

Elektrostaatika

Punktlaengute vastasmõju

- 1.1. Arvutada jõud, millega tõukuvad kaks samanimelist ning 1-kulonilise laenguga kera, millede keskpunktide vahemaa on 1 km.
- 1.2. Kahe ühesuguse väikese metallkera laengud on $+1 \text{ CGSE}_q$. Milline peab olema nende kerade mass, et elektriline tõukejõud oleks võrdne gravitatsioonilise tõmbejõuga?
- 1.3. Arvutada kahe elektroni (kahe prootoni) elektrostaatilise ja gravitatsioonilise vastastikuse mõju 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 pöhiolikus, 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 võrdkülgse 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 $0,1 \text{ g}$ 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° -se nurga. Määrata kuulikeste laengud.
- 1.10. Kolm väikest ühesugust kerakest, igaüks massiga $m = 0,1 \text{ g}$, ripuvad ühes ja samas punktis kinnitatud kolme võrdse pikkusega niidi otsas. Niitude pikkused $l = 20 \text{ cm}$. Millised laengud tuleb anda kerakestele, et kõik niidid kalduksid vertikaalsihist kõrvale nurga $\alpha = 30^\circ$ võrra?

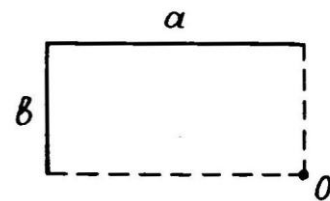
Punktlaengute süsteemi elektrivälja tugevus

- 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 $+100 \text{ CGSE}_q$ 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 $2d = 10 \text{ cm}$. Leida punkt neid laenguid ühendava sirglõigu keskristsirgel, kus elektrivälja tugevus on maksimaalne.
- 1.14. Punktlaengud $q_1 = -81 \text{ CGSE}_q$ ja $q_2 = -96 \text{ nC}$ asetsevad teineteisest $d = 15 \text{ cm}$ kaugusel. Kui suur on elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb esimesest laengust $r_1 = 9 \text{ cm}$ ja teisest $r_2 = 12 \text{ cm}$ kaugusel?
- 1.15. Elektrivälja tekitavad punktlaengud $q_1 = 30 \text{ nC}$ ja $q_2 = -10 \text{ nC}$, mille vahemaa $d = 20 \text{ cm}$. Leia elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb esimesest laengust $r_1 = 15 \text{ cm}$ ja teisest $r_2 = 10 \text{ cm}$ kaugusel.
- 1.16. Kolm ühesugust punktlaengut $q = 10^{-9} \text{ C}$ asetsevad täisnurkse kolmnurga tippudes. Leida elektrivälja tugevus täisnurga tipust hüpotenuusile tõmmatud rist sirge lõikepunktis hüpotenuusiga, kui kolmnurga kaatetid $a = 40 \text{ cm}$ ja $b = 30 \text{ cm}$.
- 1.17. Ruudu tippudes asetsevad laengud $q_1 = q_2 = q_3 = 100 \text{ CGSE}_q$ ja $q_4 = -100 \text{ CGSE}_q$. Arvutada elektrivälja tugevus ruudu keskpunktis, kui ruudu külje pikkus $a = 10 \text{ cm}$.

- 1.18. Tuletada valem diipoli 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 τ .
- 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 δ ei tohi ületada 5 %.
- 1.21. Ühtlaselt laetud niidi pikkus on l ja laengu joontihedus τ . Leida elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb niidi mõlema otsa suhtes sümmeetriliselt, kaugusel a niidist.
- 1.22. Ühtlaselt laetud pika niidi laengu joontihedus on τ . 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 $\tau = 10^{-2} \mu C / m$. Niidi keskristsirgel, 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 meetrise lõigu vahel, kui niitude 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 sümmeetriasandil kaugusel x traatide tasapinnast.
- 1.27. Kaks pikka samanimeliselt laetud paralleelset niiti asetsevad teineteisest $d = 10$ cm kaugusel. Niitude laengu joontihedused τ_1 ja $\tau_2 = 10^{-7} C/cm$. 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 τ ja nende vahemaa a . Leida elektrivälja tugevuse maksimaalne väärtus niitude vahele jääval sümmeetriasandil.
- 1.29. Elektrivälja tekitab ühtlaselt laetud niit, mis moodustab ruudu kolm külge. Ruudu külje pikkus $a = 20$ cm, niidi laengu joontihedus $\tau = 0,5 \mu C / m$. Leida elektrivälja tugevus niidita külje keskpunktis.
- 1.30. Kaks ühtlaselt laetud peenikest niiti, pikkustega $a = 16$ cm ja $b = 12$ cm ning laengute joontihedusega $\tau = 0,4 \mu C / m$, moodustavad täisnurga (vt. joon. 1.1). Määrata elektrivälja tugevus punktis O .
- 1.31. Peenikese ühtlaselt laetud rõnga laeng $q = 50$ CGSE_q ja raadius $R = 5$ cm. Määrata a) elektrivälja tugevus rõnga keskpunktis, b) elektrivälja tugevus rõnga teljel $h = 10$ cm kaugusel rõnga tasandist, c) maksimaalne elektrivälja tugevus rõnga teljel.
- 1.32. Ühtlaselt laetud rõnga laeng on q ja raadius R . Piki rõnga telge asetseb pikk ühtlaselt laetud niit selliselt, et tema üks ots on rõnga keskpunktis. Arvutada niidile mõjuv jõud, kui niidi laengu joontihedus on τ .
- 1.33. Määrata ühtlaselt laetud peenikese poolrõnga elektrivälja tugevus rõnga kõveruskeskuses. 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 τ_0 on konstantne suurus ja φ – asimuutnurk. Leida elektrivälja tugevus rõnga keskpunktis.

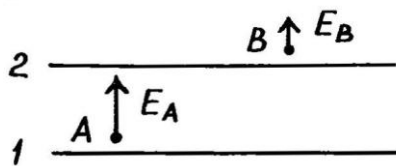


Joon. 1.1.



Joon. 1.2.

