  
läbib  $\tau = 10$  min jooksul vasevitrioli vesilahust.  
Selle aja jooksul eraldub elektroodil  $m = 200$  mg vas-  
ke. Leida voolutugevuse amplituudväärtus.

- 4.31. Joonisel 4.4 on esitatud impulssvoolu graafik. Impulsside kestus on neli korda lühem nende perioodist. Leida voolu efektiiv- ja keskmine väärtus, kui impulsside amplituud  $I_m = 0,5$  A.



Joon. 4.4.

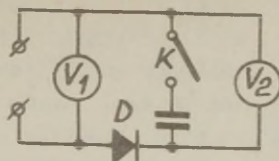
- 4.32. Leida voolu efektiivväärtus, kui keskmine väärtus on  $I_k$  ja tema ajaline sõltuvus muutub vastavalt seadusele: a) mis on näidatud graafiliselt joonisel 4.5; b)  $i = |I_m \sin \omega t|$ .



Joon. 4.5.

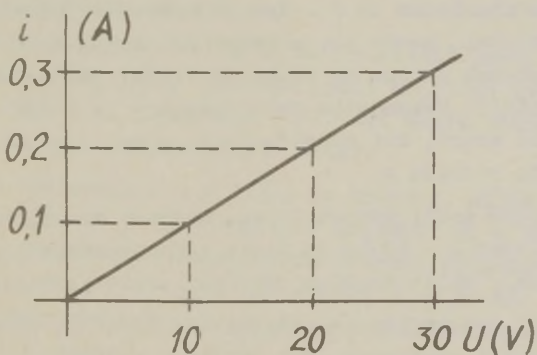
- 4.33. Hammasvool kasvab lineaarselt aja  $\tau = 0,8$  s jooksul nullist kuni amplituudväärtuseni  $I_m = 0,1$  A, siis aga väheneb hüppeliselt nullini. Voolu periood  $T = 1$  s. Leida voolutugevuse efektiiv- ja keskmine väärtus.
- 4.34. Elektri ahju kuumutamiseks nõutud temperatuurini tuli teda toita alalisvooluga  $I = 5$  A. Millist voolu peavad näitama ahelasse lülitatud alalisvoolu ja vahelduvvoolu ampermeetrid, et ahju toitmisel poolperioodalaldiga alaldatud vahelduvvooluga saavutaks ahi sama temperatuuri?
- 4.35. Joonisel 4.6 näidatud ahelale on rakendatud vahelduvpinge. Elektromagnetilise süsteemi voltmeeter  $V_1$  näitab  $U_1 = 100$  V. Magnetilektrilise voltmeetri  $V_2$  takistus on suhteliselt suur. Mida näitab voltmeeter  $V_2$

avatud ja suletud lüliti K korral? Alaldi D sisetakistuse pärisuunas võib jätta arvestamata.



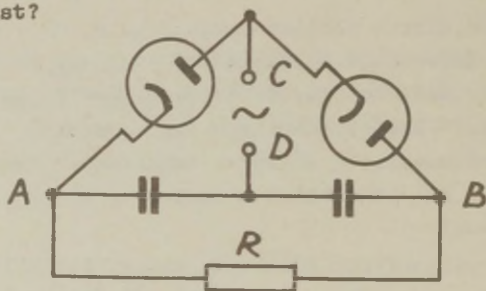
Joon. 4.6.

- 4.36. Aku laadimiseks alalisvooluga  $I$  kulub  $\tau = 8$  tundi. Alalispingeallika puudumise tõttu laeti akut vahelduvvooluvõrgust vooluga, mida oli alaldatud täisperiodalaldiga. Seejuures näitab aku ahelasse lülitatud elektrodünaamilise süsteemi ampermeeter sama tugevat voolu  $I$ . Kui kaua tuleb niisugustes tingimustes laadida akut?
- 4.37. Alaldi väljundisse lülitatud magnetelektrilise süsteemi voltmeeter näitab 100 volti. Milline on alaldatud pinge amplituudväärtus, kui alaldamine on: a) täisperiodialine, b) poolperiodialine?
- 4.38. Täisperiodalaldi tunnusjoon on esitatud joonisel 4.7. Alaldi on koormatud takistiga  $R = 100 \Omega$ . Leida voolu keskmine väärtus läbi alaldi ja takisti, kui elektromotoorjõu amplituudväärtus  $\mathcal{E}_m = 40$  V.



Joon. 4.7.

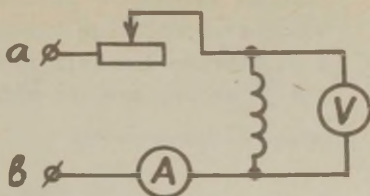
- 4.39. Joonisel 4.8 kujutatud alaldi punktidele C ja D on rakendatud vahelduvpinge. Pulseeriv pinge tekib takistil R (veenduda, et vool läbib takisti R ühes ja samas suunas). Kuidas on seotud punktide A ja B vaheline pinge alaldile rakendatud pingega, kui koormustakistus R on palju suurem kondensaatori mahtuvustakistusest?



Joon. 4.8.

- 4.40. Kui suurt takistust avaldab vahelduvvoolule, sagedusega  $\nu = 1000 \text{ Hz}$ , reostaat, mille oomiline takistus  $R = 100 \Omega$ , keerdude arv  $N = 2000$ , pikkus  $l = 50 \text{ cm}$  ja keeru pindala  $S = 15 \text{ cm}^2$ ?
- 4.41. Pikk ühekihiline solenoid on valmistatud traadist, mille eritakistus on  $\rho$ . Keerud asetsevad tihedalt üksteise kõrval, nende arv pikkusühiku kohta on  $n$ . Traadi isolatsioonipaksus on tühiselt väike. Leida faasinihe solenoidile rakendatud vahelduvpinge ja temas kulgeva voolu vahel, kui vahelduvvoolu sagedus on  $\nu$  ja solenoidi raadius  $a$ .
- 4.42. Määrata pooli induktiivsus, teades, et selle oomiline takistus  $R = 20 \Omega$  ja talle rakendatud pinge  $U = 100 \text{ V}$  korral, mille sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , läbib pooli vool  $I = 2 \text{ A}$ .
- 4.43. Pooli induktiivsuse määramiseks koostati joonisel 4.9 näidatud vooluring. Rakendades punktidele a ja b alalispinge, saadi voltmeetri ja ampermeetri näiduks vastavalt  $U_1 = 48 \text{ V}$  ja  $I_1 = 8 \text{ A}$ . Samadele punktidele

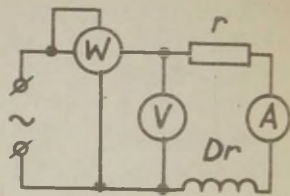
vahelduvpinge rakendamisel ilmnes, et mõõteriistade näidud on vastavalt  $U_2 = 120 \text{ V}$  ja  $I_2 = 12 \text{ A}$ .  
 Vahelduvvoolu sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ . Kui suur on pooli induktiivsus? Milline on faasinihe pooli otstel mõjuva pinge ja pooli läbiva voolu vahel?



Joon. 4.9.

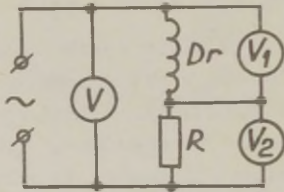
- 4.44. Poolis, mille induktiivsus  $L = 15 \text{ mH}$  ja takistus  $r = 5 \Omega$ , kulgeb vool  $i = 10 \sin 500 t$  (voolutugevus on väljendatud amprites, aeg - sekundites). Määrata voolu ja pinge efektiivväärtused, poolile rakendatud pinge hetkväärtusi väljendav seadus, pooli poolt tarbitav võimsus ning joonestada vektordiagramm.
- 4.45. Vahelduvvooluvõrku, sagedusega  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , on lülitatud järjestikku kaks drosselit, mille induktiivsused  $L_1 = 22 \text{ mH}$  ja  $L_2 = 9,6 \text{ mH}$  ning oomilised takistused vastavalt  $R_1 = 12 \Omega$  ja  $R_2 = 8 \Omega$ . Voolutugevus ahelas  $I = 5,7 \text{ A}$ . Leida võimsused, mida tarbivad kumbki drossel eraldi ja kogu ahel tervikuna. Kui suur on ahela otstele rakendatud pinge?
- 4.46. Vahelduvvooluvõrku ( $110 \text{ V}$ ;  $50 \text{ Hz}$ ) lülitati pool, mille induktiivsus on  $0,1 \text{ H}$ . Määrata pooli oomiline takistus, kui teda läbib  $2 \text{ A}$  tugevune vool. Kui suurt võimsust tarbib see pool nendes tingimustes?
- 4.47. Reostaat takistusega  $R = 25 \Omega$  ja drossel, mille induktiivsus  $L = 0,1 \text{ H}$  ja oomiline takistus  $R_1 = 15 \Omega$ , ühendati järjestikku vahelduvvooluvõrku. Võrgupinge efektiivväärtus  $U = 102 \text{ V}$  ja sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ . Kui suur võimsus eraldub reostaadil ja milline drosselil?
- 4.48. Vahelduvpinge sagedusega  $\nu = 50 \text{ Hz}$  on rakendatud ahelale, mille moodustavad järjestikku ühendatud takisti  $r = 22 \Omega$  ja drossel (vt. joon. 4.10). Vooluringi lü-

litatud vattmeeter näitab 940 W, voltmeeter 220 V ja ampermeeter 5 A. Määrata drosseli parameetrid ja selles eralduv võimsus.



Joon. 4.10.

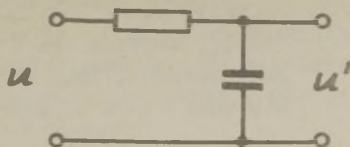
- 4.49. Vahelduvvooluvõrku ühendatud drosselis eralduvat võimsust võib määrata kolme voltmeetri abil (vt. joon. 4.11). Millega see võrdub, kui on teada voltmeetrите näidud ja oomiline takistus  $R$  ?



Joon. 4.11.

- 4.50. Kondenssaator, mahtuvusega  $C = 20 \mu\text{F}$ , ja reostaat, takistusega  $R = 150 \Omega$ , on ühendatud järjestikku vahelduvvooluvõrku (110 V; 50 Hz). Määrata pinge kondenssaatori katetel ja reostaadi otstel.
- 4.51. Ahelale, mille moodustavad kondenssaator ja temaga järjestikku ühendatud takisti  $R = 110 \Omega$ , on rakendatud vahelduvpinge, mille amplituudväärtus  $U_m = 110 \text{ V}$ . See tekitab ahelas voolu amplituudväärtusega  $I_m = 0,5 \text{ A}$ . Leida faasinihe voolu ning ahelale rakendatud pinge vahel.
- 4.52. Plaatkondenssaatori katetevahelist ruumi täidab nitrobensool, mille eritakistus  $\rho = 10^7 \Omega \cdot \text{m}$  ja suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 32$ . Leida kondenssaatorile rakendatud pinge ja teda läbiva voolu faasinihe sagedustel  $\nu_1 = 50 \text{ Hz}$  ja  $\nu_2 = 1000 \text{ Hz}$ .
- 4.53. Joonisel 4.12 on esitatud alaldi siluva filtri lihtsaim skeem. Vasakpoolsesse sisendisse rakendatakse pinge  $u = U_m(1 + \cos \omega t)$ . Leida väljundpinge hetkväärtust väljendav funktsioon ja RC väärtus, mille korral pinge vahelduvkomponendi amplituudväärtus väljundis on  $\eta = 7$

korda väiksem alaliskomponendist. Vahelduvkomponendi nurksagedus  $\omega = 314$  rad/s.

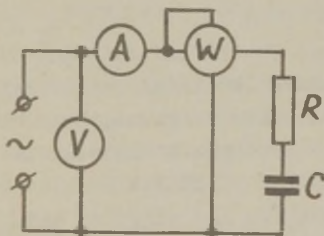


Joon. 4.12.

4.54. Kondensaator  $C = 100 \mu\text{F}$  ja sellega järjestikku ühendatud takisti  $r = 35 \Omega$  moodustavad vooluringi osa, mille otstel mõjub pinge  $u = 141 \sin 628 t$  (pinge on väljendatud voltides, aeg - sekundites). Määrata pinge ja voolu efektiivväärtused, voolu hetkväärtusi väljendav seadus, vooluringi vaadeldava osa poolt tarbitav võimsus ning joonestada vektordiagramm.

4.55. Vahelduvvooluvõrku, mille pinge amplituudväärtus  $U_m = 440$  V ja sagedus  $\nu = 50$  Hz, on lülitatud järjestikku normaalselt põlev hõõgniitlamp ja kondensaator. Lambile on kirjutatud "55 W, 110 V". Leida kondensaatori mahtuvus. Kui suur on ahelale rakendatud pinge ja teda läbiva voolu faasinihe?

4.56. Joonisel 4.13 kujutatud vooluringis näitab vattmeeter 325 W, ampermeeter - 4,2 A ja voltmeeter - 220 V. Vahelduvpinge sagedus on 50 Hz. Leida oomiline takistus  $R$  ja kondensaatori mahtuvus  $C$ .



Joon. 4.13.

4.57. Pool, induktiivsusega  $L = 30$  mH ja oomilise takistusega  $R = 20 \Omega$ , ühendati kondensaatoriga  $C = 4 \mu\text{F}$  järjestikku vahelduvvooluvõrku (220 V, 50 Hz). Määrata ahelat läbiva voolu tugevus ja voolu ning ahelale rakendatud pinge faasinihe.

- 4.58. Drossel, mille oomiline takistus  $R = 120 \Omega$  ja kondensaator, mahtuvusega  $C = 10 \mu\text{F}$ , ühendati järjestikku vahelduvvooluvõrku ( $U = 120 \text{ V}$ ,  $\nu = 50 \text{ Hz}$ ). Ahelat läbib vool  $I = 1 \text{ A}$ . Määrata drosseli induktiivsus.
- 4.59. Ahela takistus vahelduvvoolule, mille sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , on  $10 \Omega$ . Ahel koosneb järjestikku lülitatud reostaadist  $R = 6 \Omega$ , poolist induktiivtakistusega  $X_L = 16 \Omega$  ja kondensaatorist, mahtuvusega  $C$ . Pooli oomiline takistus on tühiselt väike. Määrata kondensaatori mahtuvus ja tema takistus vahelduvvoolule, eeldades, et ahela mahtvuslik takistus on väiksem induktiivtakistusest.
- 4.60. Vooluahel koosneb järjestikku ühendatud kondensaatorist mahtuvusega  $C = 22 \mu\text{F}$  ja induktiivpoolist, mille induktiivsus  $L = 0,35 \text{ H}$  ja oomiline takistus  $R = 20 \Omega$ . Ahelale on rakendatud vahelduvpinge nurksagedusega  $\omega = 314 \text{ rad/s}$  ja amplituudväärtusega  $U_m = 180 \text{ V}$ . Leida voolu amplituudväärtus, voolu ja ahelale rakendatud pingete faasinihe, samuti pingete amplituudväärtused kondensaatoril ja pooli otstel.
- 4.61. Järjestikku on ühendatud pool ( $X_L = 12 \Omega$ ,  $r_p = 5 \Omega$ ), kondensaator ( $X_C = 18 \Omega$ ) ja takisti ( $r = 3 \Omega$ ). Määrata pingete efektiivväärtused kõikidel vooluringi elementidel ning joonestada vektordiagramm, kui vooluringi otstel mõjub vahelduvpinge, mille sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$  ja efektiivväärtus  $U = 120 \text{ V}$ .
- 4.62. Vahelduvvooluvõrku ( $220 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ ) ühendati järjestikku kondensaator  $C = 18 \mu\text{F}$ , reostaat  $R = 10 \Omega$  ja drossel  $L = 0,6 \text{ H}$ . Pingete drosselil edestab voolu faasis  $\alpha = 60^\circ$  võrra. Leida drosseli aktiivtakistus ning ahela igal elemendil eralduv võimsus. Kui suur on kogu ahela võimsustegur?
- 4.63. Reostaat, takistusega  $R = 10 \Omega$ , on ühendatud pooliga, mille induktiivsus  $L = 0,1 \text{ H}$  ja oomiline takistus on tühiselt väike, järjestikku vahelduvvooluvõrku ( $220 \text{ V}$ ,

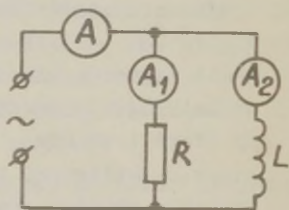
50 Hz). Samasse ahelasse lülitatakse järjestikku veel kondensaator, mille mahtuvus on selline, et faasinihe voolu ja rakendatud pinge vahel muutub nulliks. Leida voolu aktiiv- ja näivvõimsus kummagi lülituse korral. Kui suur on kondensaatori mahtuvus?

- 4.64. Vahelduvvooluvõrku, sagedusega  $\nu = 50$  Hz, on järjestikku lülitatud reostaat ja pool, mille induktiivsus  $L = 0,1$  H, kuid oomiline takistus on tühiselt väike. Ahelale rakendatud pinge ja teda läbiva voolu vahel on faasinihe  $\varphi = 30^\circ$ . Leida reostaadi takistus. Kui suure mahtuvusega kondensaator tuleks ühendada pooliga järjestikku, et faasinihe voolu ja pinge vahel kaoks?
- 4.65. Määrata võimsuse kaod juhtmetes, mis ühendavad generaatorit tarbijaga, kui edasiantav võimsus on 100 kW, pinge generaatori klemmidel 220 V, juhtmete takistus  $0,01 \Omega$  ja faasinihe  $37^\circ$ .
- 4.66. Vahelduvvooluvõrku on järjestikku ühendatud oomiline takistus  $R_0$  ja reaktiivtakistus  $X$ . Kuidas muutub ahela poolt tarbitav võimsus, kui reaktiivtakistus asendada arvuliselt sama suure oomilise takistusega?
- 4.67. Vooluahela moodustavad järjestikku ühendatud reostaat  $R = 10 \Omega$ , pool induktiivtakistusega  $X_L = 50 \Omega$  ja kondensaator mahtuvustakistusega  $X_C = 30 \Omega$ . Ahela otstel mõjub pinge  $u = 310 \sin 314 t$  (V). Määrata voolu efektiivväärtus, vooluahela igal elemendil mõjuva pinge hetkväärtusi väljendav seadus, vooluringi poolt tarbitav aktiiv-, reaktiiv- ja näivvõimsus.
- 4.68. Määrata sagedus, mille puhul eelmises ülesandes kirjeldatud vooluringis tekib pingeresonants. Milline on seejuures voolu efektiivväärtus ning pinged kondensaatori ja pooli klemmidel?
- 4.69. Takistit  $R = 20 \Omega$ , induktiivpooli  $L = 1,0$  mH ja kondensaatorit  $C = 0,1 \mu F$  järjestikku sisaldavas voolu-

ringis mõjub sinusoidaalne elektromotoorjõud, mille efektiivväärtus  $\mathcal{E} = 30 \text{ V}$ . Määrata vooluringi resonantssagedus. Kui suured on voolutugevuse ja vooluringi vastavate elementide pingete  $U_R$ ,  $U_L$  ning  $U_C$  efektiivväärtused resonantsi korral?

- 4.70. Ahel koosneb järjestikku ühendatud kondensaatorist, mahtuvusega  $C$ , induktiivpoolist, mille induktiivsus on  $L$  ja oomiline takistus tühiselt väike, ning resistorist, oomilise takistusega  $R$ . Ahelat toidetakse konstantset amplituudväärtust omava vahelduvpingega, mille sagedus on aga muudetav. Leida sagedus, mille korral pinge amplituudväärtus kondensaatoril on maksimaalne.
- 4.71. Lähtudes eelmise ülesande tingimustest, leida sagedus, mille korral pinge amplituudväärtus pooli otstel on maksimaalne.
- 4.72. Kaht paralleelselt ühendatud reostaati toidetakse pingega  $u = 179 \sin 314 t \text{ (V)}$ . Reostaatide takistused  $R_1 = 10 \Omega$  ja  $R_2 = 25,4 \Omega$ . Leida hargnemata voolu efektiivväärtus ja hetkväärtust väljendav seadus.

- 4.73. Pinge hetkväärtus joonisel 4.14 kujutatud vooluahela sisendklemmidel muutub vastavalt seadusele  $u = 179 \sin 1256 t \text{ (V)}$ .  $R = 10 \Omega$  ja  $L = 20,2 \text{ mH}$ . Määrata ampermeetrite näidud ja voolu hetkväärtust väljendav seadus ahela hargnemata osas.

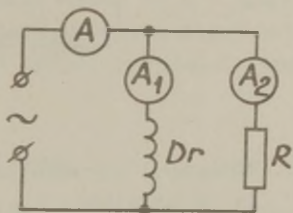


Joon. 4.14.

- 4.74. Reostaat, takistusega  $R = 12,6 \Omega$ , ja pool, mille induktiivsus  $L = 0,04 \text{ H}$  ning oomiline takistus tähtsusetult väike, on lülitatud paralleelselt vahelduvvooluvõrku. Milline on vahelduvvoolu sagedus, kui voolutugevused harudes on võrdsed?

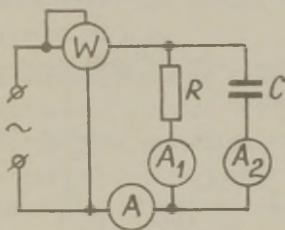
4.75. Vahelduvvooluvõrku sagedusega  $\nu = 50$  Hz on järjestikku ühendatud oomiline takistus  $R = 50 \Omega$  ja pool induktiivsusega  $L = 0,2$  H. Millise paralleelselt ühendatud aktiivtakistusega  $R_1$  ja pooliga, mille induktiivsus on  $L_1$  (aktiivtakistus tühiselt väike) võib asendada järjestikuse ahela, et vooluringis säiliks esialgne režiim ( $I_1 = I$  ja  $\varphi_1 = \varphi$ )?

4.76. Vahelduvvooluvõrku lülitatud drosselis eralduvat võimsust võib määrata kolme ampermeetri abil (vt. joonis 4.15). Kuidas seda arvutada, kui on teada ampermeetrite näidud ja oomiline takistus  $R$ ?



Joon. 4.15.

4.77. Joonisel 4.16 kujutatud ahelale on rakendatud vahelduvpinge  $380$  V ( $\nu = 50$  Hz). Mida näitavad mõõteriistad, kui  $R = 30 \Omega$  ja kondensaatori mahtuvustakistus  $X_C = 30 \Omega$ ?

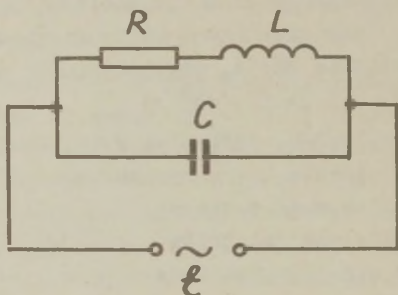


Joon. 4.16.

4.78. Kui suurt takistust avaldab vahelduvvoolule, mille nurksagedus on  $\omega$ , ahelaosa, mis koosneb paralleelselt ühendatud kondensaatorist, mahtuvusega  $C$ , ja reostaadist, takistusega  $R$ ?

4.79. Vahelduvvooluvõrku ( $127$  V,  $50$  Hz) on lülitatud paralleelselt kondensaator, mahtuvusega  $C = 24 \mu\text{F}$ , ja drossel, mille induktiivsus  $L = 0,6$  H ja oomiline takistus  $R = 100 \Omega$ . Leida kondensaatorit ja pooli läbivate voolude efektiivväärtused. Kui suur on resultantvool?

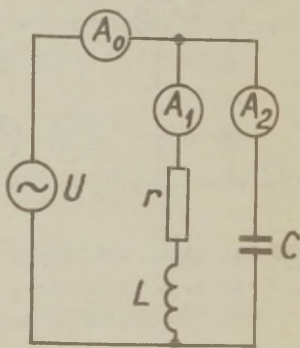
- 4.80. Leida voolutugevuse efektiivväärtused joonisel 4.17 kujutatud vooluringi kõikides osades, kui  $R = 1,0 \Omega$ ,  $L = 1,00 \text{ mH}$ ,  $C = 0,11 \mu\text{F}$ ,  $\mathcal{E} = 30 \text{ V}$  ja  $\omega = 1,0 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$ .



Joon. 4.17.

- 4.81. Vooluahel koosneb paralleelselt ühendatud poolist, mille induktiivsus  $L = 1,0 \text{ H}$  ja oomiline takistus  $R = 10^2 \Omega$ , ning kondensaatorist, mahtuvusega  $C = 4 \mu\text{F}$ . Leida selle ahela kogutakistus, kui vahelduvvoolu sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ .

- 4.82. Joonisel 4.18 kujutatud vooluringis on tekitatud voolurezonants. Ampermeetri  $A_1$  näit on  $5 \text{ A}$ , ampermeetril  $A_0$  -  $3 \text{ A}$ . Milline on ampermeetri  $A_2$  näit?



Joon. 4.18.

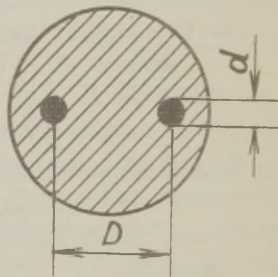
- 4.83. Vooluvõrku ( $127 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ ) lülitati paralleelselt pool, mille induktiivsus  $L = 1 \text{ H}$  ja oomiline takistus  $R = 10 \Omega$ , ning kondensaator. Kui suur peaks olema kondensaatori mahtuvus, et tekiks vooluresonants? Määra resonantsi korral voolutugevused läbi pooli ja kondensaatori. Milline on resultantvoolu tugevus?

- 4.84. Ahelale, mis koosneb muudetava mahtuvusega kondensaatorist ja temaga paralleelselt ühendatud solenoidist, rakendatakse vahelduvpinge (120 V, 50 Hz). Solenoidi induktiivsus  $L = 1,5$  H ja aktiivtakistus on tühiselt väike. Resultantvoolu minimaalne väärtus  $I_r = 0,010$  A. Leida kondensaatori mahtuvus ja ahela takistus resonantsi korral.
- 4.85. Vahelduvpinge  $U = 220$  V on rakendatud ahelale, mille moodustavad drossel ( $L = 1 \cdot 10^{-3}$  H,  $R = 3 \Omega$ ) ja temaga paralleelselt ühendatud kondensaator ( $C = 1 \mu F$ ). Leida sagedus, mille korral resultantvoolu tugevus on minimaalne, ning voolutugevused sellel sagedusel kondensaatoris ja drosselis.

#### Elektromagnetlained

- 4.86. Elektromagnetlaine, mille sagedus  $\nu = 3,0$  MHz, siseneb vaakumist dielektrikusse. Leida tema lainepikkuse juurdekasv, kui dielektriku suhteline elektriline läbitavus  $\epsilon = 4$ .
- 4.87. Elektromagnetiline tasalaine langeb risti tasaparalleelsele dielektrikust plaadile, mille paksus on  $d$ . Dielektriku suhteline elektriline läbitavus väheneb eksponentsiaalselt väärtuselt  $\epsilon_1$  plaadi esipinnal väärtuseni  $\epsilon_2$  tema tagumisel pinnal. Leida laine levikuasg plaadis.
- 4.88. Elektromagnetiline tasalaine, mille sagedus  $\nu = 10$  MHz, levib elektrit halvasti juhtivas keskkonnas. Keskkonna erijuhtivus  $\sigma = 10^{-3}$  S/m ja suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 9$ . Leida lainest põhjustatud juhtivusvoolu ja nihkevoolu amplituudide suhe.
- 4.89. Elektromagnetiline tasalaine  $\vec{E} = \vec{E}_m \cos[\omega t - (\vec{k}, \vec{r})]$  levib vaakumis. Oletades, et vektorid  $\vec{E}_m$  ja  $\vec{k}$  on teada, leida punkti  $\vec{r} = 0$  jaoks vektor  $\vec{H}$  kui aja funktsioon.

- 4.90. Vaakumis levib elektromagnetiline tasalaine  $\vec{E} = E_m \cos[\omega t - (\vec{k}, \vec{r})]$ , kus  $\vec{E}_m = E_m \vec{e}_y$  ja  $\vec{k} = k \vec{e}_x$ ;  $\vec{e}_x$  ning  $\vec{e}_y$  on telgede  $x$  ja  $y$  ühikvektorid. Leida vektor  $\vec{H}$  punktis, mille kohavektor  $\vec{r} = r \vec{e}_x$  ajahetkel: a)  $t = 0$ , b)  $t = t_0$ . Vaadelda juhtumit, kus  $E_m = 160$  V/m,  $k = 0,51 \text{ m}^{-1}$ ,  $x = 7,7$  m ja  $t_0 = 33$  ns.
- 4.91. Kuidas jaotuvad avatud kahejuhtmelises liinis, mille pikkus on  $l$ , pinge ja voolu omavõnkumiste amplituudid? Leida nende võnkumiste sagedused. Energiakadusid liinis ei pruugi arvestada.
- 4.92. Kuidas jaotuvad lühistatud kahejuhtmelises liinis, pikkusega  $l$ , pinge ja voolu omavõnkumiste amplituudid? Leida nende võnkumiste sagedused. Energiakadusid liinis ei pruugi arvestada.
- 4.93. Kuidas jaotuvad ühest otsast avatud ja teisest otsast lühistatud kahejuhtmelises liinis, pikkusega  $l$ , pinge ja voolu omavõnkumiste amplituudid? Leida nende võnkumiste sagedused. Energiakadusid liinis pole vaja arvestada.
- 4.94. Leida kahejuhtmelise liini lainetakistus  $Q$ , kui juhtmete diameeter  $2r = 4$  mm ja nende vahemaa  $D = 10$  cm. Energiakadusid liinis pole vaja arvestada.
- 4.95. Leida kahejuhtmelise õhuliini induktiivsus, mahtuvus ja lainetakistus, kui liini pikkus  $l = 40$  m, juhtmete vahemaa  $D = 15$  cm ja nende läbimõõt  $d = 3$  mm.
- 4.96. Kahejuhtmelise liini moodustab kahejuhtmeline kaabel (vt. joon. 4.19), mille mõõtmed  $D = 20$  mm ja  $d = 4$  mm. Dielektriku suhteline läbitavus  $\epsilon = 4$ . Leida kaabli lainetakistus.



Joon. 4.19.

- 4.97. Leida õhkdielektrikuga koaksiaalse kaabli lainetakistus, kui väliskesta läbimõõt  $2R = 40$  mm ja soone läbimõõt  $2r = 8$  mm. Energiakadusid kaablis pole vaja arvestada.
- 4.98. Leida elektromagnetlainete levikukiirus koaksiaalkaablis, mille dielektriku suhteline läbitavus  $\epsilon = 4,5$ . Energiakadusid pole vaja arvestada.
- 4.99. Koaksiaalkaabli soone ja väliskesta vahelist ruumi täitnud õhk asendati mingisuguse teise dielektrikuga, mistõttu elektromagnetlainete levikukiirus kaablis vähenes 25 % võrra. Leida dielektriku suhteline dielektriline läbitavus.
- 4.100. Leida mõlemast otsast avatud vees asetseva kaovaba kahejuhtmelise liini omavõnkumiste periood, kui liini pikkus on  $l$ .
- 4.101. Kaks pikka paralleelset bensoolis asetsevat sirgjuhet on induktiivselt sidestatud ühest otsast kõrgsagedusgeneraatoriga. Sagedusel  $\nu = 100$  MHz tekivad paralleelsetes juhtmetes seisvlained. Nihutades piki juhtmeid gaaslahenduslampi, mille üks elektrod on ühendatud ühe, teine - teise juhtmega, tehti tema helen-duse järgi kindlaks elektrivälja tugevuse paisude asukohad. Naaberpaisude vahemaa  $4x$  osutus võrdseks  $1,00$  meetriga. Leida bensooli suhteline dielektriline läbitavus.
- 4.102. Avatud kahejuhtmeline liin, mille pikkus  $l = 12$  m, resoneerib generaatori põhisagedusele. Mitu korda erinevad pinged ja voolu amplituudväärtused kaugusel  $x = 5$  m liini otsast pinged ja voolu maksimaalväärtusest?
- 4.103. Avatud kahejuhtmelise pikka liini, lainetakistusega  $\rho = 500 \Omega$ , toidetakse kõrgsagedusgeneraatorist siinuspingega, mille sagedus  $\nu = 200$  MHz. Liin asetseb õhus. Pinged amplituudväärtus liini lõpus  $U_m = 1000$  V. Leida voolu ja pinged amplituudväärtused liini selles

punktis, mille kaugus liini lõpust  $x = 1$  m.

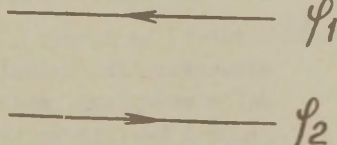
- 4.104. Leida madalaim sagedus, millele resoneerib  $l = 12$  km pikkune ühest otsast avatud koaksiaalkaabel, kui kaabli dielektriku suhteline elektriline läbitavus  $\epsilon = 4,5$  ning teda toidab teisest otsast kaduvväikese sisetakistusega vahelduvvooluallikas.
- 4.105. Leida kaovaba koaksiaalkaabli lainetakistus, kui kaabli väliskesta sisemine läbimõõt  $2R = 12$  mm ja soone läbimõõt  $2r = 2$  mm. Kaabli dielektriku suhteline elektriline läbitavus  $\epsilon = 2,4$ .
- 4.106. Leida ühest otsast avatud kaovaba kahejuhtmelise õhuliini sisendtakistus sagedusel  $\nu = 50$  MHz, kui liini moodustavate juhtmete diameeter  $2R = 2$  mm ja nende vahemaa  $d = 12$  mm. Liini pikkus võib olla  $l_1 = 2$  m;  $l_2 = 3$  m;  $l_3 = 3,5$  m;  $l_4 = 7,5$  m. Määrata igal juhtumil takistuse iseloom (kas on see mahtuvuslik või induktiivne?).
- 4.107. Kahejuhtmelise avatud liini pikkus  $l = 2$  m, juhtmete vahemaa  $D = 10$  cm ja juhtmete diameeter  $d = 3$  mm. Liin asetseb õhus. Leida selle liini sisendtakistus generaatorile, mis töötab lainepikkusel  $\lambda = 1,5$  m.
- 4.108. Ülesandes 4.106 kirjeldatud liini juhtmetele on paigutatud juhtmeid lühistav metallvarb - sild. Sild on piki juhtmeid nihutatav. Leida liini sisendtakistuse  $Z_s$  sõltuvus silla kaugusest  $x$  liini alguse suhtes. Teha kindlaks, kuidas muutub sisendtakistuse iseloom sõltuvalt silla asukohast.
- 4.109. Lühistatud kahejuhtmelise õhuliini  $l = 2$  m, juhtmete vahemaa  $D = 10$  cm ja nende diameeter  $d = 3$  mm. Leida selle liini sisendtakistus generaatorile, mis töötab lainepikkusel  $\lambda = 1,5$  m.
- 4.110. Lühistatud kahejuhtmelise õhuliini pikkus  $l = 0,8$  mm, juhtmete vahemaa  $D = 10$  cm ja nende läbimõõt  $d = 3$  mm. Kui suure induktiivsusega on see liin ekvivalentne

generaatori jaoks, mis töötab lainepikkusel  $\lambda = 4$  m?

- 4.111. Lühistatud kahejuhtmelist liini, mille pikkus  $l = 2$  m, toidetakse generaatorist, mis töötab sagedusel  $\nu = 600$  MHz. Millist takistust avaldab see liin generaatorile, kui juhtmed asetsevad õhus ja nende vahemaa  $D = 10$  cm ning diameeter  $d = 3$  mm?
- 4.112. Kahejuhtmeline kaovaba liin, mille pikkus  $l = 5$  m, on ühest otsast koormatud kondensaatoriga  $C = 20$  pF. Liini juhtmete läbimõõt  $2r = 4$  mm ja nende vahemaa  $D = 4$  cm. Leida liini sisendtakistus sagedusel  $\nu = 75$  MHz.
- 4.113. Kahejuhtmelise liini pikkus  $l = 5$  m, juhtmete läbimõõt  $2r = 3$  mm ja nende vahemaa  $D = 6$  cm. Leida liini sisendtakistus sagedusel  $\nu = 75$  MHz, kui mõlemate juhtmete oomiline takistus sellel sagedusel liini meetripikkuse lõigu kohta  $R_1 = 0,2 \Omega/\text{m}$  ja liini teine ots on: a) lühistatud; b) avatud.
- 4.114. Kahejuhtmeline kaovaba liin, pikkusega  $l = 18$  m, on koormatud oomilise takistusega  $r = 80 \Omega$ . Liini lainetakistus  $\rho = 400 \Omega$ . Leida liini sisendtakistused lainepikkustel  $\lambda_1 = 8$  m ja  $\lambda_2 = 9$  m.
- 4.115. Leida eelmises ülesandes kirjeldatud liini sisendtakistus, kui ta on koormatud oomilise takistusega  $r = 400 \Omega$ .

#### Poyntingi vektor

- 4.116. Joonisel 4.20 on kujutatud kahejuhtmelise alalisvooluga liini lõik. Voolu suunda näitavad nooled. Teades, et potentsiaalid rahuldavad tingimust  $\varphi_2 > \varphi_1$ , määrata Poyntingi vektori abil vooluallika asukoht (paremal või vasakul?).



Joon. 4.20.

- 4.117. Ideaalse (soojuskadudeta) kahejuhtmeline liini üks otstepaar on ühendatud alalisvoolu allikaga, teine aga teatud takistiga, mis moodustab liini koormuse. Näidata, et Poyntingi vektor on juhtmetevahelises ruumis suunatud piki juhtmeid koormuse suunas. Kuidas muutub Poyntingi vektori suund, kui võtta arvesse juhtmete takistust?
- 4.118. Eelmises ülesandes kirjeldatud kahejuhtmeline liini üks otstepaar on ühendatud siinuselise vahelduvpinge generaatoriga. Pinge ja voolutugevus on liinis ühes ja samas faasis. Näidata, et Poyntingi vektor on juhtmetevahelises ruumis suunatud alati liini kooramatud otsa poole.
- 4.119. Eelmises ülesandes kirjeldatud liinis jääb vool pingest faasis  $90^\circ$  võrra maha. Näidata, et niisugusel juhul muutub Poyntingi vektori suund juhtmetevahelises ruumis iga neljandikperioodi järel vastupidiseks, mistõttu energiavoog perioodi jooksul on null (seisvlaine).
- 4.120. Pikas silindrilises sirgjuhtmes kulgeb alalisvool. Määrata juhtme külpinna suvalise punkti jaoks Poyntingi vektori komponent, mis on tingitud vektori  $\vec{E}$  tangentsiaalkomponendist, ja näidata, et Poyntingi vektori korrutis juhtme külgpindalaga on võrdne juhtmes eralduva võimsusega.
- 4.121. Näidake, et elektrienergia, mis neeldub voolu kulgemise tõttu juhtmes ja läheb selle soojendamiseks, saadakse ümbritsevast elektromagnetväljast.
- 4.122. Näidake, et energia, mille kannab elektromagnetlaine ajaühikus läbi koaksiaalkaabli ristlõike, on võrdne selle energiaga, mida sisestab kaablist sama aja jooksul kaablit toitev vooluallikas.
- 4.123. Plaatkondensaator, mille kateteks on kaks ühesugust ketast, laeti kõrge pingeni ja seejärel lahutati

pingeallikast. Piki kondensaatori telge tekib säde-  
lahendus, mille tagajärjel kondensaator tühjeneb.  
Lugedes lahenduse kvaasistatsionaarseks ja jättes  
välja mittehomogeensuse katete servadel arvestamata,  
leida kondensaatorist väljuv elektromagnetenergia  
voog.

- 4.124. Plaatkondensaatori kateteks on kaks ühesugust ketast ning tema mahtuvus on  $C$ . Kondensaatorile anti laeng  $q_0$ , lahutati pingeallikast, misjärel katted ühendati omavahel väljaspool kondensaatorit pika silindrilise juhiga. Jättes arvestamata välja mittehomogeensuse kondensaatori servadel, näidata vahetu arvutuse abil, et kondensaatorist väljuv elektromagnetenergia voog on võrdne juhtmesse siseneva energia koguvooga.
- 4.125. Elektromagnetilise tasalaine lainepikkus  $\lambda = 100$  m ja elektrilise komponendi amplituudväärtus  $E_m = 5 \cdot 10^{-5}$  V/m. Millise energia kannab see laine  $t = 10$  min jooksul läbi laine levikuteega ristuva pinnatüki  $S = 1$  m<sup>2</sup>?
- 4.126. Leida energia, mille kannab sinusoidaalne elektromagnetlaine vaakumis aja  $\tau = 1,0$  min jooksul läbi laine levikuteega ristuva tasapinnatüki  $S = 10,0$  cm<sup>2</sup>. Laine elektrilise komponendi amplituudväärtus  $E_m = 1,0$  mV/m. Laine võnkeperiood  $T \ll \tau$ .