- 1.35. Ühtlaselt laetud pikal niidil on selline kuju, nagu näidatud joonisel 1.2 a ja b. Leida elektrivälja tugevus punktis O.
- 1.36. Määrata elektrivälja tugevus tasapinnalise poolrõnga kõverustsentrts, kui rõnga välisraadius $R_2 = 1\text{ m}$, siseraadius $R_1 = 90\text{ cm}$. Rõnga laengu pindtihedus $\sigma = 10^{-5}\text{ C/cm}^2$.
- 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 $R = 25\text{ cm}$. Millisel piirkaugusel kettast piki ketta telge võib ketta elektrivälja vaadelda ühtlaselt laetud lõpmatu ulatusega tasapinna elektriväljana? Tehtav viga δ ei tohi ületada 5 %.
- 1.39. Suur õhuke plaat on laetud ühtlaselt laengu pindtihedusega σ . Plaadi keskel on ümmargune ava. Ava raadius R on väike, võrreldes plaadi mõõtmetega. Määrata elektrivälja tugevus ava keskpunkti läbival ja plaadiga risti oleval sirgel kaugusel h sellest.
- 1.40. Esitada ühel ja samal joonisel sõltuvus elektrivälja tugevuse ning kauguse vahel intervallis $1 \ll r \ll 5\text{ cm}$ järgmiste elektriväljade jaoks:
- a) punktlaeng suurusega 100 CGSE_q ;
 - b) lõpmatult pikk ühtlaselt laetud niit, laengu joontihedusega $1.67 \cdot 10^{-8}\text{ C/cm}$;
 - c) lõpmatult suur ühtlaselt laetud tasapind, mille laengu pindtihedus on $2,5 \cdot 10^{-9}\text{ C/cm}^2$.
- 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 (joonis 1.3). Arvutada laengu tihedused plaatidel, kui $E_A = 3\text{ kV/m}$ ja $E_B = 1\text{ kV/m}$.



Joon. 1.3.

1.43. Leida kahe ühtlaselt laetud lõpmatult suure ning teineteisega risti oleva tasapinna elektrivälja tugevus, kui tasapindade laengute pindtihedused on $+\sigma$ ja 2σ .

1.44. Kaks lõpmata suurt ühtlaselt laetud tasapinda moodustavad lõikumisel nurga $\alpha = 60^\circ$. Kummagi tasapinna laengu pindtihedus $\sigma = 0,1\text{ }\mu\text{C/m}^2$. 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 $3 \cdot 10^{-8}\text{ C/cm}$, tasapinna laengu pindtihedus aga $2 \cdot 10^{-9}\text{ C/cm}^2$?
- 1.46. Piisavalt suurte mõõtmetega vertikaalne plaat on laetud ühtlaselt laengu pindtihedusega $\sigma = 100\text{ CGSE}_q$. 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 ?

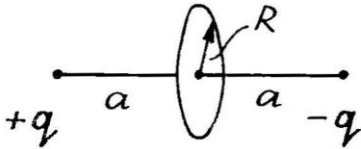
Diipol elektriväljas

- 1.50. Homogeenses elektriväljas $E = 30\text{ kV/m}$ 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 $q = 30\text{ }\mu\text{C}$ temast $r = 30\text{ cm}$ kaugusel asetsevale vabale diipolile, mille elektriline moment $p_e = 3 \cdot 10^{-10}\text{ C} \cdot \text{m}$.
- 1.52. Kaugusel $r = 20\text{ cm}$ ühtlaselt laetud pikast niidist asetseb diipol, mille elektriline moment $p_e = 10^{-11}\text{ C} \cdot \text{m}$. Määrata diipolile mõjuv jõud, kui diipol on risti niidiga ja niidi laengu joontihedus $\tau = 10^{-4}\text{ C/m}$.

- 1.53. Mittepolaarne molekul, mille polariseerumus on α , asetseb suurel kaugusel r polaarset 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 $p_e = 1,85 \cdot 10^{-18} \text{ CGSE}_q$.
 a) Määrata diipoli õla pikkus, lugedes diipoli koosseisu kuuluvad laengud võrdseks elektroni laenguga. b) Määrata diipoli elektrivälja tugevus diipoli teljel ning keskristisringel $3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$ kaugusel diipoli keskpunktist. c) Vee molekul ning vesiniku ioon asetsevad teineteisest $3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$ 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 τ . Silindri raadius on R ja pikkus h .
- 1.57. Kahe punktlaengu $+q$ ja $-q$ vahemaa on $2a$ (joonis 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 τ 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 $R_1 = 8 \text{ cm}$ ja $R_2 = 15 \text{ cm}$ ning laengud $q_1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ ja $q_2 = -5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$. Leida elektrivälja tugevused $r_1 = 5 \text{ cm}$, $r_2 = 10 \text{ cm}$ ja $r_3 = 20 \text{ cm}$ kaugusel sfäärade keskpunktist.
- 1.61. Leida kerakujulise ruumlaengu elektrivälja tugevus kaugusel $r_1 = 1 \text{ cm}$ ja $r_2 = 3 \text{ cm}$ kera keskpunktist, kui kera laengu ruumtihedus $\rho = 0,7 \text{ CGSE}_q$ ja raadius $R = 2 \text{ cm}$.
- 1.62. Positiivselt laetud kera ruumtihedus ρ sõltub ainult kaugusest r tema keskpunktini: $\rho = \rho_0(1 - r/R)$, kus ρ_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 $\vec{r}$. Määrata elektrivälja õõnsuses eeldusel, et laengu ruumtihedus on ρ ja dielektriku suhteline läbitavus $\epsilon = 1$.
- 1.64. Määrata elektrivälja tugevus õõnsuses, mis tekib kahe ühtlaselt laetud kera lõikumise tulemusel. Kerade laengute ruumtihedused on ρ ja $-\rho$ ning nende keskpunktide vahemaa d .
- 1.65. Kuidas peavad olema jaotatud laengud sfääril, mille raadius on R , et nad tekitaksid sfääri sees homogeense elektrivälja E . (Kas nad peavad olema sama- või vastasmärgilised? Kuidas sõltub laengute pindtihedus polaarnurgast δ ?) Milline on niisugusel juhul elektrivälja väljaspool sfääri?
- 1.66. Vaakumis tekkis laengute ühtlane silindrikujuline kogum ruumtihedusega ρ . Leida elektrivälja tugevus silindri sees ja väljaspool, kui silindri raadius on R .
- 1.67. Ühtlaselt laetud pika silindri laengu ruumtihedus $\rho = 50 \text{ CGSE}_q$, 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 silindriline õõnsus, kusjuures õõnsuse ja silindri telgede vahemaa on r . Eeldades, et laengu ruumtihedus on ρ ja dielektriku suhteline läbitavus $\epsilon = 1$, määrata elektrivälja õõnsuses.

- 1.69. Pikka metallsilindrit, raadiusega R , võib vaadelda koosnevana kahest poolsilindrist. Määrata töökejdud, mis mõjub ühikulise pikkusega poolsilindrite vahel, kui laeng silindri ühikulise pikkusega lõigu kohta on τ .
- 1.70. Suur dielektrikust plaat on laetud ühtlaselt laengu ruumtihedusega $\rho = 0,8 \text{ CGSE}_q$. Plaadipaksus $d = 0,5 \text{ cm}$, aine suhteline dielektriku läbitavus $\varepsilon = 1$. Milline on elektrivälja tugevus: a) plaadi sisemuses $x = 0,15 \text{ cm}$ kaugusel sümmeetriasandist; b) plaadi keskel; c) väljaspool plaati.

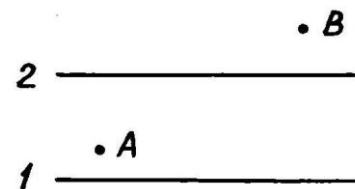
Töö laengu liikumisel elektriväljas

- 1.71. Kaks punktlaengut $+10^{-7} \text{ C}$ ja -10^{-8} C asetsevad teineteisest 1 cm kaugusel. Kui palju tööd tuleb teha ühe laengu eemaldamiseks teisest: a) lõpmata kaugele, b) 1 m kaugusele.
- 1.72. Elektrivälja tekitab punktlaeng $q = 3 \text{ nC}$. Punktides A ja B on elektrivälja tugevused $E_A = 30 \text{ kV/cm}$ ja $E_B = 1,2 \text{ kV/cm}$. Leida elektrivälja jõudude töö laengu $q_0 = 10 \text{ pC}$ ümberpaigutamiseks punktist A punkti B.
- 1.73. Ristküliku tippudes asetsevad võrdsed positiivsed punktlaengud, igaüks laenguga $q = 3 \text{ nC}$. Leida elektrivälja jõudude töö ristküliku keskpunktis oleva punktlaengu $q_0 = 9 \text{ CGSE}_q$ viimiseks lõpmatult kaugemale, kui ristküliku ühe külje pikkus $a = 3 \text{ cm}$ ja teise külje pikkus $b = 4 \text{ cm}$.
- 1.74. Kaks osakest, millede 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 $q_1 = 1 \text{ nC}$ ja mass $m = 40 \text{ mg}$ läheneb tema teele paigutatud positiivsele punktlaengule $q_2 = 4 \text{ CGSE}_q$. Kui lähedale saab see kerake ligineda punktlaengule? Kui suurel kaugusel laengust on ta kiirus $v = 10 \text{ m/s}$?
- 1.76. α -osake, mis eraldub raadiumi aatomi tuumast kiirusega $v = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ selle radioaktiivsel lagunemisel, liigub paigaloleva naatriumi aatomi tuuma suunas. Millisele vähimale kaugusele tuumast saab tungida α -osake?
- 1.77. Vaakumtorus asetseva kahe paralleelse plaadi A (anood) ja B (katoode) vahemaa $d = 10 \text{ cm}$. 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 kiiruse toimetel?
- 1.78. Punktlaeng $q = 2 \text{ CGSE}_q$ asub 4 cm kaugusel pikast ühtlaselt laetud peenest niidist. Elektrivälja mõjul hakkab see laeng eemalduma niidist piki jõujoont, kusjuures 2 cm pikkuse tee läbimisel tehakse $5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ tööd. Määrata niidi laengu joontihedus.
- 1.79. Peenikese rõnga raadius on 10 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 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.