VASTUSED

- 1.1.  $F = 9 \cdot 10^3$  N.  
 1.2.  $m = 3,87$  kg.  
 1.3.  $\frac{F_{el}}{F_{gr}} = 4 \cdot 10^{42} (1 \cdot 10^{36})$ ;  $q/m = 0,86 \cdot 10^{-10}$  C/kg.  
 1.4. ca  $2 \cdot 10^{15}$  N.  
 1.5.  $v = 2,2 \cdot 10^6$  m/s.  
 1.7. Laenguid  $q_1$  ja  $q_2$  ühendavale sirglõigule kaugusel  
 $r_1 = d / (\sqrt{q_2/q_1} + 1) = 20$  cm laengust  $q_1$ .  
 1.8. a)  $Q = -\frac{\sqrt{3}}{3} q$ , b)  $Q = -\frac{2\sqrt{2}+1}{4} q$ .  
 1.9.  $q = 2,5 \cdot 10^{-8}$  C.  
 1.10.  $q = 3,3 \cdot 10^{-8}$  C.  
 1.11.  $r_1 = \frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} \pm \sqrt{q_2}} d$ .  
 1.12.  $E = 144$  kV/m.  
 1.13.  $y = \pm d / \sqrt{2} = \pm 3,5$  cm, kus  $y$  on punkti koordinaat laengukeskme suhtes.  
 1.14.  $E = 67$  kV/m.  
 1.15.  $E = 16,7$  kV/m.  
 1.16.  $E = 246$  V/m.  
 1.17.  $E = 120$  kV/m.  
 1.18.  $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{3(\vec{p}, \vec{r})}{r^5} - \frac{\vec{p}}{r^3} \right]$ .  
 1.19.  $E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 R}$ .  
 1.20.  $R \leq \frac{1}{1-\delta} \sqrt{\frac{\delta}{2}} = 4,18$  cm.  
 1.21.  $E = \tau / 2\pi\epsilon_0 a \sqrt{4a^2 + l^2}$ .  
 1.22.  $E = \sqrt{2} \tau / 4\pi\epsilon_0 a$ .

$$1.23. E = q/4\pi\epsilon_0 l(1+r).$$

$$1.24. F = \tau q l / 4\pi\epsilon_0 a \sqrt{l^2/4+a^2} = 1,27 \mu\text{N}.$$

$$1.25. F = 8,1 \text{ N/m}.$$

$$1.26. E = \frac{2\tau d}{\pi\epsilon_0(4x^2+d^2)}.$$

$$1.27. E = 3,12 \cdot 10^6 \text{ V/m}.$$

$$1.28. E_{\text{max}} = \frac{\tau}{\pi\epsilon_0 a}.$$

$$1.29. E = 60,2 \text{ kV/m}.$$

$$1.30. E = 38 \text{ kV/m}.$$

$$1.31. \text{a) } E = 0; \text{ b) } E = 10^4 \text{ V/m}; \text{ c) } E_{\text{max}} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ V/m}.$$

$$1.32. F = \frac{q\tau}{4\pi\epsilon_0 R}.$$

$$1.33. E = \frac{q}{2\pi^2\epsilon_0 R^2}.$$

$$1.34. E = \frac{\tau_0}{4\epsilon_0 R}.$$

$$1.35. \text{a) } E = \frac{\sqrt{2}\tau}{4\pi\epsilon_0 R}; \text{ b) } E = 0.$$

$$1.36. E = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1} = 1,9 \cdot 10^4 \text{ V/m}.$$

$$1.37. E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R^2} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + R^2}}\right).$$

$$1.38. h \leq R \delta = 1,25 \text{ cm}.$$

$$1.39. E = \frac{\sigma h}{2\epsilon_0 \sqrt{h^2 + R^2}}.$$

$$1.41. E_{\text{vähel}} = 0; E_{\text{väljas}} = q/\epsilon_0 S.$$

$$1.42. \sigma_1 = 35,4 \text{ nC/m}^2; \sigma_2 = -17,7 \text{ nC/m}^2.$$

$$1.43. E = \frac{\sqrt{5}}{2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0}.$$

1.44.  $E_1 = 5,65 \text{ kV/m}$ ;  $E_2 = 9,80 \text{ kV/m}$ .

1.45.  $F = 3,4 \text{ N/m}$ .

1.46.  $q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

1.47.  $E = \frac{\sigma}{4 \epsilon_0}$ .

1.48.  $F = q^2 / 32 \pi \epsilon_0 R^2$ .

1.49.  $F = q(q + 2q_0) / 32 \pi \epsilon_0 R^2$ .

1.50.  $M = 9,36 \cdot 10^{-26} \text{ Nm}$ .

1.51.  $F_e = p_e q / 2 \pi \epsilon_0 r^3 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ .

1.52.  $F = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ .

1.53.  $F = 3 \alpha p_e^2 / 4 \pi^2 \epsilon_0 r^7$ .

1.54. a)  $3,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ ; b)  $4,12 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ ;  $2,06 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ ;

c)  $F_{\max} = 6,6 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ ;  $F_{\min} = 3,3 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ ;  $M_{\min} = 0$ ;

$M_{\max} = 10^{-21} \text{ N}\cdot\text{m}$ .

1.55. Kui  $x = 0$  ja  $x = R / \sqrt{2}$ , siis  $F = 0$ ; kui  $x = 1,1 R$ , siis maksimaalne tõukejõud; kui  $x = 0,29 R$ , siis maksimaalne tõmbejõud.

1.56.  $\phi_E = \frac{\tau h}{\epsilon_0}$ .

1.57.  $\phi_E = \frac{q}{\epsilon_0} \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{R}{a})^2}} \right]$ .

1.58.  $\phi_E = \frac{\tau R}{2 \epsilon_0}$ .

1.59.  $R > 55 \text{ m}$ .

1.60.  $E_1 = 0$ ;  $E_2 = 270 \text{ kV/m}$ ;  $E_3 = -450 \text{ kV/m}$ .

1.61.  $E_1 = \rho r_1 / 3 \epsilon_0 = 88 \text{ kV/m}$ ;  $E_2 = \rho R^3 / 3 \epsilon_0 r_2^2 = 78 \text{ kV/m}$ .

1.62. Kera sees  $E = \frac{\rho_0 r}{3 \epsilon_0} (1 - \frac{3r}{4R})$ ,  $E_{\max} = \frac{\rho_0 R}{9 \epsilon_0}$ ;  $r_{\max} = 2R/3$ .

Väljaspool kera  $E = \rho_0 R^3 / 12 \epsilon_0 r^2$ .

- 1.63. Elektriväli õõnsuses on homogeenne:  $\vec{E} = \rho \vec{r} / 3 \epsilon_0$ .
- 1.64. Elektriväli on homogeenne:  $\vec{E} = \rho \vec{d} / 3 \epsilon_0$ .
- 1.65.  $\sigma = 3 \epsilon_0 E \cos \alpha$ . Väljaspool kera ühtib väli sfääri keskel oleva diipoli elektriväljaga. Selle diipoli elektriline moment  $\vec{p} = -4\pi \epsilon_0 R^3 \vec{E}$ .
- 1.66.  $E_B = \rho r / 2 \epsilon_0$ ,  $E_V = R_0^2 \rho / 2 \epsilon_0 r$ .
- 1.67.  $E_1 = \rho r_1 / 2 \epsilon_0 = 6\pi \text{ MV/m}$ ,  $E_2 = \rho R^2 / 2 \epsilon_0 r^2 = 15\pi \text{ MV/m}$ .
- 1.68. Elektriväli on õõnsuses homogeenne:  $\vec{E} = \rho \vec{r} / 2 \epsilon_0$ , kus  $\vec{r}$  on suunatud õõnsuse telje poole.
- 1.69.  $F = \tau^2 h / 4 \pi^2 \epsilon_0 R$ .
- 1.70.  $E_B = 45 \text{ kV/m}$ ;  $E_0 = 0$ ;  $E_V = 75 \text{ kV/m}$ .
- 1.71.  $A_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ ,  $A_2 = 8,9 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .
- 1.72.  $A = \frac{q_0}{2} \sqrt{\frac{q}{\pi \epsilon_0}} (\sqrt{E_A} - \sqrt{E_B}) = 72 \text{ nJ}$ .
- 1.73.  $A = 13 \text{ mJ}$ .
- 1.74.  $r_{\min} = q_1 q_2 (m_1 + m_2) / 2 \pi \epsilon_0 m_1 m_2 v_r^2$ .
- 1.75.  $r_{\min} = 60 \text{ cm}$ .
- 1.76.  $r = 11 e^2 / \pi \epsilon_0 m v^2 = 6 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ .
- 1.77.  $x = 0,57 \text{ mm}$ ;  $v = 13,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ .
- 1.78.  $\tau = 1 \mu\text{C/m}$ .
- 1.79.  $A = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ .
- 1.80.  $A = q \sigma_1 R_1 \ln(R_2 / R_1) / \epsilon_0 = 14,6 \text{ mJ}$ ;  
 $F = q(R_1 \sigma_1 + R_2 \sigma_2) / \epsilon_0 (R_2 + h) = 4,1 \text{ N}$ .
- 1.81.  $A = - \frac{p_e q}{4 \pi \epsilon_0 R^2}$ .
- 1.82.  $\varphi = q(6 + \sqrt{3}) / 6 \pi \epsilon_0 a = 7,7 \text{ kV}$ .
- 1.83. a)  $E_A = 30 \text{ kV/m}$ ,  
 $E_B = 3,75 \text{ MV/m}$ ;  
 b)  $\varphi = -1,8 \text{ kV}$ .

$$1.84. R = \frac{nd}{n^2-1}, a = \frac{d}{n^2-1}.$$

$$1.86. \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l} \ln \frac{a+1}{a}.$$

$$1.87. \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{h^2 + R^2}}, E = \frac{qh}{4\pi\epsilon_0 (h^2 + R^2)^{3/2}},$$

$$\varphi_0 = 3000 \text{ V}, \varphi_{10} = 1340 \text{ V}.$$

$$1.88. \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{a^2}{R^2}}}\right).$$

$$1.89. \varphi = q/2\pi\epsilon_0(R_1 + R_2) = 18 \text{ kV}.$$

$$1.90. \varphi = \sigma(\sqrt{h^2 + R^2} - h)/2\epsilon_0.$$

$$1.91. q_{\max} = 75 \cdot 10^{-7} \text{ C}, \varphi_{\max} = 450 \text{ kV}.$$

$$1.92. R = 15 \text{ cm}.$$

$$1.93. n = 2 \cdot 10^{10}, \Delta m = 2 \cdot 10^{-17} \text{ г}.$$

$$1.94. \varphi = 2,9 \text{ V}.$$

$$1.95. q = 5,9 \cdot 10^5 \text{ C}; \varphi = 830 \text{ MV}.$$

$$1.96. q_2 = -2,1 \text{ nC}.$$

$$1.97. R = 1 \text{ m}.$$

$$1.98. \varphi = \rho(3R^2 - r^2)/6\epsilon_0.$$

$$1.99. U \approx \frac{d}{R} \sqrt{\frac{mg}{\pi\epsilon_0}} \approx 38 \text{ kV}.$$

$$1.100. U = \frac{\sigma}{\epsilon_0} h_2; U' = \frac{\sigma}{\epsilon_0} |h_2 - h_1|.$$

$$1.101. A = 52 \mu\text{J}.$$

$$1.102. U_{12} = 75,4 \text{ V}; U_{23} = 226,1 \text{ V}.$$

$$1.103. \text{a) } E_1 = 11,3 \text{ kV/m}; \text{b) } E = 5,65 \text{ kV/m}; \text{c) } U = 56,5 \text{ V};$$

$$\text{d) } v = 4,46 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

$$1.104. U = 750 \text{ V}; E_S = \frac{150}{r^2} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}}\right); E_V = \frac{300}{r^2} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}}\right).$$

- 1.105.  $E_s = U/R_1 \ln(R_2/R_1) = 25 \text{ kV/m}$ ;  $E_v = 0$ .
- 1.106.  $U = \frac{\sigma_1 R_1}{\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1} = 185 \text{ V}$ ,  $E = \frac{R_1 \sigma_1 + R_2 \sigma_2}{\epsilon_0 r} = \frac{1,2 \cdot 10^4}{r} \left(\frac{\text{V}}{\text{m}}\right)$ .
- 1.107.  $\varphi_1 - \varphi_2 = q/2\pi\epsilon_0 R = 5,4 \text{ kV}$ .
- 1.108.  $\Delta\varphi = 175 \text{ V}$ .
- 1.109.  $E = ax$ . Selline valem kehtib elektrivälja jaoks ühtlaselt laetud kihis, mis on risti  $x$ -teljega, kui laengu ruumtihedus  $\rho = \epsilon_0 a$ .
- 1.110.  $\rho = 6\epsilon_0 ax$ .
- 1.111.  $\rho = 6\epsilon_0 a$ .
- 1.112.  $\varphi = -y(ax + bx) + \text{const}$ .
- 1.113.  $\varphi = ay\left(\frac{y^2}{3} - x^2\right) + \text{const}$ .
- 1.114.  $\varphi = axy + \text{const}$ .
- 1.115. a)  $\vec{E} = -2ax\vec{i} + 2ay\vec{j}$ ;  
b)  $\vec{E} = -a(y\vec{i} + x\vec{j})$ .
- 1.116.  $\vec{E} = -2(ax\vec{i} + ay\vec{j} + bz\vec{k})$ ,  $E = 2\sqrt{a^2(x^2 + y^2) + b^2z^2}$ ;  
a) pöördellipsoid, mille poolteljed on  $\sqrt{\varphi/a}$  ja  $\sqrt{\varphi/b}$ ;  
b) kui  $\varphi > 0$ , siis ühekatteline hüperboloid; kui  $\varphi = 0$ , siis ringkoonus; kui  $\varphi < 0$ , siis kahekatteline hüperboloid.
- 1.117.  $U = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0} \left(d_0 + \frac{1-\epsilon}{\epsilon} d_2\right) = 1413 \text{ V}$ ,  
a)  $E_0 = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0} = 188 \text{ kV/m}$ ,  
b)  $E_d = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0\epsilon} = 94 \text{ kV/m}$ .
- 1.118.  $U = 1750 \text{ V}$ .
- 1.119.  $\sigma_p = 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$ .
- 1.120.  $\sigma_p' = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$ ,  
 $\sigma_p'' = 1,38 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$ ,  
 $q_p' = q_p'' = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ .

1.121. a) Kera sees  $E = \rho r / 3\epsilon_0 \epsilon$ , väljaspool  $E = R^3 \rho / 3\epsilon_0 r^2$ ,

$$b) \rho_p = - \frac{(\epsilon - 1) \rho}{\epsilon},$$

$$\sigma_p = \frac{(\epsilon - 1)}{3\epsilon} \rho r.$$

$$1.122. E = \frac{Ph}{4\epsilon_0 R}.$$

$$1.123. \sigma_{\max} = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2.$$

$$1.124. \sigma_{p\max} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = 3,5 \text{ nC/m}^2$$

$$q_p = \pi R^2 \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = 10 \text{ nC}.$$

$$1.125. \vec{E}_s = -\vec{P} / 3\epsilon_0, \vec{E}_v = \frac{V}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{3(\vec{P}, \vec{r})}{r^5} \vec{r} - \frac{\vec{P}}{r^3} \right].$$

$$1.126. \vec{E}_0 = (\epsilon + 2)\vec{E} / 3.$$

$$1.127. \vec{E} = 3\vec{E}_0 / (\epsilon + 2); \vec{p} = 3\epsilon_0 (\epsilon - 1) \vec{E} / (\epsilon + 2).$$

$$1.128. \vec{E} = \frac{2}{\epsilon + 1} \vec{E}_0; \vec{p} = \frac{2\epsilon_0 (\epsilon - 1)}{\epsilon + 1} \vec{E}.$$

$$1.129. \beta = 76,1^\circ;$$

$$E = 5,2 \text{ V/m};$$

$$\sigma_p = 6,6 \cdot 10^{-11} \text{ C/m}^2.$$

$$1.130. \oint (\vec{E}, d\vec{S}) = \frac{(\epsilon - 1)\pi R^2 \epsilon_0 \cos \beta}{\epsilon}.$$

$$1.131. q_1 = \pm \epsilon_0 ES.$$

$$1.132. q_1 = \pm q / 2.$$

1.133. Plaadi B küljel, mis on plaadile A lähemal, on

$q = 1 \text{ mC}$ , teisel küljel  $q' = 3 \text{ mC}$ .

$$1.134. \sigma_1 = \sigma_4 = \frac{2}{3} \cdot 10^5 \text{ C/m}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{3} \cdot 10^5 \text{ C/m}^2,$$

$$\sigma_3 = -\frac{1}{3} \cdot 10^5 \text{ C/m}^2;$$

kui  $q_2 = -q_1$ , siis  $\sigma'_1 = \sigma'_4 = 0$  ja  $\sigma'_2 = \frac{q}{S}$  ning

$$\sigma'_3 = \frac{q}{S}, \text{ kus } q = |q_1| = |q_2|.$$

1.135. a) Kui  $q = \text{const}$ , siis  $E = \frac{U}{d}$ ,

$$\sigma_{1C} = \sigma_{1D} = -\epsilon_0 \frac{U}{d},$$

$$\sigma_{2C} = \sigma_{2D} = \epsilon_0 \frac{U}{d},$$

$$U_{AC} = U_{CD} = U_{DB} = \frac{U}{3}.$$

Kui C ja D hetkeks lühistada, siis  $\sigma_{2C} = \sigma_{1D} = 0$ ,

$$\sigma_{1C} = -\epsilon_0 \frac{U}{d}, \quad \sigma_{2D} = \epsilon_0 \frac{U}{d}, \quad U_{AC} = U_{DB} = \frac{U}{3}; \quad U_{CD} = 0.$$

b) Kui  $U = \text{const}$ , siis  $E = \frac{U}{d}$ ,  $\sigma_{1C} = \sigma_{1D} = -\epsilon_0 \frac{U}{d}$ ,

$$\sigma_{2C} = \sigma_{2D} = \frac{U}{d}, \quad U_{AC} = U_{CD} = U_{DB} = \frac{U}{3}.$$

Kui C ja D hetkeks lühistada, siis  $\sigma_{2C} = \sigma_{1D} = 0$ ,

$$\sigma_{2D} = \sigma_A = \epsilon_0 \frac{3}{2} \frac{U}{d}, \quad \sigma_{1C} = \sigma_B = -\epsilon_0 \frac{3}{2} \frac{U}{d},$$

$$U_{AC} = U_{DB} = \frac{U}{2}, \quad U_{CD} = 0.$$

1.136. a)  $E_{23} = \frac{\Delta\varphi}{d}$ ;  $E_{12} = E_{34} = \frac{1}{2} E_{23}$ ;

$$b) |\sigma_1| = \sigma_4 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{d},$$

$$\sigma_2 = |\sigma_3| = \frac{3}{2} \epsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{d}.$$

1.137.  $E_1 = 135 \text{ kV/m}$ ,  $E_2 = 5,4 \text{ kV/m}$ ;

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 9,45 \text{ kV}.$$

1.138.  $\varphi_v = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_3}$ ;  $\varphi'_v = 0$ ;

$$\varphi_s = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right); \quad \varphi'_s = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$$

1.139.  $\varphi'_1 = 200 \text{ V}$ .

1.140. Punktides A ja B on väljatugevus  $3\vec{E}$ ,  
punktides C ja D on väljatugevus 0.

1.141.  $p_e = \frac{q^2}{32\pi^2\epsilon_0\epsilon R^4}$ .

1.142.  $q = \frac{Q}{2}$ .

1.143. Suureneb 2 korda.

$$1.144. \text{ a) } \sigma_1 = -8,8 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2;$$

$$\sigma_2 = -1,9 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2;$$

$$\text{ b) } q_1 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ C.}$$

$$1.145. \sigma = \frac{q_1}{2\pi(h^2 + r^2)^{3/2}}.$$

$$1.146. E = \frac{q}{20\pi\epsilon_0 h^2} \sqrt{26 - 2\sqrt{5}}.$$

$$1.147. \text{ a) } E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h^2},$$

$$\text{ b) } E = \frac{2q}{9\pi\epsilon_0 h^2}.$$

$$1.148. q = 4h\sqrt{\pi\epsilon_0 kx}.$$

$$1.149. F = \frac{(2\sqrt{2} - 1)q^2}{8\pi\epsilon_0 h^2}, \quad E = 2\left(1 - \frac{1}{5\sqrt{5}}\right) \frac{q}{\pi\epsilon_0 h^2}.$$

$$1.150. F = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

$$1.151. A = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 h}.$$

$$1.152. F = (2\sqrt{2} - 1)q^2 / 32\pi\epsilon_0 h^2.$$

$$1.153. F = \frac{3pe^2}{32\pi\epsilon_0 h^4}.$$

$$1.154. \text{ a) } F = \frac{\tau^2}{4\pi\epsilon_0 h};$$

$$\text{ b) } \sigma = \frac{\tau h}{\pi(x^2 + h^2)}.$$

$$1.155. \text{ a) } \sigma_0 = \frac{\tau}{2\pi h};$$

$$\text{ b) } \sigma = \frac{\tau}{2\pi\sqrt{x^2 + h^2}}.$$

$$1.156. \text{ a) } \sigma = \frac{qh}{2\pi(h^2 + R^2)^{3/2}};$$

$$\text{ b) } E = \frac{q}{16\pi\epsilon_0 h^2 (1 + \frac{R^2}{4h^2})^{3/2}};$$

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4h^2}{R^2}}}\right).$$

$$1.157. q_A = -\frac{q(d-x)}{d}, q_B = -\frac{qx}{d}.$$

$$1.158. x_0 \approx 1 \mu\text{m}.$$

$$1.159. F = -Rdq^2/4\pi\epsilon_0(d^2 - R^2)^2.$$

$$1.160. q' = \frac{1}{2} q.$$

$$1.161. \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}.$$

$$1.162. \text{ a) } \sigma_p = hq(\epsilon - 1)/2\pi(\epsilon + 1)r^3;$$

$$\text{ b) } q_p = q(\epsilon - 1)/(\epsilon + 1).$$

$$1.163. F = \frac{q^2(\epsilon - 1)}{16\pi\epsilon_0(\epsilon + 1)h^2}.$$

$$1.164. \sigma_p = (\epsilon - 1)qh/2\pi(\epsilon + 1)\epsilon r^3.$$

$$1.165. \sigma_p = (\epsilon - 1)qh/2\pi\epsilon r^3.$$

$$1.166. C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1}{1 + (\epsilon - 1)R_1/R_2}$$

$$1.167. C = 0,39 \text{ pF}.$$

$$1.168. C = 105 \text{ pF},$$

$$R = 945 \text{ mm}.$$

$$1.169. E = 44,5 \text{ kV/m},$$

$$C = 1,48 \text{ pF}.$$

$$1.170. \varphi = (C_1\varphi_1 + C_2\varphi_2)/(C_1 + C_2).$$

$$1.171. C = C_1C_2/(C_1 + C_2) = 1,2 \text{ pF}.$$

$$1.172. C = 800 \text{ pF.}$$

$$1.173. \text{ a) } C_{AB} = 2 \epsilon_0 \epsilon S / 3d, \text{ b) } C'_{AB} = 3 \epsilon_0 \epsilon S / 2d.$$

$$1.174. C = \frac{\epsilon_0 S (2d_0 + d)}{2 d_0 d} = 7,9 \cdot 10^{-11} \text{ F.}$$

$$1.175. C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S}{\epsilon_1 d + (\epsilon_2 - \epsilon_1) d_1}.$$

$$1.176. \text{ a) } C_j = 2 \epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S / d (\epsilon_1 + \epsilon_2),$$

$$\text{ b) } C_p = \epsilon_0 S (\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2d.$$

$$1.177. C = 44 \text{ pF.}$$

$$1.178. C \approx 2\pi \epsilon_0 \epsilon a.$$

$$1.179. C \approx 4\pi \epsilon_0 a.$$

$$1.180. C_{12} \approx \frac{\pi \epsilon_0}{\ln \frac{b}{a}}.$$

$$1.181. C \approx 2\pi \epsilon_0 / \ln(2b/a).$$

$$1.182. U_1 = 7,5 \text{ kV,}$$

$$U_2 = 4,5 \text{ kV,}$$

$$q = 22,5 \cdot 10^{-7} \text{ C.}$$

$$1.183. U = 3500 \text{ V.}$$

$$1.184. U \leq (1 + C_1 / C_2) = 9 \text{ kV.}$$

$$1.185. C_{AB} = 4C / 3.$$

$$1.186. C = 1,63 \mu\text{F.}$$

$$1.187. C_x = C(\sqrt{5} - 1) / 2 = 0,62 C.$$

$$1.188. U_1 = 3 \text{ V; } U_2 = 1,5 \text{ V; } U_3 = 3 \text{ V; } U_4 = 1,5 \text{ V;}$$

$$U_1' = 3,6 \text{ V; } U_2' = 1,8 \text{ V; } U_3' = 3,6 \text{ V; } U_4' = 1,8 \text{ V.}$$

$$1.189. C_{ag} = (-C_1 + C_2 + C_3) / 2,$$

$$C_{gf} = (C_1 + C_2 - C_3) / 2,$$

$$C_{af} = (C_1 - C_2 + C_3) / 2.$$

$$1.190. U = 100 \text{ V.}$$

$$1.191. \frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{2}.$$

1.192.  $F = 0,05 \text{ N};$

$U = 1,3 \text{ MV};$

$\sigma = 49 \mu\text{C}/\text{m}^2.$

1.193.  $\mathcal{K} = 5;$

$\sigma_p = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^2.$

1.194.  $E = 300 \text{ kV}/\text{m};$

$\sigma = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^2;$

$\sigma_p = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^2;$

$\mathcal{K} = 5.$

1.195. a) Elektrivälja tugevus väheneb 2 korda, elektri-  
nihe jääb muutumatuks.

b) Elektrivälja tugevus jääb muutumatuks, elektri-  
nihe suureneb 2 korda.

1.196. a)  $\Delta\sigma = \epsilon_0(\epsilon - 1)U/d = 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^2;$

$\sigma_p = \epsilon_0(\epsilon - 1)U/d = 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ C}/\text{m}^2;$

b)  $\Delta\sigma = 0, \sigma_p = \epsilon_0(\epsilon - 1)U/\epsilon d = 2,53 \cdot 10^{-6} \text{ C}/\text{m}^2.$

1.197.  $\Delta\sigma = \epsilon_0(\epsilon - 1)U/d.$

1.198.  $U_2 = 1,8 \text{ kV}.$

1.199.  $U_2 = 2U_1/(\epsilon + 1) = 60 \text{ V}.$

1.200. a)  $E_1 = \frac{2\epsilon\epsilon_0}{\epsilon + 1},$

$E_2 = \frac{2\epsilon_0}{\epsilon + 1},$

$D_1 = D_2 = \frac{2\epsilon_0\epsilon\epsilon_0}{(\epsilon + 1)}.$

b)  $E_1 = \epsilon_0,$

$E_2 = \frac{\epsilon_0}{\epsilon},$

$D_1 = D_2 = \epsilon_0\epsilon_0.$

1.201.  $E_p = 25 \text{ kV}/\text{m},$

$E_{\text{õ}} = 50 \frac{\text{kV}}{\text{m}}.$

- 1.202.  $E_0 = 175 \text{ kV/m}$ .
- 1.203. a)  $E_1 = E_2 = E_0$ ,  
 $D_1 = \epsilon_0 E_0$ ,  $D_2 = \epsilon_0 \epsilon E_0$ ;
- b)  $E_1 = \frac{2 E_0}{\epsilon + 1} = E_2$ ,  
 $D_1 = \frac{2 \epsilon_0 E_0}{\epsilon + 1}$ ,  $D_2 = \frac{2 \epsilon_0 \epsilon E_0}{\epsilon + 1}$ .
- 1.204.  $E_{\text{vilk}} = E_{\text{vaak}} = 150 \text{ kV/m}$ .
- 1.205.  $k = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$ ,  
 $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$ ,  $E_2 = E_1$ .
- 1.206.  $E = 136 \text{ kV/m}$ ,  
 $C = 131 \text{ pF}$ .
- 1.207.  $R_2/R_1 = e$ , kus  $e$  on naturaallogaritmi alus.
- 1.208. a)  $U_1 = 3880 \text{ V}$ ,  
b)  $U_2 = 9650 \text{ V}$ .
- 1.209. Läbilöögi saab esimene kiht pingel  $44,5 \text{ kV}$ .
- 1.210.  $q = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{\varphi_1 - \varphi_2} C_0$ .
- 1.211.  $W_e = (q_1 q_2 + q_1 q_3 + q_2 q_3) / 4\pi \epsilon_0 a = -63 \mu\text{J}$ .
- 1.212.  $W_e = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .
- 1.213.  $W = -q^2 / 8\pi \epsilon_0 d$ .
- 1.214.  $v = e / \sqrt{4\pi \epsilon_0 m d} \approx 160 \text{ m/s}$ .
- 1.215.  $v = e / \sqrt{2\pi \epsilon_0 m d} = 225 \text{ m/s}$ .
- 1.216.  $\frac{W_2}{W_1} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ .
- 1.217.  $\Delta W = -\frac{1}{2} \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U^2 = -0,03 \text{ J}$ .

$$1.218. \Delta W = C_1 C_2 (\varphi_2 - \varphi_1)^2 / 2(C_1 + C_2) = 120 \mu\text{J}.$$

$$1.219. \Delta W = 3 \cdot 10^{-5} \text{ J}.$$

$$1.220. q = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ C}.$$

$$1.221. \text{ a) } A = -\Delta W,$$

$$\text{ b) } A = \Delta W.$$

$$1.222. A = \epsilon_0 (d_2 - d_1) S U^2 / 2d_1^2 = 0,55 \text{ mJ}.$$

$$1.223. A = q^2 (d_0 - d) / 2 \epsilon_0 S.$$

$$1.224. A = \epsilon_0 S d_0 U^2 / 2(d - d_0)^2 = 12 \mu\text{J}.$$

$$1.225. \text{ a) } \Delta W_1 = -3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}; A_1 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J};$$

$$\text{ b) } \Delta W_2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}; A_2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$$

$$1.226. \text{ a) } A_1 = \Delta W_1 = \frac{\epsilon \sigma^2 p V}{2 \epsilon_0 (\epsilon - 1)} = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ J};$$

$$\text{ b) } A_2 = \frac{\sigma^2 p V}{2 \epsilon_0 (\epsilon - 1)} = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ J}.$$

$$1.227. C = \epsilon_0 S (\epsilon + 1) / 2d,$$

$$E_\delta = E_d = 2U / (\epsilon + 1)d,$$

$$\sigma_\delta = 2 \epsilon_0 U / (\epsilon + 1)d, \quad \sigma_d = 2 \epsilon_0 \epsilon U / (\epsilon + 1)d,$$

$$\Delta W = \epsilon_0 (1 - \epsilon) S U^2 / 2(\epsilon + 1)d.$$

$$1.228. N = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2x^2} \frac{dx}{dt}.$$

$$1.229. F = -q^2 / 2 \epsilon_0 \epsilon S.$$

$$1.230. p_e = 3,2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

$$1.231. w_e = 2,5 \text{ J/m}^3.$$

$$1.232. q = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ C},$$

$$E = 3,34 \cdot 10^5 \text{ V/m},$$

$$w_e = 2,9 \text{ J/m}^3.$$

$$1.233. F = q^2 / 2 \epsilon_0 S = 5,65 \cdot 10^{-4} \text{ N}.$$

$$1.234. U = \sqrt{2F / \epsilon_0 S} = 1065 \text{ V.}$$

$$1.235. F = \epsilon_0 \epsilon^2 S U^2 / 2 (\epsilon d_1 + d_2)^2.$$

$$1.236. U = d \sqrt{2mg / \epsilon_0 S} = 15 \text{ kV.}$$

$$1.237. W_e = 0,18 \text{ J,}$$

$$F_1 = 7,2 \text{ N,}$$

$$F_2 = -1,8 \text{ N.}$$

$$1.238. M = nq^2 h / 2 \epsilon_0 \epsilon R^2 \alpha^2, \text{ kus } q \text{ on ühe plaadi laeng.}$$

$$1.239. w_e = 9,4 \cdot 10^{13} \text{ J/m}^3.$$

$$1.240. w_1 = 0; w_2 = 0,028 \text{ J/m}^3.$$

$$1.241. \tau = 2,9 \cdot 10^{-7} \text{ C/m;}$$

$$\sigma_1 = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2;$$

$$\sigma_2 = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2;$$

$$W_e = 8,7 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$$

$$1.242. a) W_e = 3q^2 / 20\pi \epsilon_0 R;$$

$$b) W_e' / W_e'' = 1/5.$$

$$1.243. W_e = (q^2 / 8\pi \epsilon_0 \epsilon) (1/a - 1/b) = 27 \text{ mJ.}$$

$$1.244. W = -13,6 \text{ eV.}$$

$$1.245. q = 4,1 \cdot 10^{-18} \text{ C.}$$

$$1.246. v = 1,54 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

$$1.247. v = 1,46 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

$$1.248. a = eU / r m \ln(r_2 / r_1) = 10^{15} \text{ m/s}^2,$$

$$v = \sqrt{\frac{2 eU \ln \frac{r}{r_1}}{m \ln \frac{r_2}{r_1}}} = 5,4 \cdot 10^6 \text{ m/s,}$$

$$W_{\text{max}} = 91 \text{ eV.}$$

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

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

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

$$2.4. E = (I/2\pi\epsilon_0 r) \sqrt{m/2 eU} = 1,7 \text{ kV/m,}$$

$$\Delta\varphi = (I/4\pi\epsilon_0) \sqrt{m/2 eU} = 42 \text{ V.}$$

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

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

$$2.7. i = \frac{qv}{d}.$$

$$2.8. i = 2\pi\epsilon_0 REv = 0,5 \mu\text{A.}$$

$$2.9. i_{\max} = 2\epsilon_0 E_m \cdot vd = 1 \text{ mA;}$$

$$\varphi_{\max} = RE_m = 4,5 \text{ MV.}$$

$$2.10. j_s = 3,8 \text{ A/m}^2;$$

$$j_n = 1,9 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2.$$

$$2.11. q = \tau(U_2 + U_1)/2R = 20 \text{ C.}$$

$$2.12. q = i_1 i_2 \tau \ln(i_1/i_2)/(i_1 - i_2) \approx 69 \text{ C.}$$

$$2.13. t = RC \ln[U_0/(U_0 - U)] = 0,6 \mu\text{s.}$$

$$2.14. \varrho = t_0/\epsilon_0 \epsilon \ln 2 = 1,4 \cdot 10^{13} \Omega \cdot \text{m.}$$

$$2.15. i = [(\eta - 1)\mathcal{E}/R] e^{-\eta t/RC}.$$

$$2.16. i = \frac{U_0}{R} \exp\left(-\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 R} t\right); Q = \frac{C_1 C_2}{2(C_1 + C_2)} U_0^2.$$

$$2.17. R = 5,4 \Omega.$$

$$2.18. n = R_0/R = 6.$$

$$2.19. R_{AB} = 0,65 \Omega.$$

$$2.20. R_{AB} = \frac{5}{11} \text{ r.}$$

$$2.21. R_{AB} = 1,0 \Omega.$$

$$2.22. x_1 = 5,64 \text{ cm, } R_1 = 1,13 \Omega;$$

$$x_2 = 44,36 \text{ cm, } R_2 = 8,87 \Omega.$$

$$2.23. R_{AB} = 0,875 \Omega.$$

$$2.24. R_{AB} = 1,5 \Omega.$$

$$2.25. R_{AB} = 1,25 \Omega.$$

$$2.26. R_{2-8} = 1 \Omega; R_{2-7} = 3/4 \Omega; R_{4-6} = 3/2 \Omega.$$

$$2.27. R_{17} = \frac{5}{6} R,$$

$$R_{12} = \frac{7}{12} R,$$

$$R_{13} = \frac{3}{4} R.$$

$$2.28. r = \frac{R_0}{\sqrt{3}}.$$

$$2.29. R = 3 \Omega.$$

$$2.30. R_{AB} = (1 + \sqrt{1 + 4 R_2/R_1}) R_1/2 = 6 \Omega.$$

$$2.31. R = 5,46 r.$$

$$2.33. R = 2,3 \Omega.$$

$$2.34. R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{r_2}{r_1}.$$

$$2.35. R = \frac{\rho}{4\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

$$2.36. i = UC/\epsilon_0 \epsilon \rho = 975 \text{ pA}.$$

$$2.37. R = \frac{\rho}{2\pi D} = 1,5 \cdot 10^2 \Omega.$$

$$2.38. \frac{dr}{dt} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 R} = 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$2.39. R = \frac{\pi \rho (r_2 - r_1)}{S \ln \frac{r_2}{r_1}} = 1,54 \cdot 10^{-5} \Omega;$$

$$i = 319 \text{ A};$$

$$j = \frac{U}{\pi \rho x} = 64 \text{ A/cm}^2.$$

$$2.40. \text{a) } j = 2 \text{ ahU}/\rho r^3;$$

$$\text{b) } R = \rho/4\pi a.$$

$$2.41. R \approx \rho / 2 \pi a.$$

$$2.42. a) j = Ud/2 \rho r^2 \ln(d/a);$$

$$b) R = (\rho / \pi) \ln(d/a).$$

$$2.43. i = UC/\rho \epsilon_0 \epsilon = 1,5 \mu A.$$

$$2.44. i = US(\sigma_2 - \sigma_1)/d \ln(\sigma_2/\sigma_1) = 5 \text{ nA}.$$

$$2.45. a) R = 2 \pi a/S^2;$$

$$b) E = 2 \pi aI/S^2.$$

$$2.47. j = 4,1 \text{ A/mm}^2.$$

$$2.48. t \approx 1900^\circ C.$$

$$2.49. \alpha = 4,92 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}.$$

$$2.50. \frac{l_{Fe}}{l_C} = 44,4.$$

$$2.52. U_1 = 6,54 \text{ V},$$

$$U_2 = 3,27 \text{ V},$$

$$U_3 = 2,19 \text{ V}.$$

$$2.53. S = 1 \text{ mm}^2.$$

$$2.54. \text{tg } \delta = \frac{R^2}{\rho}.$$

$$2.55. \text{tg } \delta = \frac{\epsilon}{R}.$$

$$2.56. \frac{dR}{dI} = - \frac{(r_1 + R_A + R)^2}{\epsilon}, \text{ s.t. takistuse m\o odtmise t\ae p-}$$

sus on seda v\ae ksem, mida suurem on R.

$$2.57. R_g = 16,7 \Omega.$$

$$2.58. a) R_g = 0,1 \Omega;$$

$$b) R_e = 90 \Omega.$$

$$2.59. R_e = 10^5 \Omega,$$

$$R_g = 0,1 \Omega.$$

$$2.60. i = 6 \text{ A}.$$

$$2.61. U = 1000 \text{ V}.$$

$$2.62. r_1 = 290 \Omega, \quad r_3 = 6000 \Omega,$$

$$r_2 = 1200 \Omega, \quad r_4 = 7500 \Omega.$$

$$2.63. \alpha = 4,2 \mu\text{A/j.}$$

$$2.64. R_g = \frac{(R_1 - R_2)r}{R_2} = 20 \Omega.$$

$$2.65. \text{a) } U_1 = 45 \text{ V, } U_2 = 15 \text{ V;}$$

$$\text{b) } U_1 = 20 \text{ V, } U_2 = 40 \text{ V;}$$

$$\text{c) } U_1 = 60 \text{ V, } U_2 = 0.$$

$$2.66. \varphi_1 - \varphi_2 = (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)R_1 / (R_1 + R_2) - \mathcal{E}_1 = -4 \text{ V.}$$

$$2.67. U_V = 0,5 \text{ V.}$$

$$2.68. \varphi_B - \varphi_A = 72,5 \text{ V,}$$

$$\varphi_B - \varphi_C = 32,5 \text{ V.}$$

$$2.69. U = 15 \text{ V.}$$

$$2.70. U_{AB} = U_{BC} = 1,25 \text{ V.}$$

$$2.71. U_{12} = 3 \text{ V,}$$

$$U_{16} = 0,9 \text{ V,}$$

$$U_{56} = 1,9 \text{ V,}$$

$$U_{34} = 3,8 \text{ V.}$$

$$2.72. \Delta\varphi = 0,$$

$$\Delta\varphi' = 0,$$

$$\Delta\varphi'' = 0 \text{ v\ddot{o}i}$$

$$\Delta\varphi''' = \mathcal{E}.$$

$$2.73. \mathcal{E}_2 < \frac{\mathcal{E}_1 r_2}{R + r_1}.$$

2.74.  $R = r_2 - r_1$ ;  $\Delta\varphi = 0$  selle voollallika klemmidel, mille sisetakistus on  $r_2$ .