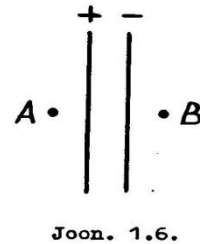
- 1.84. Kaks erimärgilist punktlaengut, millede laengute suhe on n , asetsevad teineteisest kaugusel d . Tõestada, et potentsiaalile 0 vastav ekvipotentsiaalipind on sfäär. Määrata sfääri raadius ning selle keskpunkti kaugus a väiksema laengu asukohast.
- 1.85. Kaks ühtlaselt ja erimärgiliselt laetud pikka paralleelset peenikest niiti asetsevad teineteisest kaugusel d . Laengute joontihedused on τ ja $-\tau$. Tõestada, et juhul, kui niitidevaheline kaugus on küllalt suur:
- a) on ekvipotentsiaalipinnad ringsilindrid, millede teljed asetsevad paralleelselt niitidega ning viimastega samal tasapinnal;
 - b) elektrivälja tugevuse jooned asetsevad niitide ristsandil 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 on $R = 5 \text{ cm}$ ja selle laeng $q = 50 \text{ CGSE}_q$. Määrata: a) rõnga keskristsirgel asetseva punkti potentsiaali sõltuvus kaugusest rõnga tasandini, b) elektrivälja tugevus kui potentsiaali gradient, c) potentsiaal rõnga keskel ning kaugusel $h = 10 \text{ cm}$ 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 $R_1 = 0,2 \text{ m}$, välisraadius $R_2 = 0,4 \text{ m}$ ja rõnga laeng $q = 0,6 \mu\text{C}$.
- 1.90. Ühtlaselt laetud õhukese ketta laengu pindtihedus on σ 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 $R = 15 \text{ cm}$, kui õhu elektriline läbilöötk toimub väljatugevusel $E = 30 \text{ kV/cm}$? Kui suur on seejuures kera potentsiaal?
- 1.92. Ühtlaselt laetud sfääri potentsiaal sfääri keskpunktis $\varphi_0 = 100 \text{ V}$, sellest kaugusel $r = 30 \text{ cm}$ aga $\varphi = 50 \text{ V}$. Kui suur on sfääri raadius?
- 1.93. Metallkera raadius $R = 1 \text{ cm}$ ja potentsiaal $\varphi = 3 \text{ kV}$. Mitu elektroni tuli neutraalselt keralt eemaldada, et kera niisuguse potentsiaalini laadida? Kui palju vähenes seejuures keha mass?
- 1.94. Elavhõbedatilga laeng $q = 7 \cdot 10^{-14} \text{ C}$ ja raadius $r = 1 \text{ mm}$. Kümme sellist tilka moodustavad ühe suure. Määrata suure tilga potentsiaal, lugedes ka selle kerakujuliseks.
- 1.95. Maapinna lähedal on elektrivälja tugevus $E = 130 \text{ V/m}$. Määrata maakera laeng ja tema potentsiaal lõpmatult kaugel asetseva punkti suhtes.
- 1.96. Ühtlaselt laetud sfääri, mille raadius $R_1 = 3 \text{ cm}$ ja laeng $q_1 = 7 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ ümbritseb kontsentriline sfäär, mille raadius $R_2 = 9 \text{ cm}$. Kui suur laeng tuleb anda välissfäärile, et sisesfääri potentsiaal lõpmatuse suhtes muutuks nulliks?
- 1.97. Kahe kontsentrilise metallsfääri raadiused on R ja $2R$. Sfäärid on laetud samamärgiliselt, nende laengud on vastavalt $1 \mu\text{C}$ ja $2 \mu\text{C}$. Kaugusel $3R$ sfääride keskpunktist on potentsiaal 30 CGSE_φ . Määrata R .
- 1.98. Leida ühtlaselt laetud kera potentsiaal kera sees, kui kera laengu ruumtihedus on ρ , raadius R ja aine suhteline dielektriline läbitavus $\varepsilon = 1$.
- 1.99. Liikumatult kinnitatud kuulike on laetud positiivselt ning asub negatiivselt laetud kuulikese kohal. Kuulikeste laengud on võrdsed. Mõlema kuulikese mass $m = 0,01 \text{ g}$, raadius $R = 1 \text{ mm}$. Kuulikeste keskpunktide vahemaa $d = 20 \text{ mm}$. 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 σ (joon. 1.5). Milline on punktide A ja B



Joon. 1.5.

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?

- 1.101. Plaatkondensaator on laetud pingeni $U = 100 \text{ V}$. Leida töö laengu $q = 0,52 \mu\text{C}$ paigutamiseks punktist A punkti B. (vt. joonis 1.6).
1.102. Kolm suurt ühesugust paralleelset plaati asetsevad üksteisest 1 mm kaugusel. Millised on pinged plaatide vahel, kui plaadid on laetud ühtlaselt laengute pindtihedusega $\sigma_1 = +0,2 \text{ CGSE}$, $\sigma_2 = +0,4 \text{ CGSE}$ ja $\sigma_3 = -0,6 \text{ CGSE}$ ühikut?



- 1.103. Kahe õhus asetseva paralleelse metallplaadi vahemaa $d = 1 \text{ cm}$ ning kumagi plaadi pindala $S = 200 \text{ cm}^2$. Vasakpoolse plaadi laeng $q_1 = 10^{-9} \text{ C}$, parempoolse oma $q_2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. 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 $R_1 = 10 \text{ cm}$ ja $R_2 = 20 \text{ cm}$. Kummagi sfääri laeng $q = +50 \text{ CGSE}_q$. Milline on sfääride potentsiaalide vahe ning kui suur on elektrivälja tugevus sfääride sisemuses ja väljaspool?
1.105. Ionisatsioonikamber kujutab endast kahte koaksiaalsilindrit, mille raadiused $R_1 = 4 \text{ cm}$ ja $R_2 = 10,9 \text{ cm}$. Milline on elektrivälja tugevus kummagi silindri välispinnal, kui ionisatsioonikambri rakendatud pinge $U = 1000 \text{ V}$?
1.106. Kahe koaksiaalse lõpmatult pika silindri raadiused $R_1 = 10 \text{ mm}$ ja $R_2 = 10,5 \text{ mm}$. Silindrid on laetud samamärgiliselt, kusjuures sisemise silindri laengu pindtihenuse on 1 CGSE_σ , välimise oma 2 CGSE_σ . Leida silindrite potentsiaalide vahe ning elektrivälja tugevus väljaspool silindreid.
1.107. Leida potentsiaalide vahe kahe ühesuguse metallkera vahel, kui nende keskpunktide vahemaa $d = 1,00 \text{ m}$, raadius $R = 0,5 \text{ cm}$ ja laengud $q_1 = 1,50 \text{ nC}$ ning $q_2 = -1,50 \text{ nC}$.

Väljatugevuse ja potentsiaali seos

- 1.108. Maapinna lähedal on elektrivälja tugevus $E = 100 \text{ SI-ühikut}$. Kui suur on $h = 1,75 \text{ m}$ pikkuse seisva inimese pealae ja jalataldade potentsiaalide vahe?
1.109. Elektrivälja potentsiaal välja teatud osas sõltub ainult koordinaadist x , kusjuures sõltuvus on järgmine: $\varphi = -ax^2/2 + C$; a ja C on konstantsed suurused. Leida elektrivälja tugevus. Millise laengute jaotuse puhul selline väli tekib?
1.110. Teatud piirkonnas sõltub elektrivälja potentsiaalainult 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 kaugusest r kera keskpunktini: $\varphi = ar^2 + b$, kus a ja b on konstandid. Leida ruumlaengu jaotus $\rho(r)$ kera sees.
1.112. Määrata elektrostaatiliselt 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 elektrostaatiliselt 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 elektrostaatiliselt välja potentsiaal $\varphi(x, y)$, kui väljatugevus $\vec{E} = a(y\vec{i} + x\vec{j})$, kus a ja $\vec{i}$ 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) $a > 0, b < 0$?