$$2.75. \text{a) } 2\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1,$$

$$\text{b) } \mathcal{E}_1 > 2\mathcal{E}_2,$$

$$\text{c) } 2\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1.$$

$$2.76. U_1'' = 1,75 \text{ V; } U_2'' = -1,5 \text{ V.}$$

$$2.77. U = 0.$$

$$2.78. \begin{aligned} U_{AB} &= 3,7 \text{ V}, \\ U_{BC} &= 10,6 \text{ V}, \\ U_{AC} &= 14,3 \text{ V}. \end{aligned}$$

2.79.  $U_v = -1,7 \text{ V}$ , punkti C potentsiaal on suurem kui punktil A.

$$2.80. \operatorname{tg} \alpha = -\frac{\mathcal{E}}{R_1^2}.$$

2.81.  $i_A$  sõltub vähe  $R_x$ -st, kui

$$1) R_x \gg R, \text{ niisugusel juhul } i_A = \frac{\mathcal{E}}{r+R};$$

$$2) r \ll R_x, \quad " \quad " \quad i_A = \frac{\mathcal{E}}{R};$$

$$3) r \ll R, \quad " \quad " \quad i_A = \mathcal{E}/R.$$

$$2.82. \text{ a) } R = \sqrt{3} r;$$

$$\text{ b) } R = \frac{1}{\sqrt{3}} r.$$

$$2.83. i = \frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{rR_1 + rR_2 + R_1R_2},$$

$$i_1 = \frac{\mathcal{E} R_2}{rR_1 + rR_2 + R_1R_2},$$

$$\frac{i_1'}{i_1} = \frac{rR_1}{R_2(r + R_1)} + 1. \text{ Kui } r \ll R, \text{ siis } \frac{i_1'}{i_1} = \frac{r}{R_2} + 1.$$

$$2.84. U_v = 25 \text{ V}.$$

$$2.85. U_1 = U \frac{1R_x}{R_0 l x - R_0 x^2 + Rl^2}.$$

$$2.86. R = 29,97 \Omega,$$

$$\frac{\Delta R}{R} = 0,1 \%,$$

$$R' = 0,27 \Omega,$$

$$\frac{\Delta R'}{R'} = 10 \%.$$

$$2.87. R = 3,01 \Omega, \frac{\Delta R}{R} = 0,3 \%,$$

$$R' = 428 \Omega, \frac{\Delta R'}{R'} = 30 \%.$$

$$2.88. \frac{\Delta \mathcal{E}}{\mathcal{E}} = 0,5 \%.$$

$$2.89. R = 1300 \Omega, r = 325 \Omega, R_V = 13260 \Omega.$$

$$2.90. U = 51 \text{ V}.$$

$$2.91. R_4 = \frac{U(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)}{I R_2 R_3 - U(R_2 + R_3)}.$$

2.92. Reostaadi takistus peab olema vähemalt  $3 \Omega$  ja taluma voolu  $45 \text{ A}$ .

$$2.93. i_{\max} = 10 \text{ A}.$$

2.94.  $r \frac{m}{n} = R$ , mis võimalik, kui  $Nr \gg R$ .

$$i_{\max} = \frac{m \mathcal{E}}{2R}.$$

$$2.95. r_{\text{ekv}} = 0,6 \Omega,$$

$$\mathcal{E}_{\text{ekv}} = 2,6 \text{ V}.$$

$$2.96. i = 0,75 \text{ A},$$

$$U_V = 0.$$

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).

$$2.107. \begin{aligned} i_1 &= 1,05 \text{ A,} \\ i_2 &= 0,87 \text{ A,} \\ U &= 1,8 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$2.108. \begin{aligned} i_1 &= 6,4 \text{ A,} \\ i_2 &= 5,8 \text{ A,} \\ i_R &= 0,6 \text{ A.} \end{aligned}$$

$$2.109. \begin{aligned} i_1 &= 1,28 \text{ A,} \\ i_2 &= 1,85 \text{ A,} \\ i_3 &= 0,57 \text{ A.} \end{aligned}$$

$$2.110. \begin{aligned} i &= 1 \text{ mA,} \\ \mathcal{E}_2(R_1+R) &= \mathcal{E}_1R. \end{aligned}$$

$$2.111. \begin{aligned} i_1 &= 5/13 \text{ A,} \\ i_2 &= 1/13 \text{ A,} \\ i_3 &= 4/13 \text{ A.} \end{aligned}$$

$$2.112. \begin{aligned} i_1 &= 1,82 \text{ A,} \\ i_2 &= 2,01 \text{ A,} \\ i_3 &= 0,19 \text{ A.} \end{aligned}$$

2.113.  $U_2 = 3 \text{ V}$ ;  $i_3 = 1 \text{ A}$ ;  $R_2 = 3 \Omega$ ;  
 $R_1$  ja  $R_2$  on suvalised.

$$2.114. \begin{aligned} i_1 &= i_3 = 4 \text{ A,} \\ i_2 &= 0, \\ U &= 4 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$2.115. \begin{aligned} i_1 &= 0,06 \text{ A;} \\ \mathcal{E}_A - \mathcal{E}_B &= 0,9 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$2.116. \begin{aligned} i_1 &= 0,8 \text{ A,} \\ i_2 &= 0,5 \text{ A,} \\ i_3 &= 1,3 \text{ A.} \end{aligned}$$

$$2.117. i_1 = 1,5 \text{ A},$$

$$i_2 = 2,5 \text{ A},$$

$$i_3 = 4,0 \text{ A}.$$

$$2.118. \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3(1 + R_2/R_3),$$

$$i_1 = \mathcal{E}_1/R_1 - (\mathcal{E}_3/R_1)(1 + R_2/R_3).$$

$$2.119. i_1 = 1,49 \text{ A},$$

$$i_2 = 0,65 \text{ A},$$

$$i_3 = 0,84 \text{ A}.$$

$$2.120. \varphi_A - \varphi_B = -0,5 \text{ V}.$$

$$2.121. i_1 = i_2 = i_3 = i_4 = 1 \text{ A}.$$

$$2.122. i = 8/7 \text{ A}.$$

$$2.123. i_1 = 3 \text{ A},$$

$$i_2 = 0,$$

$$i_3 = 1 \text{ A},$$

$$i_4 = 2 \text{ A}.$$

$$2.124. r_x = \frac{r_2 [U_{r4} - i(Rr_3 + Rr_4 + r_3r_4)]}{U_{r3} + i(Rr_3 + Rr_4 + r_2r_3 + r_2r_4 + r_3r_4)}.$$

$$2.125. \mathcal{E}_2 = 2 \text{ V, vooluallika + poolus ühendada punktiga A}.$$

$$2.126. \mathcal{E} = [R_1(R_2R_5 + R_3R_5 + R_4R_5 + R_2R_4 + R_3R_4) + R_3(R_2R_4 + R_2R_5 + R_4R_5)] \frac{i_4}{R_3R_5}.$$

$$2.127. R_{AB} = \frac{7}{5} r.$$

$$2.128. i = 4,18 \text{ A},$$

$$i_1 = 1,64 \text{ A},$$

$$i_2 = 2,84 \text{ A},$$

$$i_3 = 0,18 \text{ A},$$

$$i_4 = 2,36 \text{ A},$$

$$i_5 = 1,82 \text{ A}.$$

$$2.129. x = \frac{1}{2}.$$

$$2.130. a \approx 224 \text{ rbl}.$$

$$2.131. W_a = 18 \cdot 10^5 \text{ kWh}.$$

- 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.  $P_1/P_2 = 3/5$ .
- 2.135. Väiksemale võimsusele arvestatud lamp helendub intensiivsemalt.
- 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. Järjestikku lülituses 30 min, paralleelses lülituses 6 min 40 s.
- 2.142.  $n = 13,3$  keerdu.
- 2.143.  $\frac{dt}{dt} = 0,009 \text{ K/s}$ .
- 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)  $U_1 \approx 95 \text{ V}$ ,  $P_1 \approx 45 \text{ W}$ ;  
 $U'_1 \approx 97,6 \text{ V}$ ,  $P'_1 \approx 23 \text{ W}$ ,  $i'_1 \approx \frac{1}{2}$  ;
- 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)  $A = -2 \text{ J}$ ,  $Q = 0,6 \text{ J}$ .

$$2.151. r = \sqrt{R_1 R_2} = 4 \Omega.$$

$$2.152. \eta = 60 \%, \\ R_1 = 18 \Omega, \\ R_2 = \infty.$$

$$2.156. P_{\max} = \mathcal{E} i_{\max} / 4 = 15 \text{ W}.$$

$$2.157. P_{\max} = 9 \text{ W}.$$

$$2.158. \mathcal{E} = 3,75 \text{ V}, P_{\max} = 6,7 \text{ W} < 9 \text{ W}.$$

$$2.159. P_{\max} = 10 \text{ W}.$$

$$2.160. R = 3 \text{ r}.$$

$$2.161. k = 42 \%; P_{\max} = 6,45 \text{ W}, k' = 56 \%.$$

$$2.162. R = 1,5 \Omega; \\ i = 2,5 \text{ A}, \\ P = 18,75 \text{ W}.$$

$$2.163. n = \sqrt{Nr/R} = 3.$$

$$2.164. R = 6/5 \Omega, \\ P_{\max} = 14,7 \text{ W}.$$

$$2.165. l_1 = 1 \sqrt{\frac{P_1}{P} \frac{U_1^2}{U^2}},$$

$$r_1 = r \sqrt{\frac{U^2}{U_1^2} \frac{P_1^2}{P^2}}.$$

$$2.166. U = 4 \text{ V}, \\ i = 0,55 \text{ A}.$$

$$2.167. t = \frac{U^2 + R_0 k t_0}{R_0 k - U^2 \alpha}.$$

$$2.168. Q = 100 \text{ kJ}.$$

$$2.169. Q = 2480 \text{ J}.$$

$$2.170. A = 2480 \text{ J}.$$

$$2.171. A = \frac{IU}{3} t.$$

2.172.  $Q = 475 \text{ J}$ .

2.173.  $Q = 15,5 \text{ J}$ .

2.174. a)  $Q = 4q^2R/3 \Delta t$ ;

b)  $Q = R_q^2 \ln 2 / 2 \Delta t$ .

2.175.  $Q = CU^2R/2(R_1+R_2) = 80 \text{ mJ}$ .

2.176. a)  $q = q_0 e^{-\frac{t}{\epsilon_0 \epsilon \rho}}$  ;

b)  $Q = (1/a - 1/b) q_0^2 / 8 \pi \epsilon_0 \epsilon$ .

2.177. a)  $q = q_0 e^{-\Delta t / RC} = 0,82 \text{ mC}$ ;

b)  $Q = (1 - e^{-2\Delta t / RC}) q_0^2 / 2C = 82 \text{ mJ}$ .

2.178. a)  $i = (U_0/R)e^{-2t/RC}$ ;

b)  $Q = 1/4 CU_0^2$ .

2.179.  $U = mv_0^2 / 2ed = 14 \mu\text{V}$ .

2.180.  $a = eU/ml = 1,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}^2$ .

2.181.  $q = \frac{m}{e} \cdot \frac{ND^2 \pi^2 \nu}{R + 4\rho \frac{ND}{d^2}} = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ .

2.182.  $v_0 = \frac{qeR}{mI} = 7,03 \text{ m/s}$ .

2.183.  $v \approx 10^5 \text{ m/s}$ ,

$u \approx 7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ .

2.184.  $n = 10^{20} \text{ 1/s}$ ,

$u = 4,15 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

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.  $t = \ln eS/i = 3 \text{ Ms}$ .

2.187.  $s = \ln ev/j \approx 5 \cdot 10^6 \text{ m}$ , kus  $n$  on elektronide kontsentratsioon ja  $v$  nende soojusliikumise keskmine kiirus.

- 2.188.  $K = 28,4 \cdot 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ .
- 2.189.  $t = 235 \text{ a}$ ,  
 $F = 9,4 \cdot 10^4 \text{ N}$ .
- 2.190.  $N = 1,27 \cdot 10^{19} \text{ 1/s}$ ,  
 $E = 8,6 \cdot 10^{-2} \text{ V/m}$ .
- 2.191.  $\lambda = 390 \text{ J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{k}$ .
- 2.192.  $\Delta W = 1,1 \text{ eV}$ .
- 2.193.  $n = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ .
- 2.194.  $t = 76,4 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 2.195.  $i = 80 \text{ } \mu\text{A}$ .
- 2.196.  $\Delta T = 0,7 \text{ K}$ .
- 2.197.  $q = 1480 \text{ C}$ .
- 2.198.  $u = 9,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ ,  
 $N = 3,94 \cdot 10^{16} \text{ 1/s}$ .
- 2.199.  $W_{\min} = 1 \text{ eV}$ ,  $a_{\max} = 3,2 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$ .
- 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.  $I_k = 0,14 \text{ A}$ .
- 2.202.  $e\varphi = 3,1 \text{ eV}$ .
- 2.203.  $j_W/j_{Th} = 10^{-4}$ .
- 2.204.  $N = 5 \cdot 10^{18} \text{ 1/s}$ ,  
 $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .
- 2.205.  $d = 0,03 \text{ mm}$ .
- 2.206.  $\frac{q}{m} = 3 \cdot 10^6 \text{ C/kg}$ .
- 2.207.  $W = 1,8 \cdot 10^7 \text{ J}$ .
- 2.208.  $H = 4,4 \text{ kop}$ .
- 2.209.  $10,4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ ;  $6,95 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ ;  $13,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ ;  
 $1,86 \cdot 10^{-5} \text{ kilomooli}$ ;  $3,72 \cdot 10^{-5} \text{ kilomooli}$ ;  
 $11,2 \cdot 10^{22} \text{ aatomit}$ ;  $2,24 \cdot 10^{22} \text{ aatomit}$ .

$$2.210. m = 5,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg.}$$

$$2.211. V = 2,09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

$$2.212. k = 0,987 \cdot 10^{-6} \text{ kg/C; } i = 0,84 \text{ t.}$$

$$2.213. \alpha = 0,77.$$

$$2.214. \sigma = 31,41 \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ m.}$$

$$2.215. p_+ = 0,844, p_- = 0,156.$$

$$2.216. p_+ = 0,5.$$

$$2.217. \frac{k_+}{k_-} = 2,5.$$

$$2.218. \mathcal{E} = 1,19 \text{ V.}$$

$$2.220. d = 0,1 \text{ mm.}$$

$$2.221. \Delta\varphi = 67,8 \text{ V.}$$

$$2.222. v_1 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ m/s,}$$

$$v_2 = 2,1 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

$$2.223. \Delta\varphi = 28,3 \text{ V.}$$

$$2.224. \text{Ei suuda.}$$

$$2.225. \dot{\rho} = 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}, \frac{n_0}{n} = 101.$$

$$2.226. \tau_2 = \frac{1}{\dot{\rho} n_0} = 0,06 \text{ s,}$$

$$\tau_4 = \frac{3}{\dot{\rho} n_0} = 0,18 \text{ s.}$$

$$2.227. t = (\eta - 1) / \sqrt{\dot{\rho} n \delta} = 13 \text{ ms.}$$

$$2.228. \sigma = \frac{\dot{\rho}}{4} = \sqrt{\frac{\pi M}{RT}} \approx 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^2, \text{ kus } M \text{ on õhu} \\ \text{mooli mass ja } R - \text{gaasi universaalkonstant.}$$

$$2.229. \text{Suureneb } 8600 \text{ korda.}$$

$$2.230. t = 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ s.}$$

$$2.231. u_+ = 1,08 \text{ m/s,}$$

$$u_- = 1,62 \text{ m/s.}$$

$$2.232. k = \omega_0 d^2 / 2U_0.$$

- 2.233.  $E < \frac{\omega_{dm} \nu_{en}}{2e} \approx 1,7 \cdot 10^2 \text{ V/m.}$
- 2.234.  $\varrho = 2,6 \cdot 10^{13} \text{ } \Omega \cdot \text{m.}$
- 2.235.  $\sigma = 11,8 \cdot 10^{-9} \text{ S/cm.}$
- 2.236.  $n = 1,5 \cdot 10^8 \text{ } 1/\text{cm}^3.$
- 2.237.  $j = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ A/m}^2.$
- 2.238.  $\Delta n = 1,2 \cdot 10^9 \text{ } 1/\text{cm}^3 \text{ s.}$
- 2.239.  $U = 1,47 \text{ } \mu\text{V.}$
- 2.240.  $t = \epsilon_0 \eta U / e \Delta n d^2 = 4,6 \text{ ööpäeva.}$
- 2.241.  $n_0 = 3,2 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3}, i = 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ A;}$   
 $\frac{i}{i_k} = 34 \cdot 10^{-3}, t = 0,03 \text{ s.}$
- 2.242. Kui vool on küllastamata, siis  $j-/j = 0,58;$   
 kui küllastunud, siis  $j-/j_k = 2/3.$
- 2.243.  $n = \sqrt{j_k / e \delta d} = 4,4 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}.$
- 2.244.  $\alpha = \frac{p}{\lambda_0} \exp \left( - \frac{U_{1P}}{E \lambda_0} \right) = 74 \text{ m}^{-1}.$
- 2.245.  $j = e \nu_0 \exp(\alpha d).$
- 2.246.  $j = e \Delta n (e^{\alpha d} - 1) / \alpha.$
- 2.247.  $U_k = \left( \frac{9 \epsilon_0 k_+ U_k^2}{8 j} \right)^{1/3} \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{ cm.}$
- 2.248.  $E_r = \frac{e \alpha r_0}{3 \pi \epsilon_0 r^2} e^{\alpha u t}$ , kus  $r$  on kaugus lavlini kesk-  
 punktist 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  $r_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T}{2 e^2 n}}$ ,  
 milles  $n$  on laetud osakeste kontsentratsioon.

3.1.  $B = 17,4 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$

3.2.  $B = \frac{\mu_0^d i}{2 \pi r_1 r_2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$

3.3. 3,87 cm juhtmest A vasakul ja 6,36 cm paremal.

3.4. Juhtmestega paralleelsetel sirgetel, mis asetsevad esimesest juhtmest kaugusel 0,88 cm ja 5,12 cm teiste juhtmete suunas.

3.5. Punktid, kus  $B = 0$ , asetsevad vooluga juhtmestega paralleelsel sirgel, mille kaugus juhtmest vooluga  $i_1$  on 2 cm ja juhtmest vooluga  $i_2 - 1$  cm.

3.6.  $B = \frac{2\mu_0}{\pi a} i = 8 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$

3.7.  $a = 2 \text{ cm.}$

3.8. Kui  $\alpha = \beta$ , siis  $B = \frac{\mu_0 i}{2 \pi r} (1 + \cos \alpha)$ ;

kui  $\alpha \neq \beta$ , siis  $B = \frac{\mu_0 i}{4 \pi r} \sqrt{6 + 4(\cos \alpha + \cos \beta) + 2 \cos(\alpha + \beta)}$ .

3.9.  $B = \frac{\mu_0 i \sqrt{2}}{4 \pi r}$ , kus  $r$  on punkti kaugus nurga tipust.

3.10.  $B_1 = \frac{\mu_0 i}{2 \pi x} (\sqrt{2} + 1) = 9,7 \cdot 10^{-5} \text{ T,}$

$B_2 = \frac{\mu_0 i}{2 \pi x} (\sqrt{2} - 1) = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$

3.11.  $B = 0.$

3.12.  $B = \frac{2 \sqrt{2} \mu_0 i}{\pi a} = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$

3.13.  $B = \frac{2 \mu_0 i}{\pi ab} \sqrt{a^2 + b^2}.$

3.14.  $B = \frac{2 \mu_0 i}{\pi Dh} \sqrt{D^2 + h^2} \cdot \sqrt{4 + 2 \sqrt{2}}.$

$$3.15. B = 0.$$

$$3.16. B = \frac{9\mu_0 i}{2\pi a} \text{ T.}$$

$$3.17. B = 0.$$

3.18.  $B = 0$ , sõltumata liugkontakti asendist.

$$3.19. B = 4 B_1.$$

$$3.20. B_1 = \frac{\mu_0 i}{2} \left[ \frac{1}{R} + \frac{R^2}{(R^2 + 4a^2)^{3/2}} \right] = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ T,}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + a^2)^{3/2}} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

$$3.21. \delta_1 = 25^\circ,$$

$$\delta_2 = 65^\circ.$$

$$3.22. i \approx 1 \text{ A.}$$

$$3.23. \text{ a) } B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \pi;$$

$$\text{ b) } B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \left( \frac{3}{2}\pi + 1 \right);$$

$$\text{ c) } B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} (\pi + 2).$$

$$3.24. B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} [\pi - \varphi + \text{tg} \varphi] = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ T.}$$

$$3.25. B = \frac{\mu_0 i}{\pi R} \left( \arcsin \frac{a}{R} + \frac{\sqrt{R^2 - a^2}}{a} \right).$$

$$3.26. B = \frac{\mu_0 i}{2R} (\sqrt{3} + 1) \sqrt{2}.$$

$$3.27. i = \frac{2R B_h}{\mu_0 N} \text{tg} \alpha.$$

$$3.28. \varphi = \text{arc tg} \frac{\mu_0 C U n N}{2 R B_h} = 13,5^\circ.$$

$$3.29. R = 3,7 \text{ } \Omega.$$

$$3.30. i_2 = \frac{i_1 R_2}{2R_1} (\operatorname{ctg} \varphi_1 - \operatorname{ctg} \varphi_2);$$

$$B_h = \frac{\mu_0 i_1}{4R_1} (\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi_2).$$

$$3.31. B = \mu_0 j_1 / 2.$$

$$3.32. \sigma_{\max} = 2 \varepsilon_0 E_0 = 35 \mu\text{C}/\text{m}^2;$$

$$B = \mu_0 \sigma_{\max} v / 2 = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ T}.$$

$$3.33. B = \mu_0 j_1.$$

$$3.34. B = \frac{\mu_0 i}{\pi^2 R}.$$

$$3.35. B_1 = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ T},$$

$$B_2 = 20,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}.$$

$$3.36. \text{Kui } r \leq R_1, \text{ siis } B = 0;$$

$$\text{kui } R_1 \leq r \leq R_2, \text{ siis } B = \frac{\mu_0 i}{2\pi(R_2^2 - R_1^2)} \left( r - \frac{R_2^2}{r} \right);$$

$$\text{kui } r > R_2, \text{ siis } b = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}.$$

$$3.37. B_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T},$$

$$B_2 = 0.$$

$$3.38. \phi_B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} = 10^{-7} \frac{\text{Wb}}{\text{m}}.$$

$$3.39. \phi = \frac{\mu_0 i l}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}.$$

$$3.40. \vec{B} = \frac{\mu_0}{2} [\vec{j}, \vec{a}]; \text{ kui } \vec{a} = 0, \text{ siis } \vec{B} = 0.$$

$$3.41. \vec{B} = \frac{\mu_0}{2} [\vec{j}, \vec{r}];$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2} [\vec{j}, \vec{r}] \frac{R^2}{r^2}.$$

$$3.42. B_1 = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ T},$$

$$B_2 = 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ T}.$$

$$3.43. \phi_B = \frac{\mu_0 n i}{2} S.$$

$$3.44. \frac{d}{l} \sqrt{\sqrt{\frac{1}{1-\delta}} - 1} = 0,07.$$

$$3.45. \text{ a) } B = \frac{\mu_0 n i}{2} \left[ 1 \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{x}\right)^2}} \right],$$

kus +-märk vastab punktile solenoidi sees ja - -märk sellest väljaspool;

$$\text{ b) } x_0 = 5 R.$$

$$3.46. l \gg \frac{d}{\sqrt{\sqrt{\frac{1}{1-\delta}} - 1}} = 2 \text{ m}.$$

$$3.47. B_1 = \mu_0 \tilde{\nu} v = 12,6 \cdot 10^{-10} \text{ T},$$

$$B_2 = 6,3 \cdot 10^{-10} \text{ T}.$$

$$3.48. B = \frac{\mu_0 N i}{2 (R_2 - R_1)} \ln \frac{R_2}{R_1};$$

$$P_m = \frac{\pi N i}{3} (R_2^2 + R_1 R_2 + R_1^2).$$

$$3.49. B = \mu_0 \sigma \omega R/2,$$

$$P_m = \pi \sigma \omega R^4/4.$$

$$3.50. B_1 = 0; B_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ T}; B_3 = 4,35 \cdot 10^{-3} \text{ T}.$$

$$3.51. B_{\max} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ T}; B_{\min} = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ T};$$

$$\phi = 56,4 \cdot 10^{-7} \text{ Wb}.$$

$$3.52. P_m = \frac{N d^2 i}{2} = 0,5 \text{ A} \cdot \text{m}^2.$$

$$3.53. P_m = \frac{q \omega R^2}{5},$$

$$P_m/L = \frac{q}{2 m}.$$

$$3.54. \alpha = 78,5^\circ.$$

$$3.55. F = 24 \text{ N.}$$

$$3.56. F_1 = 0,14 \text{ N}; F_2 = 0,17 \text{ N.}$$

$$3.57. d = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi P} \text{ l.}$$

$$3.58. x_1 = \frac{d}{2} + \sqrt{\frac{d^2}{4} - \frac{\mu_0 i_1 i_2}{4\pi k}},$$

$$x_2 = \frac{d}{2} + \sqrt{\frac{d^2}{4} + \frac{\mu_0 i_1 i_2}{4\pi k}}.$$

$$3.59. \varphi = \arcsin \frac{iB}{\rho_{GS}} = 22^\circ.$$

$$3.60. M = \frac{iBR^2}{2} = 62,5 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{m.}$$

$$3.61. B = \frac{\mu_0 i}{4R},$$

$$F = 2 iRB.$$

$$3.62. F = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi b} \ln \frac{b+a}{a}.$$

$$3.63. F = \frac{\mu_0 i^2}{\pi^2 R}.$$

$$3.64. B = \frac{\pi \sigma d^2}{4 R l} = 8 \text{ kT.}$$

$$3.65. p = \frac{\mu_0 i^2}{8\pi^2 R^2}.$$

$$3.66. p = \frac{B^2}{2\mu_0}.$$

$$3.67. F = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi} \ln \frac{r_0 + l}{r_0} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ N.}$$

$$3.68. F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi (r_2 - r_1)} \ln \frac{r_2}{r_1} = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ N.}$$

$$3.69. F'_b = 4 \cdot 10^{-6} \text{ N},$$

$$F''_b = \frac{4}{3} \cdot 10^{-6} \text{ N},$$

$$F_a = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ N},$$

$$F = \frac{8}{3} \cdot 10^{-6} \text{ N}.$$

$$3.70. a) F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 ab}{2\pi c(c+b)},$$

$$b) M = 0,$$

$$c) \phi_m = \frac{\mu_0 i_1 a}{2\pi} \ln \frac{c+b}{c}.$$

$$3.71. M_1 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m},$$

$$M_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}.$$

$$3.72. \alpha = \arctg \frac{iB}{2 D S g} = 15^\circ.$$

$$3.73. a) M = 24 \cdot 10^{-10} \text{ N}\cdot\text{m};$$

$$b) M = 12 \cdot 10^{-10} \text{ N}\cdot\text{m}.$$

$$3.74. 12^\circ 15'; 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ A}.$$

$$3.75. i = \frac{6\pi r^4 \alpha}{2 l \mu_0 B} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ N}.$$

$$3.76. M = 0,01 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

$$3.77. \varphi = \arctg \frac{2p_m B}{mgl} = 56,8^\circ.$$

$$3.78. T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Ba^2 N i}}.$$

$$3.79. B_S = \frac{T_1^2}{T_2^2} B \sin \alpha.$$

$$3.80. B_h = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ T}.$$

$$3.81. i = \sqrt{k\alpha / \mu_0 n N S \cos \alpha} = 1 \text{ A}.$$

$$3.82. i = \sqrt{\frac{PL}{\mu_0 nNS}}$$

$$3.83. \frac{dB}{dh} = \frac{mg}{i\pi R^2} = 3,1 \text{ T/m.}$$

$$3.84. F = \frac{3\mu_0 \pi R^4 i^2}{2x_0} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ N.}$$

$$3.85. A = 5 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

$$3.86. A = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ J/m.}$$

$$3.87. i = 25 \text{ A.}$$

$$3.88. A = 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

$$3.89. A = 0,12 \text{ J.}$$

$$3.90. A_1 = A_2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ J,}$$

$$A_3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

$$3.91. A = 32 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

$$3.92. a) A = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ J;}$$

$$b) A = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

$$3.93. A = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

$$3.94. P = \pi R^2 i \nu \quad B = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ W.}$$

$$3.95. \omega = \sqrt{\frac{2(M\alpha - 2iSB)}{I}} = 23,2 \text{ rad/s.}$$

$$3.96. v = 1,45 \cdot 10^{-1} \text{ m/s.}$$

$$3.97. A = \frac{\mu_0 i_0 iS}{4R} (4 + \sqrt{2}) = 3,4 \cdot 10^{-11} \text{ J.}$$

$$3.98. A = \frac{\mu_0 p_{m1} p_{m2}}{2\pi} \left[ \frac{1}{x_0^3} - \frac{1}{(x_0+a)^3} \right] = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ J,}$$

$$F = \frac{3\mu_0 p_{m1} p_{m2}}{2\pi x_0^4} = 5,8 \cdot 10^{-9} \text{ N.}$$

$$3.99. \mathcal{E} = 0,03 \text{ V.}$$

$$3.101. \mathcal{E} = 0,5 \cdot e^{-t} \text{ (V).}$$

$$3.102. A = 0,04 \text{ eV.}$$

$$3.103. \nu = 478 \text{ p/min.}$$

$$3.104. i_A = 0,8 \text{ A,}$$

$$i_B = 0,2 \text{ A.}$$

$$3.105. U_I = 10 \text{ V,}$$

$$U_{II} = 20 \text{ V.}$$

$$3.106. \mathcal{E}_0 = \frac{\pi N a^2 B_0 \omega}{3}.$$

$$3.107. U = 0,15 \text{ V.}$$

$$3.108. U = 40 \text{ mV.}$$

3.109. Sõltuvalt juhtme liikumise suunast  $i_1 = 4 \text{ A}$  või  $i_1 = 12 \text{ A}$ . Paigalolevas juhtmes  $i_2 = 8 \text{ A}$ . Juhtme seisumisel vool väheneb 2 korda või suureneb 1,5 korda.

$$3.110. F = 10 \text{ N,}$$

$$P = 250 \text{ W.}$$

$$3.111. U = 1 \text{ mV.}$$

$$3.112. i = \frac{vB}{\rho_l \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha}\right)}.$$

$$3.113. \mathcal{E} = 2 vB \sqrt{vt (2R - vt)}.$$

$$3.114. \mathcal{E} = \sqrt{\frac{8 w}{a}} B y.$$

$$3.115. i = 0,12 \mu\text{A.}$$

$$3.116. \Delta S = \frac{m R v_0}{B^2 d^2}, \quad Q = \frac{m v_0^2}{2}.$$

$$3.117. i = \frac{\mu_0 I v d}{2 \tilde{h} R x}.$$

$$3.118. \mathcal{E} = \frac{\mu_0 a b i}{2\pi} \cdot \frac{v}{(a+x)x}$$

$$3.119. a) \frac{\mu_0 I v}{2\pi R} \ln \frac{b}{a};$$

$$b) F = \frac{v}{R} \left( \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a} \right)^2.$$

$$3.120. \mathcal{E} = \frac{3}{2} \omega l \frac{dB}{dt} t^2 = 12 \text{ mV}.$$

$$3.121. v = \frac{mgR}{B^2 l^2} \left( 1 - e^{-\frac{B^2 l^2 t}{mR}} \right).$$

$$3.122. v = \frac{mgR}{B^2 d^2 - mgk}; \text{ ühtlane liikumine ei ole alati saavutatav.}$$

$$3.123. a = \frac{mg}{m + CB^2 l^2},$$

$$i = \frac{CB l mg}{m + CB^2 l^2}.$$

$$3.124. q = \frac{\mu_0 i b S}{4\pi \rho (a+b)} \ln \frac{d+a}{d-a}.$$

$$3.125. \mathcal{E} = 20 \text{ mV}.$$

$$3.126. U = \pi v B [x^2 - (1-x)^2],$$

$$U = \begin{cases} \pi v B l^2, & \text{kui } x = 1 \\ 0, & \text{kui } x = \frac{1}{2} \\ \frac{\pi v B l^2}{2}, & \text{kui } x = \frac{3}{4} \end{cases}.$$

$$3.127. i = 314 \text{ mA}.$$

$$3.128. \mathcal{E} = \pi v r^2 B,$$

$$q = \frac{\pi N r^2 B}{R},$$

$$Q = \frac{\pi^2 n N r^4 B^2}{R}.$$

$$3.129. U = Bl \sqrt{2gl}/2 = 0,16 \mu V.$$

$$3.130. \mathcal{E} = \frac{\omega d^2 B}{2}.$$

$$3.131. \mathcal{E}_i = abB_0 [\omega' \cos \omega t \sin(\omega' t - \varphi) + \omega \sin \omega t \cos(\omega' t - \varphi)],$$

$$\mathcal{E}_i' = ab \omega B_0 \sin 2\omega t,$$

$$\mathcal{E}_i'' = ab \omega B_0 \cos 2\omega t.$$

$$3.132. Q = \frac{NBS}{R} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C.}$$

$$3.133. q = 10^{-4} \text{ C.}$$

$$3.134. N = \frac{\mu_0 H r S}{2 \varrho e}.$$

$$3.135. q = \frac{m B_n}{4\pi \varrho D} = 0,053 \text{ C, kus } \varrho \text{ on vase eritakistus ja } D \text{ - tihedus.}$$

$$3.136. Q = \frac{a^2 \tau^3}{3R}.$$

$$3.137. E = \begin{cases} \frac{1}{2} \mu_0 n \frac{di}{dt} r, & \text{kui } a < r \\ \frac{1}{2} \mu_0 n a^2 \frac{di}{dt} \cdot \frac{1}{r}, & \text{kui } a > r. \end{cases}$$

$$3.138. i = 0,2 \text{ A.}$$

$$3.139. \vec{\omega} = - \frac{q}{2m} \vec{B}(t).$$

$$3.140. i = \frac{kh}{4\varrho} (b^2 - a^2).$$

$$3.142. N = 1000.$$

$$3.143. L = \frac{\mu_0 R^2 s^2}{4\pi \varrho^2 l} = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ H.}$$

$$3.144. \tau = \frac{\mu_0 m}{4\pi \varrho \delta l} \approx 0,7 \text{ ms.}$$

$$3.145. L = 1 \text{ mH.}$$

$$3.146. L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2\pi} \ln \frac{b+a}{b}.$$

$$3.147. L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a} = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ H/m.}$$

$$3.148. L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{b}{a}.$$

$$3.149. L = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d-a}{a}.$$

$$3.150. L_1 = 0,$$

$$L_2 = 0,2 \text{ H,}$$

$$L_3 = 0,05 \text{ H.}$$

$$3.151. \mathcal{E}_e = 0,16 \text{ V.}$$

$$3.152. i = \frac{\mathcal{E}}{L} t.$$

$$3.153. t = \frac{L}{R} \ln \frac{1}{1 - \frac{RI}{\mathcal{E}_1}} = 13 \text{ ms.}$$

$$3.154. U_{AB} = 0,9 + 2t(\text{V}).$$

$$3.155. \text{a) } i_2 = 0,4 \text{ A,}$$

$$\text{b) } \frac{i'}{2} = 7,6 \text{ A,}$$

$$\text{c) } \frac{i''}{2} = 0,4 \text{ A.}$$

$$3.156. i_2 = \frac{\mathcal{E}}{R} (1 - e^{-\frac{R}{2L}t}).$$

$$3.157. i_1 = \frac{\mathcal{E}L_2}{(L_1 + L_2)R},$$

$$i_2 = \frac{\mathcal{E}L_1}{(L_1 + L_2)R}.$$

$$3.158. Q = \frac{\mathcal{E}^2 L}{2R(R + R_0)} = 3 \mu\text{J.}$$

$$3.159. \tau = 3 \cdot 10^{-4} \text{ s,}$$

$$Q = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$$

3.160. Lüliti suletakse:

$$i = \frac{\mathcal{E}(R+r)}{Rr} \left[ 1 - \frac{R}{R+r} e^{-\frac{rR}{(R+r)L} t} \right],$$

$$U = 24 (1 - e^{-2,4 t}) \text{ V.}$$

Lüliti avatakse:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} \left( 1 + \frac{R}{r} e^{-\frac{R}{L} t} \right); U = 24 (1 + 99 e^{-240 t}) \text{ (V).}$$

Vahetult pärast lüliti avamist:

$$U \approx 2400 \text{ V.}$$

3.161.  $M = \sqrt{L_1 L_2}$ .

3.162.  $L_{12} = 0,6 \text{ H.}$

3.163.  $M = 1,5 \text{ mH,}$

$$L = 5,0 \text{ mH.}$$

3.164.  $L_{12} = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \left( 1 + \frac{a}{x} \right).$

3.165.  $L_{12} = \frac{\mu_0 N h}{2\pi} \ln \frac{b}{a}.$

3.166.  $L_{12} = \frac{\mu_0 \pi a^2}{2b},$

$$\phi_{12} = \frac{\mu_0 \pi a^2}{2b'} i.$$

3.167.  $p_m = \frac{2aRq}{\mu_0 N}.$

3.168.  $L_{12} = \frac{\mu_0 \pi R^4}{2h^3}.$

3.169.  $i_2 = \frac{L_{12} \alpha}{R} \left( 1 - e^{-\frac{R}{L_2} t} \right).$

3.170.  $Q = \frac{\mu_0^2 \pi^3 a h N^2 D^3 v^2 I_e^2}{4 \rho H^2} = 100 \text{ J.}$

$$3.171. Q = \frac{\mu_0^2 \pi^3 h N^2 \nu^2 D^4 I_e^2}{32 \rho H^2} = 980 \text{ J.}$$

$$3.172. \mu = 700.$$

$$3.173. \mu_m = 700.$$

$$3.174. N_2 - N_1 = 399 \text{ 000.}$$

$$3.175. \text{a) } \phi_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb; } \mu_1 = 1500;$$

$$\text{b) } \phi_2 = \phi_1 \text{ (võti 0); } \mu_2 = \mu_1;$$

$$\text{c) } \phi_3 = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ Wb (võti 0); } \mu_3 = 850.$$

$$3.176. H = 1500 \text{ A/m,}$$

$$B = 1,2 \text{ T,}$$

$$\mu = 600,$$

$$J = 1,0 \cdot 10^6 \text{ A/m.}$$

$$3.177. B_j = \frac{R}{S} (q - q') = 0,8 \text{ T,}$$

$$J_j = \frac{R}{\mu_0 S} (q - q') = 6 \cdot 10^5 \text{ A/m.}$$

$$3.178. i = 2,0 \text{ A.}$$

$$3.179. B_{Fe} = B_{\delta} = 1,0 \text{ T.}$$

$$3.180. i_2 = 7,7 \text{ A.}$$

$$3.181. W_m = \frac{\mu_0 R^2 \tau^2 \omega^2}{8 \pi}.$$

$$3.182. \frac{W_m}{W_e} = 1,1 \cdot 10^{-15}.$$

$$3.183. \text{a) } L_j = 2 L,$$

$$\text{b) } L_p = \frac{L}{2}.$$

$$3.184. W_m = 25 \cdot 10^{-3} \text{ J; ühe pooli väljalülitamisel energia väheneb 4 korda.}$$

$$3.185. W_m = 0,17 \text{ J.}$$

$$3.186. n = 1700 \text{ korda.}$$

$$3.187. W_m = \frac{N\Phi i}{2} = 0,5 \text{ J.}$$

$$3.188. W_m = \pi^2 r^2 R^2 BH = 0,5 \text{ J.}$$

$$3.189. L = \frac{\pi DS}{d^2} \frac{B}{H} = 2,2 \text{ H,}$$

$$W_m = \frac{\pi DSBH}{2} = 0,4 \text{ J.}$$

$$3.190. a) \frac{W_{m\delta}}{W_{mm}} = \frac{\mu b}{\pi D} = 3;$$

$$b) L = \frac{\mu_0 N^2 S}{b + \frac{\pi D}{\mu}} = 0,15 \text{ H.}$$

$$3.191. B = 0.$$

$$3.192. i_{nihke} = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon \varphi}.$$