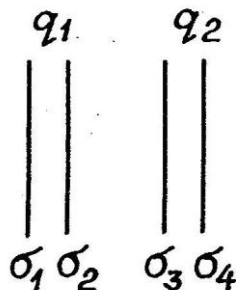
Elektrivälja dielektrikutes

- 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 lineaarmõõtmetega. Plaatide vahel asetseb nendega paralleelselt parafiinikiht ($\varepsilon = 2$) 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 $\varepsilon = 5$. 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 dielektrikukihiga, mille paksus $d = 2 \text{ cm}$. Leida polarisatsioonilaengute pindtihedus kihi sise- ja välispinnal, kui dielektriku läbitavus $\varepsilon = 2$. Kui suur on kogu polarisatsioonilaeng?
- 1.121. Positiivsete ionide laeng jaotub ühtlaselt, ruumtihedusega ρ kera, mille raadius on R ja suhteline dielektriline läbitavus ε . Leida a) väljatugevuse sõltuvus kaugusest r kera keskpunktini; b) seotud laengute ruum- ja pindtihedus.
- 1.122. Dielektrikust valmistatud õhuke ketas, mille raadius on r ja paksus h ($h \gg R$) on polariseerunud homogeenselt nii, et polariseeritus $\vec{P}$ asetseb ketta tasndis. Määrata polarisatsioonilaengute elektrivälja tugevus ketta keskpunktis.
- 1.123. Homogeensest ja isotroopsest dielektrikust kera sees tekitatakse homogeenne elektrivälja $E = 100 \text{ V/cm}$. Kui suur on polarisatsioonilaengute maksimaalne tihedus dielektriku pinnal, kui dielektriku suhteline läbitavus $\varepsilon = 7$.
- 1.124. Homogeensest ja isotroopsest dielektrikust kera sees on tekitatud homogeenne elektrivälja $E = 100 \text{ V/m}$. Kera raadius $R = 3,0 \text{ cm}$ ja dielektriku läbitavus $\varepsilon = 5$. Leida polarisatsiooni-laengute pindtiheduse maksimaalne väärtus ja kogu ühemärgiline polarisatsioonilaeng.
- 1.125. Dielektrikust kera on polariseeritud homogeenselt, tema polariseeritus on $\vec{P}$. Võttes arvesse, et selliselt polariseeritud kera võib vaadelda kui kõikide positiivsete laengute väikese nihke tulemust negatiivsete laengute suhtes, leida elektrivälja tugevus kera sees ja väljaspool.
- 1.126. Homogeenselt polariseeritud lõpmatult suure dielektriku sees on sfääriline õõnsus. Õõnsusest suurel kaugusel on elektrivälja tugevus $\vec{E}$. Määrata elektrivälja tugevus õõnsuses, kui dielektriku suhteline läbitavus on ε .
- 1.127. Homogeensesse elektrivälja $\vec{E}_0$ paigutati homogeensest dielektrikust kera. Niisugusel juhul polariseerub dielektrik homogeenselt. Leida elektrivälja tugevus kera sees ja dielektriku polariseeritus, kui tema suhteline läbitavus on ε .
- 1.128. Pikk homogeensest dielektrikust silinder paigutati homogeensesse elektrivälja $\vec{E}_0$, mis on risti silindri teljega. Dielektrik polariseerub homogeenselt. Määrata elektrivälja tugevus $\vec{E}$ ja polariseeritus $\vec{P}$ dielektrikus, kui selle läbitavus on ε .
- 1.129. Homogeensesse elektrivälja $\vec{E}_0 = 10 \text{ V/m}$ paigutatakse klaasplaat ($\varepsilon = 7$) 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. Homogeense ja isotroopse dielektriku piirpinnaks vaakumiga on tasapind. Dielektriku suhteline läbitavus on ε , väljatugevuse joonte murdumisnurk β ja väljatugevus vaakumis E_0 . Luges

elektrivälja vaakumis ja dielektrikus homogeenneks, määrata elektrivälja tugevuse vektori voog läbi sfääri pinna, mille keskpunkt asetseb piirpinnal. Sfääri raadius on R .

Juhid elektriväljas

- 1.131. Homogeensesse elektrivälja paigutati metallplaat risti jõujoontega. Kui suur laeng indutseeritakse selle plaadi kummagi 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 $q_B = 4 \text{ mC}$?

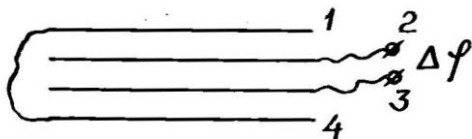


Joon. 1.7.

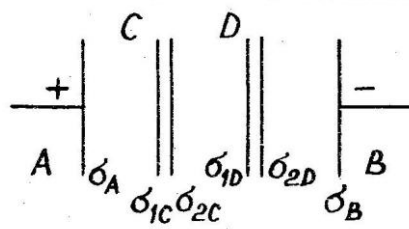
1.134. Kahe paralleelse metallplaadi laengud $q_1 = 600 \text{ CGSE}_q$ ja $q_2 = 200 \text{ CGSE}_q$ (vt. joon. 1.7). Iga plaadi ühe külje pindala $S = 200 \text{ cm}^2$ ja plaatide vahemaa $d = 3 \text{ mm}$. Leida laengu pindtihedused kummagi plaadi mõlemal küljel. Milline on laengute jaotus siis kui $q_2 = q_1$?

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 $AC = CD = BD = d/3$, 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?

- 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 $\Delta\varphi$. Leida a) elektrivälja tugevus naaberplaatide vahel, b) iga plaadi summaarne laeng pinnaühiku kohta.

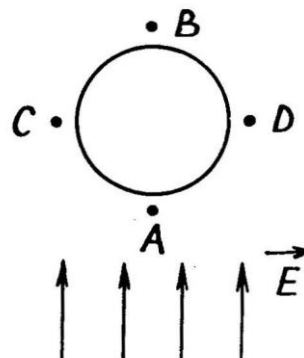


Joon. 1.9.



Joon. 1.8.

- 1.137. Punktlauk $q = 0,15 \mu\text{C}$ 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 ja 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 suhtes. Kas nad muutuvad, kui väline kera maandada?
- 1.139. Metallkera raadius on 10 cm ja potentsiaal 300 V . Kera ümbritseti kontsentrilise metallsfääriga, mille raadius on 15 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 pinda 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 tasakaaluolekusse raadiusega $R_1 > R$. Milline laeng 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 $q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ asetseb kaugusel $d_1 = 3 \text{ cm}$ suurest maandatud metallplaadist. Leida a) laengu pindtihedus plaadi selles punktis, mis asetseb punktlaengule kõige lähemal, ja punktis, mille kaugus punktlaengust $d_2 = 5 \text{ cm}$; 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 ristsirge 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 ristsirge jälje juures; b) kaugusel $2h$ plaadist samal ristsirgel.

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 $q_1 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ ja $q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ vahemaa $l = 4,6 \text{ cm}$. Laengute vahele, võrdsele kaugusele kummastki, paigutatakse suur maandatud metallplaat, mille paksus $d = 0,6 \text{ cm}$. 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, mis 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 τ . 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 τ , niidi pikenduse lõikepunkt tasandil olgu O . Määrata tasandil indutseeritud laengu pindtihedus σ ; a) punktis O , b) sõltuvalt kaugusest r punktini O .

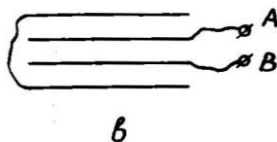
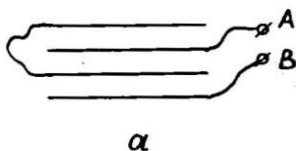
1.156. Peenikesest traadist rõngas, mille raadius on R , asetseb paralleelselt elektrit juhtiva suure tasandiga kaugusel h sellest. Rõnga laeng on q . Määrata a) indutseeritud laengu pindtihedus tasandi punktis, mis on sümmeetriline rõngaga; b) elektrivälja tugevus ja potentsiaal rõnga keskpunktis.

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 elektroodilt termoemissiooni teel elektronid. Jättes arvestamat elektroodide negatiivse ruumlaengu mõju, hinnata, kui kaugel katoodist on elektroodide kiirus minimaalne?
- 1.159. Punktlangu q ja maandatud metallkera keskpunkti vahemaa on d . Millise jõuga mõjub kera punktlangule, kui kera raadius on R ?
- 1.160. Metallkera, mille raadius on R , on ühendatud peenikese traadi abil Maaga. Kera keskpunktist kaugusel $d = 2R$ asetseb punktlangu $+q$. 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 punktlangu q .
- 1.162. Punktlangu q asetseb vaakumis kaugusel h homogeenne ja isotroopse dielektriku tasapinnalisest lahutuspiirist, kusjuures kogu ruum ühel pool seda pinda on täidetud dielektrikuga. Dielektriku läbitavus on ϵ . Leida a) polarisatsioonilaengute pindtihedus kui vaadeldava punkti ja punktlangu q vahekauguse r funktsioon, b) summaarne polarisatsioonilaeng dielektriku pinnal.
- 1.163. Lähtudes eelmise ülesande tingimustest ja lahendist, leida jõud, millega lahutuspinnal tekkinud polarisatsioonilaeng mõjub punktlangule q .
- 1.164. Punktlangu q asetseb homogeenne ja isotroopse dielektrikus kaugusel h dielektriku ja vaakumi lõpmatult suurest tasapinnalisest lahutuspinnast. Leida polarisatsioonilaengute pindtihedus lahutuspinnal sõltuvalt kaugusest r punktlanguuni.
- 1.165. Kogu ruumi ühel pool lõpmata suurt juhtivat tasandit täidab homogeenne ja isotroopne dielektrik, mille suhteline läbitavus on ϵ . Selles dielektrikus, kaugusel h juhtivast tasandist, asetseb punktlangu q . Leida dielektriku ja juhtiva tasandi kokkupuutepinnal tekkinud polarisatsioonilaengute pindtihedus sõltuvalt kaugusest r punktlanguuni.

Juhtide elektrimahtuvus

- 1.166. Leida kerakujulise irdjuhi mahtuvus, kui teda ümbritseb tihedalt sfääriline dielektrikukiht, mille välisraadius on R_2 ja läbitavus ϵ . Kera raadius on R .
- 1.167. 5-cm raadiusega metallkera on ümbritsetud tihedalt 1 cm paksuse dielektrikukihiga ($\epsilon = 7$) ning paigutatud 7-cm siseraadiusega kontsentrisse metallsfääri. Kui suur on niisuguse kondensaatori mahtuvus?
- 1.168. Leida õliga täidetud sfäärilise kondensaatori mahtuvus, kui katete raadiused $R_1 = 1 \text{ cm}$ ja $R_2 = 1,05 \text{ cm}$. Õli suhteline läbitavus $\epsilon = 4,5$. Kui suure raadiusega irdkeha 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 φ_1 ja juht, mahtuvusega C_2 , potentsiaalini φ_2 . Juhtide vahemaa on suur. Kui suur on nende juhtide potentsiaal pärast peenikese niidiga ühendamist?
- 1.171. Juhid, mahtuvusega $C_1 = 2 \text{ pF}$ ja $C_2 = 3 \text{ pF}$ asetsevad teineteisest ja teistest kehast väga kaugel. Kui suur on nendest kehast moodustatud kondensaatori mahtuvus?
- 1.172. Plaatkondensaatori mahtuvus on 600 pF . Kuidas muutub kondensaatori mahtuvus, kui katete vahele paigutada paralleelselt nendega metallplaat, mille paksus moodustab $\frac{1}{4}$ katetevahelisest kaugusest? Kas sõltub tulemus plaadi asukohast?

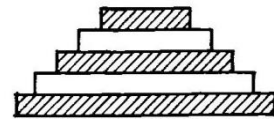


Joon. 1.11.