3.193. Peale juhtivusvoolu tuleb arvestada nihkevoolu.

$$3.194. E = \frac{I_m}{\epsilon_0 \omega S} = 700 \text{ V/m.}$$

$$3.195. H = \frac{\epsilon_0 \epsilon \omega U_m r}{2d} \cos \omega t.$$

$$3.196. H = H_m \cos(\omega t + \alpha), \text{ kus } H_m = \frac{r U_m}{2d} \sqrt{\sigma^2 + (\epsilon_0 \epsilon \omega)^2} \text{ ja}$$

$$\text{tg } \alpha = \epsilon_0 \epsilon / \sigma.$$

$$3.197. H = \frac{i}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right), \text{ kus } r \text{ on kaugus kondensaatori teljest...}$$

$$3.198. \text{ Kui } r < R, \text{ siis } j_{nihke} = \frac{\epsilon_0 \ddot{B}}{2} r;$$

$$\text{ kui } r > R, \text{ siis } j_{nihke} = \frac{\epsilon_0 \ddot{B}}{2r}, \text{ kus } B \text{ on magnetilise induksiooni hetkväärtus kaugusel } r.$$

$$3.199. s = 0,5 \text{ cm.}$$

$$3.200. \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = 1.$$

$$3.201. E = \frac{4Ud}{1(1 + 2D)}.$$

$$3.202. x = 1,2 \text{ mm}.$$

$$3.203. \alpha = \arctg \frac{ebE}{mv_0^2} = 11^\circ.$$

$$3.204. \operatorname{tg} \alpha = \frac{kb^2}{4} \sqrt{\frac{m}{2eU^3}}.$$

$$3.205. v = \sqrt[3]{\frac{9 e Rh}{2m}} = 16 \text{ km/s}.$$

$$3.206. H_{\max} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ A/m}.$$

$$3.207. w_t = 0, \\ w_n = 7 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2.$$

3.208. Trajektooriks on ringjoon, mille raadius  $R = 10 \text{ m}$ .

$$3.209. R = 12 \text{ mm}, \\ p = 5,7 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}, \\ \nu = 4,6 \text{ MHz}.$$

$$3.210. v = 5 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

$$3.211. T = 3 \cdot 10^{-9} \text{ s}.$$

$$3.212. l = \frac{m^2 v^2}{eB}.$$

$$3.213. p_m = \frac{mv^2}{2B}.$$

$$3.214. \frac{p_m}{l} = \frac{e}{2m}.$$

$$3.215. a) \frac{r_p}{r_e} = 1840;$$

$$b) \frac{r_p}{r_e} = 43.$$

$$3.216. \nu = 10 \text{ MHz}.$$

$$3.217. t = \frac{\pi mW}{q^2 UB} = 8,2 \mu\text{s}.$$

$$3.218. U \gg \frac{2\pi^2 v^2 mR \Delta R}{e} = 0,1 \text{ MV.}$$

$$3.219. a) W = \frac{(reB)^2}{2m} = 12 \text{ MeV;}$$

$$b) v = \frac{1}{\pi r} \sqrt{\frac{W}{2m}} = 20 \text{ MHz.}$$

$$3.220. v = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

$$3.221. F = \frac{mEi}{eB} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N.}$$

$$3.222. d = \frac{2mv}{eB} (1 - \cos \delta) = 0,6 \text{ mm.}$$

$$3.223. \frac{q}{m} = \frac{2 \Delta x E}{a(a + 2b)B^2}.$$

3.224. a) Kiir kaldub ida suunas;

$$b) w = 6,3 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2;$$

$$c) \Delta x = 3 \text{ mm.}$$

$$3.225. U = (qB \sqrt{\frac{2W}{m}} - \frac{4W}{r_1 + r_2}) \frac{r_1 + r_2}{2q} \ln \frac{r_2}{r_1}, \text{ kus } q \text{ on}$$

$\alpha$ -osakese laeng ja  $m$  - mass.

$$3.226. \alpha = 2 \arctg \frac{er_0 B}{mv_0}.$$

$$3.227. \alpha = \arcsin Bd \sqrt{\frac{q}{2mU}} = 30^\circ.$$

3.228. Trajektooriks on krüvijoone, mille raadius

$$r = 3,5 \text{ cm, kõverusraadius } r_k = 14 \text{ cm ja samm}$$

$$h = 38 \text{ cm.}$$

3.229. Trajektooriks on krüvijoone, mille raadius

$$r = \frac{bE}{v_0 B} = 4 \text{ mm ja samm } h = \frac{2\pi mv_0}{eB} = 2,4 \text{ cm.}$$

$$3.230. i = \frac{2\pi \sqrt{\frac{2Um}{e}}}{\mu_0 n l} = 2,5 \text{ A.}$$

$$3.231. \frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{\mu_0 n^2 i l^2} = 1,77 \cdot 10^{11} \text{ C/kg.}$$

$$3.232. \gamma_n = \frac{2\pi^2 m E n^2}{qB^2},$$

$$\text{tg} = \frac{v_0 B}{2\pi E n}.$$

$$3.233. a = 2r \left| \sin \frac{\varphi}{2} \right|, \text{ kus } r = \frac{mv \sin \alpha}{eB} \text{ ja}$$

$$\varphi = \frac{eBl}{mv \cos \alpha}.$$

$$3.234. r_{\max} = ae^{v_0/b}, \text{ kus } b = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{e}{m} i.$$

$$3.235. x = a(\omega t - \sin \omega t), y = a(1 - \cos \omega t), \text{ kus } a = \frac{mE}{bB^2}$$

ja  $\omega = qB/m$ . Trajektooriks on tsükloid, mille samm

$h = 8 mE/qB^2$  ja harja kõrgus on  $2a$ .

$$3.236. U = 2 \frac{e}{m} \left( \frac{\mu_0 i}{4\pi} \right)^2 \ln \frac{b}{a}.$$

$$3.237. B < \frac{2b}{b^2 - a^2} \sqrt{\frac{2m}{e}} U.$$

$$3.238. v = \frac{qrB}{2m},$$

$$\varphi = \frac{r}{2}.$$

$$3.239. N = 5 \cdot 10^6 \text{ tiiru,}$$

$$l = 8 \cdot 10^3 \text{ km.}$$

$$3.240. B = \frac{B_k}{2}.$$

$$3.241. W_0 = \frac{2\pi e r^2 B}{\Delta t} = 100 \text{ eV.}$$

$$3.242. p = \frac{1B}{a}.$$

$$3.243. U = 7 \mu\text{V.}$$

$$3.245. P = \pi \nu i B r^2 = 20 \text{ mW.}$$

$$3.246. p = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 i^2.$$

$$3.247. i = \sqrt{\frac{2F_k}{\mu_0 n R}}.$$

$$3.248. R = \frac{\rho d}{S}; P_{\max} = \frac{B^2 S v^2 d}{4 \rho}.$$

$$3.249. U_H = \frac{\mu_0 i^2}{4 \pi^2 \epsilon n R^2} = 0,22 \text{ pV.}$$

$$3.250. n_e = 2,5 \cdot 10^{28} \text{ 1/m}^3 \approx n_A.$$

$$3.251. k = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s.}$$

$$4.1. L = 12,7 \text{ mH.}$$

$$4.2. \Delta \nu = 160 \text{ kHz} - 460 \text{ kHz.}$$

$$4.3. T = 2 \text{ ns,}$$

$$L = 0,34 \text{ H,}$$

$$i = 28 \cdot 10^{-3} \cos(10^5 \cdot \pi t + \frac{\pi}{2}).$$

$$4.4. I_m = \frac{U_m}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = 0,45 \text{ A.}$$

$$4.5. T = 5 \text{ ms,}$$

$$C = 0,63 \text{ } \mu\text{F,}$$

$$U_m = 25 \text{ V,}$$

$$W_e = W_m = 2 \cdot 10^{-4} \text{ J.}$$

$$4.6. W_m = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

$$4.7. u^2 + \frac{L}{C} i^2 = U_C^2.$$

$$4.8. i = I_m \sin \omega t, \text{ kus } I_m = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}};$$

$$\mathcal{E}_e = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

$$4.9. T_0 = 0,7 \text{ ms},$$

$$I_m = 8 \text{ A}.$$

$$4.10. A = W(\eta^2 - 1).$$

$$4.11. \delta = 0,62.$$

4.12. Praktiliselt ei muutu.

$$4.13. T = 8 \text{ ms},$$

$$\delta = 0,7,$$

$$u = 80 e^{-87 t} \cos 800 t \text{ (V)}.$$

4.14. Võnkumised tekivad vaid kondensaatorite järjestikuse ühenduse korral.

$$4.15. \delta \approx 0,22,$$

$$R \approx 11,2 \Omega.$$

$$4.16. n = 1,04 \text{ korda}.$$

$$4.17. W_0 = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ J}, W = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ J}.$$

$$4.18. \nu = \frac{R}{0,74 \cdot 2\pi L} = 5 \text{ Hz}.$$

$$4.19. Q = 2,45,$$

$$\frac{4Q}{Q} = 2 \text{ \%}.$$

$$4.20. \tau = \frac{Q}{\pi \nu} \ln \eta = 0,5 \text{ ms}.$$

$$4.21. N = \frac{\sqrt{\frac{4L}{R^2 C} - 1}}{2\pi} = 16.$$

$$4.22. x \approx \frac{1}{8 Q^2} = 0,5 \text{ \%}.$$

$$4.23. \frac{W''}{W'} = e^{-\frac{4\pi \nu_0}{\sqrt{4 Q^2 + 1}} \tau} = 4,3 \text{ \%}.$$

$$4.24. t \approx \frac{Q \ln \eta}{2\pi \nu_0} = 1,0 \text{ ms}.$$

$$4.25. \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4R^2C^2}},$$

$$R > \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

$$4.26. \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4R^2C^2}},$$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4R^2C}{L} - 1}.$$

$$4.27. Q \approx \frac{U_0^2}{2P_k} \sqrt{\frac{C}{L}} = 100.$$

$$4.28. P_k = 0,2 \text{ mW}.$$

$$4.29. P = \frac{U_C^2 RC}{2L} = 10^{-5} \text{ W}.$$

$$4.30. I_m = 3,2 \text{ A}.$$

$$4.31. I_e = 0,25 \text{ A},$$

$$I_k = 0,125 \text{ A}.$$

$$4.32. \text{ a) } I_e = \frac{2}{\sqrt{3}} I_k; \text{ b) } I_e = \frac{\pi}{\sqrt{8}} I_k.$$

$$4.33. I_{ef} = 18 \text{ mA},$$

$$I_k = 10 \text{ mA}.$$

$$4.34. I_a = 3,2 \text{ A};$$

$$I_v = 5 \text{ A}.$$

$$4.35. U_k = 45 \text{ V};$$

$$U'_k = 141 \text{ V}.$$

$$4.36. \tau_1 = 8,8 \text{ tundi}.$$

$$4.37. \text{ a) } U_m = 157 \text{ V}, \text{ b) } U_m = 314 \text{ V}.$$

4.38.  $I_k = 0,127 \text{ A}$ .

4.39.  $U_{AB} \approx 2 U_m$ , kus  $U_m$  on rakendatud pinge amplituudväärtus.

4.40.  $Z = 137 \Omega$ .

4.41.  $\text{tg } \varphi = \frac{\mu_0 \pi^2 \nu_a}{4 \varphi n}$ .

4.42.  $L = 0,15 \text{ H}$ .

4.43.  $L = 0,026 \text{ H}$ ;

$\varphi = 53,7^\circ$ .

4.44.  $I_e = 7,1 \text{ A}$ ;  $U_e = 64 \text{ V}$ ;

$u = 90 \sin(500 t + 56,3^\circ)$ ;  $P = 252 \text{ W}$ .

4.45.  $P_1 = 390 \text{ W}$ ,

$P_2 = 260 \text{ W}$ ,

$P = 650 \text{ W}$ ,

$U = 127 \text{ V}$ .

4.46.  $R = 45 \Omega$ ,

$P = 180 \text{ W}$ .

4.47.  $P_1 = 100 \text{ W}$ ,

$P_2 = 60 \text{ W}$ .

4.48.  $L = 0,073 \text{ H}$ ;  $r_d = 15,6 \Omega$ ;  $P_d = 390 \text{ W}$ .

4.49.  $P_d = \frac{1}{2R} (U^2 - U_1^2 - U_2^2)$ .

4.50.  $U_R = 75 \text{ V}$ ;  $U_C = 80 \text{ V}$ .

4.51.  $\varphi = 60^\circ$ .

4.52.  $\varphi_1 = 48,4^\circ$ ;

$\varphi_2 = 3,2^\circ$ .

4.53.  $u' = U_m + U_C \cos(\omega t - \varphi)$ , kus  $U_C = U_m / \sqrt{1 + (\omega CR)^2}$  ja

$\text{tg } \varphi = 1/\omega CR$ ;  $CR = \sqrt{\eta^2 - 1/\omega} = 22 \text{ ms}$ .

- 4.54.  $U_e = 100 \text{ V}$ ;  $I_e = 6,2 \text{ A}$ ;  
 $i = 8,8 \sin(628 t + 79,3^\circ)$ ;  $P = 115 \text{ W}$ .
- 4.55.  $C = 5,5 \mu\text{F}$ ,  
 $\varphi = 69,2^\circ$ .
- 4.56.  $R = 18,4$  ;  
 $C = 65 \mu\text{F}$ .
- 4.57.  $I = 0,28 \text{ A}$ ,  
 $\varphi = -88,5^\circ$ .
- 4.58.  $L = 1 \text{ H}$ .
- 4.59.  $X_C = 8 \Omega$ ,  
 $C = 400 \mu\text{F}$ .
- 4.60.  $I_m = 4,5 \text{ A}$ ,  $\varphi = -63^\circ$  (vool on pingest faasis ees),  
 $U_C = 650 \text{ V}$ ,  $U_L = 480 \text{ V}$ .
- 4.61.  $U_L = 156 \text{ V}$ ,  
 $U_C = 216 \text{ V}$ ,  
 $U_R = 36 \text{ V}$ .
- 4.62.  $R_d = 10,9 \Omega$ ,  
 $P_R = 846 \text{ W}$ ,  
 $P_d = 925 \text{ W}$ ,  
 $\cos \varphi = 0,875$ .
- 4.63.  $P' = 446 \text{ W}$ ;  $P_{\text{näiv}} = 1470 \text{ W}$ ;  
 $P'' = P_{\text{näiv}}'' = 4840 \text{ W}$ ;  $C = 100 \mu\text{F}$ .
- 4.64.  $R = 54,4 \Omega$ ,  
 $C = 100 \mu\text{F}$ .
- 4.65.  $\Delta P = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R = 3,2 \text{ kW}$ .
- 4.66. Kui  $|X| > R_0$ , siis  $P_2 > P_1$ ;  
kui  $|X| < R_0$ , siis  $P_2 < P_1$ .
- 4.67.  $I_e = 9,8 \text{ A}$ ;  $u_R = 138 \sin(314 - 63,4^\circ)$ ;  
 $u_L = 690 \sin(314 t - 18,4^\circ)$ ;  
 $u_C = 414 \sin(314 t - 108,4^\circ)$ ;

$$P = 960 \text{ W}; P_{\text{n\u00e4iv}} = 2146 \text{ VA};$$

$$P_{\text{reakt}} = 1910 \text{ VAR.}$$

$$4.68. \nu = 38,7 \text{ Hz};$$

$$I_e = 21,9 \text{ A};$$

$$U_{eL} = 848 \text{ V} = U_{eC}.$$

$$4.69. \omega_T = 10^5 \text{ rad/s},$$

$$I = 1,5 \text{ A},$$

$$U_R = 30 \text{ V},$$

$$U_L = 150 \text{ V},$$

$$U_C = 150 \text{ V}.$$

$$4.70. \omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}, \text{ kus}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ ja } \beta = \frac{R}{2L}.$$

$$4.71. \omega = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}, \text{ kus}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ ja}$$

$$\beta = \frac{R}{2L}.$$

$$4.72. I = 18,1 \text{ A};$$

$$i = 25,6 \sin 314 t.$$

$$4.73. I_1 = 12,7 \text{ A};$$

$$I_2 = 5 \text{ A};$$

$$I = 13,6 \text{ A};$$

$$i = 19,2 \sin (1256 t - 21,6^\circ).$$

$$4.74. \nu = 50 \text{ Hz}.$$

$$4.75. L_1 = 0,35 \text{ H},$$

$$R_1 = 138 \Omega.$$

$$4.76. P = \frac{R}{2} (I^2 - I_1^2 - I_2^2).$$

$$4.77. I_1 = 12,7 \text{ A} = I_2;$$

$$I = 17,9 \text{ A};$$

$$P = 4,8 \text{ kW}.$$

$$4.78. Z = \frac{R}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}.$$

$$4.79. I_C = 0,96 \text{ A}; I_D = 0,56 \text{ A}; I = 0,51 \text{ A}.$$

$$4.80. I_C = 0,33 \text{ A},$$

$$I_{LR} = 0,30 \text{ A},$$

$$I = 0,03 \text{ A}.$$

$$4.81. Z = 527 \Omega.$$

$$4.82. I_2 = 4 \text{ A}.$$

$$4.83. C = 10 \mu\text{F}, I = 0,06 \text{ A},$$

$$I_C = 0,399 \text{ A},$$

$$I_L = 0,404 \text{ A}.$$

$$4.84. C = 6,6 \mu\text{F};$$

$$Z = 12 \text{ k}\Omega.$$

$$4.85. \nu = 5 \text{ kHz},$$

$$I_C = 7,04 \text{ A};$$

$$I_L = 6,95 \text{ A}.$$

$$4.86. \Delta\lambda = -50 \text{ m}.$$

$$4.87. \tau = \frac{2d}{c \ln \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}} (\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}).$$

$$4.88. \frac{j_m \text{ juht.}}{j_m \text{ nihke}} = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0\epsilon\nu} = 2.$$

$$4.89. \vec{H} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{r_0}} \left[ \vec{k}, \vec{E}_m \right] \cos(\text{ckt}).$$

$$4.90. a) \vec{H} = \vec{e}_z E_m \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cos kx = -30 \vec{e}_z;$$

$$b) \vec{H} = \vec{e}_z E_m \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cos (ckt_0 - kx) = 0,18 \vec{e}_z.$$

$$4.91. U_x = U_m \cos \frac{n\pi x}{l},$$

$$I_x = I_m \sin \frac{n\pi x}{l},$$

$$v_n = \frac{nc}{2l}, \text{ kus } n = 1, 2, 3, \dots \text{ ja } c - \text{ elektromagnet-} \\ \text{laine levikukiirus.}$$

$$4.92. U_x = U_m \sin \frac{n\pi x}{l},$$

$$I_x = I_m \sin \frac{n\pi x}{l},$$

$$v_n = \frac{nc}{2l}, \text{ kus } n = 1, 2, 3, \dots \text{ ja } c - \text{ elektromagnet-} \\ \text{laine levikukiirus.}$$

$$4.93. U_x = U_m \cos \left( \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{\pi x}{l} \right),$$

$$I_x = I_0 \sin \left( \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{\pi x}{l} \right),$$

$$v_n = \frac{c}{\lambda} = \frac{(2n+1)c}{4l}, \text{ kus } n = 0, 1, 2, 3, \dots \text{ ja} \\ c - \text{ elektromagnetlaine leviku-} \\ \text{kiirus.}$$

$$4.94. \varrho = 120 \ln \frac{D}{r} \approx 470 \Omega.$$

$$4.95. L = 736 \cdot 10^{-7} \text{ H},$$

$$C = 24 \cdot 10^{-11} \text{ F},$$

$$\varrho = 552 \Omega.$$

$$4.96. \varrho = 138 \Omega.$$

$$4.97. \varrho = 60 \ln \frac{R}{r} = 97 \Omega.$$

$$4.98. v = 1,4 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

$$4.99. \mathcal{E} = 1,78.$$

$$4.100. T_n = \frac{2l\sqrt{\epsilon}}{nc}, \text{ kus } n = 1, 2, 3, \dots \text{ ja } c - \text{ valguse} \\ \text{levikukiirus vaakumis.}$$

$$4.101. \epsilon = \frac{c^2}{4 \Delta x^2 \nu^2} = 2,2.$$

$$4.102. \frac{U_m}{U_x} = 3,86; \frac{I_m}{I_x} = 1,04.$$

$$4.103. I_x = 1,73 \text{ A}, U_x = 500 \text{ V}.$$

$$4.104. \nu_{\min} = 3 \text{ kHz}.$$

$$4.105. \rho = \frac{\ln \frac{R}{r}}{2\pi \epsilon_0 \sqrt{E} c} = 69 \Omega.$$

$$4.106. Z_B = \left| \rho \operatorname{ctg} \frac{2\pi l}{\lambda} \right|, \text{ kus } \rho = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{\ln \frac{d}{R}}{\pi} = 298 \Omega,$$

$Z_{B1} = 172 \Omega$ , takistusel on induktiivne iseloom;

$Z_{B2} = \infty$ , vooluresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on pinge pais ja voolu sõlm;

$Z_{B3} = 516 \Omega$ , takistusel on mahtuvuslik iseloom;

$Z_{B4} = 0$ , pingeresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on pinge sõlm ja voolu pais.