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,

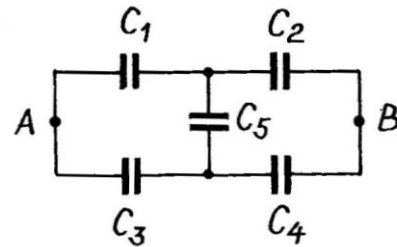
nagu näidatud : a) joonisel 1.11, a; b) joonisel 1.11, b.

- 1.174. Plaatkondensaator, mille katte pindala $S = 200 \text{ cm}^2$ ja katete vahemaa $d = 0,5 \text{ cm}$, paigutatakse risttahukakujulisse metallkarpi nii, et tema katted on paralleelsed kahe tahuga. Need tahud on peaaegu sama suured kui kondensaatori katted, kusjuures katete kaugus vastavatest tahkudest $d_0 = 0,2 \text{ cm}$. Kas ja kuidas muutub kondensaatori mahtuvus, kui vahetu kontakt karbi ja katete vahel puudub?
- 1.175. Plaatkondensaatori katete vahemaa on d ja ta on täidetud kahe erineva dielektriku kihiga. Ühe dielektriku suhteline dielektriline läbitavus on ε_1 ning selle paksus d_1 . Teise dielektriku kihi vastavad karakteristikud on ε_2 ning d_2 . Kummagi ketta 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, millede suhtelised dielektrilised läbitavused on ε_1 ja ε_2 ; plaadid asetsevad paralleelselt kondensaatori katetega; b) pool kondensaatorit on täidetud ühe, ülejäänud osa teise dielektrikuga; dielektrikute lahtuspind on risti katetega. Katete pindala on S . Ääreefekt servadel jätta arvestamata. Näidata, et esimesel juhul on kondensaatori mahtuvus alati väiksem kui teisel juhul.
- 1.177. Ühepaksused metallist ja parafiiniga läbiimmutatud pabrist kettad, mille diameetrid on 2, 3, 4, 5 ja 6 cm, on laotud üksteise peale, nagu näidatud joonisel 1.12. Viirutatud kettad vastavad metallile. Ketaste paksus on 0,1 mm. Kui suur on niisuguse süsteemi mahtuvus?



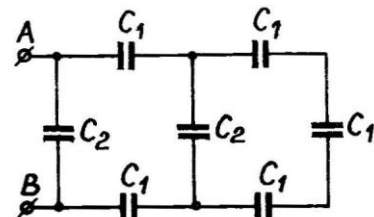
Joon. 1.12.

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



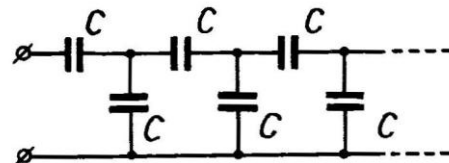
Joon. 1.13.

- 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 V. Milline on pinget patarei klemmidel?



Joon. 1.14.

- 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 $C_2 = C_4 = C_5 = 2C$.

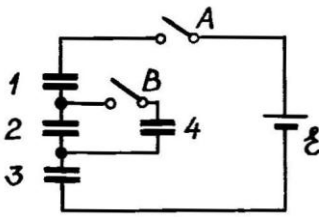


Joon. 1.15.

- 1.186. Leida joonisel 1.14 kujutatud kondensaatoripatarei mahtuvus, kui $C_1 = 2,0 \text{ }\mu\text{F}$ ja $C_2 = 1,0 \text{ }\mu\text{F}$.

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

1.188. Neli ühesugust kondensaatorit on ühendatud nii, nagu näidatud joonisel 1.16. Algul on lüliti B



Joon. 1.16.

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 ?

1.189. Trioodi elektroodide vahelise mahtuvuse mõõtmiseks toimitakse järgmiselt: lühistatakse võre ning anood ning mõõdetakse katoodi ning teiste elektroodide vaheline mahtuvus C_1 ; nüüd lühistatakse katood ja anood ning mõõdetakse jälle võre ja teiste elektroodide vaheline mahtuvus C_2 ; lõpuks lühistatakse võre ja katood ning mõõdetakse anoodi ja ülejäänus elektroodide vaheline mahtuvus C_3 . Kuidas mõõdetud C_1 , C_2 , ja C_3 väärtuste järgi

arvutada elektroodidevahelised mahtuvused C_{af} , C_{ag} ja C_{gf} ?

Elektriväli kondensaatorites

1.190. Õhkdielektrikuga 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 väärtuseni $T_2 = 0,8\text{ s}$. 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 mm , pinge 1800 V . Plaatidevahelise ruumi täidab klaasplaat ($\epsilon = 6$). Määrata 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 $d = 3\text{ mm}$, laeti pingeni $U = 1000\text{ V}$. 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 pingeallikast lahutatud.

1.197. Plaatkondensaatori katete vahemaa on d ning ta on ühendatud konstantset potentsiaalide vahet U hoidva vooluallikaga. Katete vahele paigutatakse kogu ruumi täitev dielektrik, mille suhteline dielektriline läbitavus ϵ . Kuidas muutub katete laengu pindtihedus?

1.198. Plaatkondensaator, mille dielektrikuks on vilgukivi, suhtelise läbitavusega $\epsilon = 6$, laeti pingeni $U_1 = 300\text{ V}$. Kui suureks muutub kondensaatori pinge pärast vilgukivi eemaldamist?

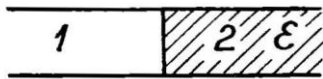
1.199. Kaks võrdse mahtuvusega õhkkondensaatorit on ühendatud paralleelselt ning laetud pingeni $U_1 = 210\text{ V}$. Leida kondensaatorite patarei pinge, kui ühe kondensaatori katetevaheline ruum täita vilgukiviga,



Joon. 1.17.

mille suhteline dielektriline läbitavus $\varepsilon = 6$.

- 1.200. Plaatkondensaatori dielektrikuks on õhk ($\varepsilon \approx 1$) ning elektrivälja tugevus katetevahelises ruumis E_0 . Pool katetevahelisest ruumist täidetakse dielektrikuga, mille suhteline dielektriline läbitavus on ε . (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.
- 1.201. Horisontaalse plaatkondensaatori katete vahemaa $d = 5$ mm ja potentsiaalide vahe $U = 150$ V. Alumisel kattel lebab parafiinitahvel, mille paksus $d_0 = 4$ mm ja suhteline dielektriline läbitavus $\varepsilon = 2$. 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 ($\varepsilon = 7$), mille paksus $d_k = 0,1$ cm.