4.107. Liin kujutab enesest induktiivkoormust induktiivsusega  $L = 23 \cdot 10^{-8} \text{ H}$ .

4.108.  $Z_B = \left| \rho \operatorname{tg} \frac{2\pi x}{\lambda} \right| = \left| 298 \operatorname{tg} \frac{2\pi x}{6} \right|$ , kus  $\rho$  on liini lainetakistus:

1) kui  $x < \frac{\lambda}{4} = 1,5 \text{ m}$ , on sisendtakistusel induktiivne iseloom;

2) kui  $x = \frac{\lambda}{4} = 1,5 \text{ m}$ , on liinis vooluresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on voolu sõlm ja pinge pais;

3) kui  $\frac{\lambda}{4} < x < \frac{\lambda}{2}$ , on sisendtakistusel mahtuvuslik iseloom;

4) kui  $x = \frac{\lambda}{2} = 3,0 \text{ m}$ , on liinis pingeresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on voolu pais ja pingesõlm.

4.109. Liin kujutab enesest mahtuvuslikku koormust mahtuvusega  $C = 1 \text{ pF}$ .

4.110.  $L = 3,3 \mu\text{H}$ .

4.111.  $Z_B = 0$ , liin kujutab enesest generaatori jaoks järjestikuse resonantskontuuriga analoogilist koormust.

4.112.  $Z_B = 1240 \Omega$ .

4.113. a)  $Z_B = \frac{2 \varrho^2}{R_1 l} = 392 \text{ k}\Omega$ ,

b)  $Z_B = \frac{R_1 l}{2} = 0,5 \Omega$ .

4.114.  $Z_{B1} = \frac{\varrho^2}{r} = 2000 \Omega$ ,

$Z_{B2} = r = 80 \Omega$ .

4.115.  $Z_B = \varrho = 400 \Omega$ .

4.116. Vasakul.

4.120. Poyntingi vektori vastav komponent on suunatud juhtme telje poole.

4.123.  $\Phi_W = 0$ .

4.125.  $W = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ .

4.126.  $W = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E_0^2 S \tau = 8,0 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ .

### Tähtsamaid konstante

Maa mass .....	$5,96 \cdot 10^{24}$ kg
Päikese mass .....	$1,97 \cdot 10^{30}$ kg
Kuu mass .....	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg
Gravitatsioonikonstant .....	$6,67 \cdot 10^{-11}$ m <sup>3</sup> /(kg·s <sup>2</sup> )
Maa keskmine raadius .....	$6,37 \cdot 10^6$ m
Maa keskmine kaugus Päikesest ....	$1,49 \cdot 10^{11}$ m
Päikese keskmine raadius .....	$6,96 \cdot 10^8$ m
Kuu raadius .....	$1,74 \cdot 10^6$ m
Kuu keskmine kaugus Maast .....	$3,84 \cdot 10^8$ m
Maa raskuskiirendus .....	$g = 9,81$ m/s <sup>2</sup>
Normaalne õhurõhk .....	$1,01 \cdot 10^5$ N/m <sup>2</sup>
Avogadro arv .....	$N = 6,02 \cdot 10^{26}$ 1/kmol
Universaalne gaasikonstant .....	$R = 8,31 \cdot 10^3$ J/(K·kmol)
Boltzmanni konstant .....	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
Gaasi kilomoolruumala normaaltingimustel	$22,4$ m <sup>3</sup> /kmol
Faraday arv .....	$9,65 \cdot 10^7$ C/kg·ekv
Elektroni laeng .....	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Elektroni paigalolekumass .....	$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Prootoni paigalolekumass .....	$1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Valguse kiirus vaakumis .....	$c = 3 \cdot 10^8$ m/s
Plancki konstant .....	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s
Stefan-Boltzmanni konstant .....	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W/(m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup> )
Wieni konstant .....	$C = 2,90 \cdot 10^{-3}$ m·K
Rydbergi konstant .....	$R_{\infty} = 1,10 \cdot 10^7$ 1/m
Bohri magneton .....	$\mu_B = 0,927 \cdot 10^{-23}$ J/T
Bohri raadius .....	$a_0 = 0,529 \cdot 10^{-10}$ m
Elektriline konstant .....	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m
Magnetiline konstant .....	$\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7}$ H/m

Mõnede ainete tihedusi

	(tihedus) $\times 10^{-3}$ kg/m <sup>3</sup>		(tihedus) $\times 10^{-3}$ kg/m <sup>3</sup>
Alumiinium	2,7	Parafiin	0,89
Berüllium	1,85	Plaatina	21,5
Boor	2,45	Plii	11,3
Grafiit	1,6	Plutoonium	19,8
Hõbe	10,5	Puit	0,8
Indium	7,28	Raske vesi	1,1
Jää	0,9	Raud	7,8
Kaadmium	8,65	Teras	7,7
Kaalium	0,86	Tina	7,4
Koobalt	8,9	Toorium	11,7
Kork	0,2	Tsink	7,0
Kuld	19,3	Uraan	19,0
Litium	0,53	Valgevask	8,4
Magneesium	1,74	Vask	8,9
Naatrium	0,97	Vismut	9,8
Nikkel	8,9	Volfraam	19,1

Tehkete ainete soojustilike omadusi

A i n e	Sulamis- tempera- tuur °C	Erisoojus J/kg·K	Sulamis- soojus J/kg	Joonpaisu- mistegur $\times 10^6$ 1/K
Alumiinium	659	896	$3,22 \cdot 10^5$	25
Hõbe	960	234	$8,8 \cdot 10^4$	19
Jää	0	2100	$3,35 \cdot 10^5$	-
Kork	-	2050	-	-
Plaatina	1770	117	$1,13 \cdot 10^5$	8,9
Plii	327	126	$2,26 \cdot 10^4$	29
Raud	1530	500	$1,25 \cdot 10^5$	11
Teras	-	460	-	12
Tina	232	230	$5,86 \cdot 10^4$	21
Tsink	420	391	$1,17 \cdot 10^5$	26
Valgevaak	-	386	-	18
Vask	1100	395	$1,76 \cdot 10^5$	17

Vedelike omadusi

Vedelik	Tihedus kg/m <sup>3</sup> $\times 10^{-3}$	Erisoojus J/kg·K	Pindpine- vustegur 20°C juu- res N/m	Sisehõrde- tegur 20°C j. kg/ms
Bensool	0,88	1720	0,03	$6,5 \cdot 10^{-4}$
Elavhõbe	13,60	138	0,49	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Glütseriin	1,26	2430	0,064	$8,5 \cdot 10^{-1}$
Petrooleum	0,80	2140	0,026	-
Piiritus	0,79	2510	0,022	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Seebivesi	1,00	4190	0,040	-
Vesi	1,00	4190	0,072	$1,0 \cdot 10^{-3}$

Gaaside molekuliide efektiivdiametreid

G a a s	(m) x 10 <sup>10</sup>
Vesinik H <sub>2</sub>	2,3
Hapnik O <sub>2</sub>	2,9
Lämmastik N <sub>2</sub>	3,1
Argoon Ar	2,8
Heelium He	1,9
Vingugaas CO	3,2
Süsihappegaas CO <sub>2</sub>	3,2
Veeaur H <sub>2</sub> O	2,6

Juhtide eritakistus (0 °C) ja takistuse temperatuuri-  
koefitsiente

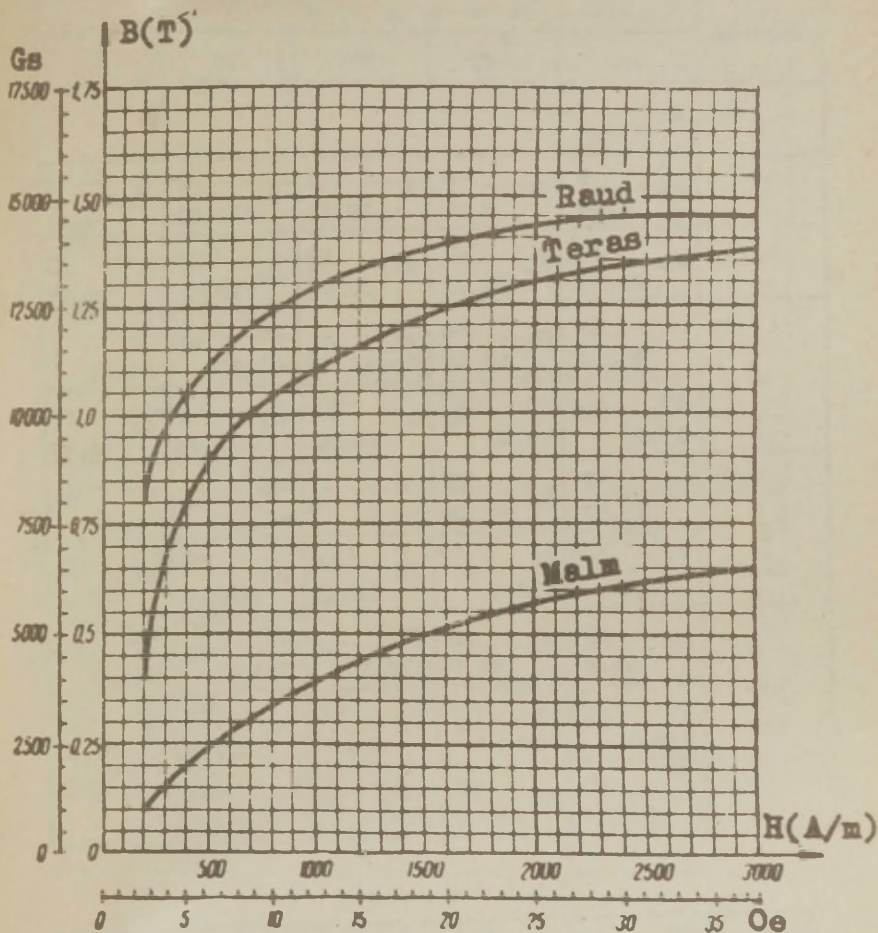
A i n e	Eritakistus $\Omega \cdot m \times 10^8$	Temperatuuri- koefitsient (1/K)
Alumiinium	3,2	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Nikeliin	40	$3 \cdot 10^{-4}$
Plaatina	11	$3,65 \cdot 10^{-3}$
Plii	21	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Raud	12	$6 \cdot 10^{-3}$
Süsi	4000	$-8 \cdot 10^{-4}$
Vask	1,7	$4 \cdot 10^{-3}$
Volfram	5,5	$6 \cdot 10^{-3}$

Dielektrikute suhtelisi dielektrilisi läbitavusi<sup>\*</sup>

Aine	$\epsilon$
Vesinik	1,00027
Heelium	1,00007
Hapnik	1,00055
Lämmastik	1,00058
Õhk	1,00057
Vesi	80
Etüülpiiritus	26
Eeter	4,4
Atsetoon	21
Bensiin	2
Petrooleum	2,1
Nafta	2,0 - 2,2
Trafoõli	2,2 - 2,5
Kastoorõli	4,0 - 4,5
Glütseriin	39
Paber	2,0 - 2,5
Puit	2,2 - 3,7
Tselluloid	4,1
Tekstoliit	7
Getinaks	3,5 - 6,5
Eboniit	4,0 - 4,5
Polüstürool	2,5
Fleksiklaas	3,0 - 3,6
Vinüülplast	4,1
Parafiin	2
Jää	3,2
Marmor	8 - 10
Klaas	5 - 16

\* Suhtelised dielektrilised läbitavused vastavad toatemperatuurile ja normaalarõhule

Magnetvälja induksiooni B sõltuvus väljatugevusest H



D. I. MENDELEJEVI ELEMENTIDE

Period	R ü h n a d				
	I	II	III	IV	V
1	H 1 1,008				
2	Li 3 6,94	Bs 4 9,01	B 5 10,81	C 6 12,01	N 7 14,01
3	Na 11 22,99	Mg 12 24,31	Al 13 26,98	Si 14 28,09	P 15 30,97
4	K 19 39,10	Ca 20 40,08	21 44,96	Sc 22 47,90	Ti 23 50,94
	29 63,54	Cu 30 65,37	Zn 31 69,72	Ge 32 72,59	As 33 74,92
5	Rb 37 85,47	Sr 38 87,62	39 88,91	Y 40 91,22	Zr 41 92,91
	47 107,9	Ag 48 112,4	Cd 49 114,8	Sn 50 118,7	Sb 51 121,8
6	Cs 55 132,9	Ba 56 137,3	57 <sup>Ⓜ</sup> 138,9	La 72 178,5	Hf 73 181,0
	79 197,0	Au 80 200,6	Hg 81 204,4	Pb 82 207,2	Bi 83 209,0
7	Fr 87 (223)	Ra 88 (226)	89 <sup>Ⓜ</sup> (227)	Ac 104 (260)	

<sup>Ⓜ</sup> L a n t a n i d i d

58 140,1	Ce 59 140,9	Pr 60 144,2	Nd 61 (145)	Pm 62 150,4	Sm 63 152,0	Eu 64 157,3
65 158,9	Tb 66 162,5	Dy 67 164,9	Ho 68 167,3	Er 69 168,9	Tu 70 173,0	Yb 71 175,0

PERIODILISUSE SÜSTEEM

R ü h m a d						
VI	VII	VIII			0	
						He 2 4,00
8 16,00	F 9 19,00					Ne 10 20,18
16 32,06	Cl 17 35,45					Ar 18 39,95
24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,71		
34 Se 78,96	35 Br 79,91					Kr 36 83,80
42 Mo 95,94	43 Tc (97)	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4		
52 Te 127,6	53 J 126,9					Xe 54 131,3
74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1		
83 Po (209)	85 At (210)					Rn 86 222

☛ Aktiniidid

90 Th 232,0	91 Pa (231)	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)
97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lw (257)

Märkus. Tehnilistel põhjustel ei mahtunud tabelisse elementide nimetused. Need on järgmised:

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1) H - vesinik      | 35) Br - broom       |
| 2) He - heelium     | 36) Kr - krüpton     |
| 3) Li - liitium     | 37) Rb - rubiidium   |
| 4) Be - berüllium   | 38) Sr - strontsium  |
| 5) B - boor         | 39) Y - ütrium       |
| 6) C - süsinik      | 40) Zr - tsirkoonium |
| 7) N - lämmastik    | 41) Nb - nioobium    |
| 8) O - hapnik       | 42) Mo - molübdeen   |
| 9) F - fluur        | 43) Tc - tehneetsium |
| 10) Ne - neon       | 44) Ru - ruteenium   |
| 11) Na - naatrium   | 45) Rh - roodium     |
| 12) Mg - magneesium | 46) Pd - pallaadium  |
| 13) Al - alumiinium | 47) Ag - hõbe        |
| 14) Si - räni       | 48) Cd - kaadmium    |
| 15) P - fosfor      | 49) In - indium      |
| 16) S - väävel      | 50) Sn - tina        |
| 17) Cl - kloor      | 51) Sb - antimon     |
| 18) Ar - argoon     | 52) Te - telluur     |
| 19) K - kaalium     | 53) I - jood         |
| 20) Ca - kaltsium   | 54) Xe - ksenoon     |
| 21) Sc - skandium   | 55) Cs - tseesium    |
| 22) Ti - titaan     | 56) Ba - baarium     |
| 23) V - vanaadium   | 57) La - lantaan     |
| 24) Cr - kroom      | 58) Ce - tseerium    |
| 25) Mn - mangaan    | 59) Pr - praseodüüm  |
| 26) Fe - raud       | 60) Nd - neodüüm     |
| 27) Co - koobalt    | 61) Pm - promeetium  |
| 28) Ni - nikkel     | 62) Sm - samaarium   |
| 29) Cu - vask       | 63) Eu - euroopium   |
| 30) Zn - tsink      | 64) Gd - gadoliinium |
| 31) Ga - gallium    | 65) Tb - terbium     |
| 32) Ge - germaanium | 66) Dy - düsproosium |
| 33) As - arseen     | 67) Ho - holmium     |
| 34) Se - seleen     | 68) Er - erbium      |

- 69) Tm - tuulium
- 70) Yb - üterbium
- 71) Lu - luteetsium
- 72) Hf - hafnium
- 73) Ta - tantaal
- 74) W - volfram
- 75) Re - reenum
- 76) Os - osmium
- 77) Ir - iriidium
- 78) Pt - plaatina
- 79) Au - kuld
- 80) Hg - elavhõbe
- 81) Tl - tallium
- 82) Pb - plii
- 83) Bi - vismut
- 84) Po - poloonium
- 85) At - astaat
- 86) Rn - radoon
- 87) Fr - frantsium
- 88) Ra - raadium
- 89) Ac - aktinium
- 90) Th - toorium
- 91) Pa - protaktinium
- 92) U - uraan
- 93) Np - neptuunium
- 94) Pu - plutoonium
- 95) Am - ameriitsium
- 96) Cm - kuurium
- 97) Bk - berkeelium
- 98) Cf - kalifornium
- 99) Es - einsteinium
- 100) Fm - fermium
- 101) Md - mendeleevium
- 102) No - nobeelium
- 103) Lw - laurentsium
- 104) Ku - kurtšatoovium

### Kirjandus

1. Средков С.Л., Сивухин Д.В., Хайкин С.Э., Эльцин И.А., Яновлев И.А. Сборник задач по общему курсу физики. Электричество и магнетизм. Изд. четвертое. М., Наука, 1977.
2. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М., Наука, 1979.
3. Горбунова О.М., Зайцева А.М., Красиков С.Н. Задачник-практикум по общей физике. Электричество и магнетизм. М., Просвещение, 1975.
4. Фиргант Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. М., Высшая школа, 1977.
5. Новодворская Е.М. Методика проведения упражнений по физике. Изд. второе. М., Высшая школа, 1970.

## Sisukord

1. ELEKTROSTAATIKA .....	3
Punktlaengute vastasmõju .....	3
Punktlaengute süsteemi elektrivälja tugevus ....	4
Laetud kehade elektrivälja tugevus .....	5
Diipol elektriväljas .....	9
Elektriväljade arvutamine Gaussi teoreemi alusel	10
Töö laengu liikumisel elektriväljas .....	13
Potentsiaal ja potentsiaalide vahe .....	14
Väljatugevuse ja potentsiaali seos .....	19
Elektriväli dielektrikutes .....	20
Juhid elektriväljas .....	22
Peegelkujutise meetod .....	25
Juhtide elektrimahtuvus .....	28
Elektriväli kondensaatorites .....	33
Elektrivälja energia .....	37
2. ALALISVOOLU SEADUSED .....	44
Voolutugevus ja -tihedus .....	44
Juhtide takistus .....	47
Ohmi seadus .....	54
Kirchhoffi reeglid .....	62
Voolu töö ja võimsus .....	79
Juhtivusmehhanism erinevates tingimustes .....	88
3. ELEKTROMAGNETISM .....	101
Elektrivoolu magnetväli .....	101
Vooluga juhtmele magnetväljas mõjuv jõud .....	110
Töö vooluga juhtme liikumisel magnetväljas .....	116
Elektromagnetiline induktsioon .....	119
Vastastikune induktsioon .....	133
Magnetväli ferromagneetikutes .....	135

Magnetvälja energia .....	136
Nihkevool .....	138
Lastud osakeste liikumine elektri- ja magnetväljas	139
Halli efekt .....	148
4. ELEKTROMAGNETVÕNKUMISED JA -LAINED .....	151
Elektrilised oma- ja vabavõnkumised .....	151
Vahelduvvool .....	155
Elektromagnetlained .....	167
Poyntingi vektor .....	171
VASTUSED .....	174
LISAD .....	230
KIRJANDUS .....	240

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ.

Электричество и магнетизм.

Изд. 4-е, исправл. и дополн.

Составитель Калык К у д у.

На эстонском языке.

Тартуский государственный университет.

ЭССР, 202 400, г.Тарту, ул.Динкболи, 18.

Vastutav toimetaja M. Tammeorg.

Paljundamisele antud 13.10.1981.

Formaat 30x42/4.

Rotatoripaber.

Masinakiri. Rotaprint.

Tingtrükipoognaid 14,18.

Arvestuspoognaid 13,38. Trükipoognaid 15,25.

Trükiarv 800.

Tell. nr. 1140.

Hind 45 kop.

TRÜ trükikoda, ENSV, 202400 Tartu, Pälsoni t. 14.

45 kop.