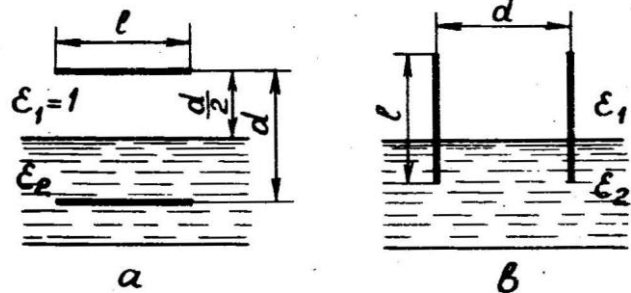
Joon. 1.18.

1.203. Lahendada ülesandega 1.200 analoogiline ülesanne, eeldades, et dielektrik täidab katetevahelise ruumi nii, nagu näidatud joonisel 1.18.

1.204. Pool plaatkondensaatori katetevahelisest ruumist on täidetud vilgukiviga nii, et dielektriku ja vaakumi pind on risti kondensaatori katetega. Leida elektrivälja tugevus

vilgukivis ja vaakumis, kui kondensaatorile rakendatud pinge $U = 600$ V, katete vahemaa $d = 0,4$ cm ja vilgukivi suhteline läbitavus $\varepsilon = 6$.

- 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?



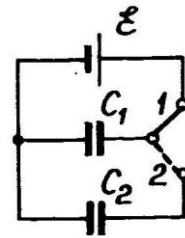
Joon. 1.19.

- 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 siseraadius R_2 . Määrata raadiuse R_1 väärtus, mille puhul antud pinge U ja dielektriku suhtelise läbitavuse ε 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 $\varepsilon = 4$. Määrata, millise pinge puhul kaabli soone ja väliskatte vahel algab 0,2 mm paksusega koaksiaalses õhuvahemikus elektrilahendus. Ülesanne lahendada kahe erineva juhu jaoks: a) õhuvahemik asetseb soone vahetus läheduses; b) õhuvahemikku piirab ühest küljest väliskatte. Õhu läbilöögitugevus $E_{||} = 30$ kV/cm.
- 1.209. Silindrilises kondensaatoris on kaks dielektrikukihti: lakiga immutatud paber ($\varepsilon_1 = 4$; $r_1 = 2$ cm, $r_2 = 2,3$ cm) ja klaas ($\varepsilon_2 = 7$; $r_2 = 2,3$ cm, $r_3 = 2,5$ cm). Kumb dielektrikutest saab esimesena läbilöögi, kui pinget kondensaatoril pidevalt tõsta? ($E_{1\max} = 120$ kV/cm; $E_{2\max} = 100$ kV/cm). Millise pinge juures toimub läbilööök?
- 1.210. Juhi laengut saab määrata elektromeetri abil, mis mõõdab potentsiaalide vahet. Selleks tuleb esmalt mõõta juhi ja maapinna potentsiaalide vahe φ_1 . Edasi ühendatakse elektromeetriga tuntud

mahtuvusega kondensaator C_0 , mille üks kate on maandatud, ning moodetakse uuesti potentsiaalide vahe φ_2 . Kuidas niisugustest mõõtmistest määrata laeng? Millest sõltub laengu määramise täpsus?

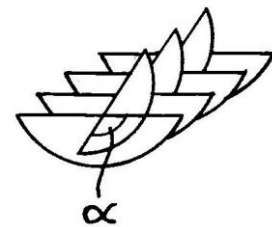
Elektrivälja energia

- 1.211. Leida võrdkõlgse kolmnurga tippudes asetseva kolme punktlaengu $q_1 = 10^{-8}$ C, $q_2 = 2 \cdot 10^{-8}$ C ja $q_3 = -3 \cdot 10^{-8}$ C vastasmõju potentsiaalne energia, kui kolmnurga külje pikkus $a = 10$ cm.
- 1.212. Neli võrdset punktlaengut $q = +100$ CGSE_q asetsevad ruudu tippudes, mille külje pikkus $a = 10$ cm. Määrata laengute süsteemi energia.
- 1.213. Punktlaeng q aetseb kaugusel d lõpmatult suurest juhtivast tasandist. Leida selle laengu ja tasandil indutseeritud laengu vastasmõju energia.
- 1.214. Kahe paigaloleva elektroni vahemaa $d = 1$ cm. Kui suure kiiruse saavutavad elektronid vastastikuse tõukejõu mõjul, kui nende vahemaa on kasvanud lõpmatult suureks?
- 1.215. Kui suur oleks eelmises ülesandes kirjeldatud elektronide kiirus, kui neid oleks kolm, mitte aga kaks?
- 1.216. Kondensaatorid C_1 ja C_2 on ühendatud vooluvõrku vastavalt joonisele 1.20. Algul on lüliti asendis 1 ja kondensaator C_1 laadub. Hiljem viiakse lüliti asendisse 2. Kuidas muutub seejuures kondensaatori-patarei energia?
- 1.217. Eelnevalt pingeni $U = 300$ V laetud kondensaatoriga $C_1 = 1,0 \mu F$ ühendati paralleelselt kondensaator $C_2 = 2,0 \mu F$. Millise suuruse võrra muutub niisuguse süsteemi energia? Põhjendada tulemust.
- 1.218. Juht, mahtuvusega $C_1 = 10$ pF, on laetud potentsiaalini $\varphi_1 = 6$ kV, juht mahtuvusega $C_2 = 20$ pF, aga potentsiaalini $\varphi_2 = 12$ kV. Võrreldes juhtide mõõtmatega on nende vahekaugus 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 peenikese traadi abil kaugel asetseva metallkeraga B. Nüüd on kera B energia 0,4 J. Kera A raadius on 2 cm, kera B oma 3 cm. Milline on kera A esialgne laeng?
- 1.221. Leida tõmbejõudude töö õhkdielektrikuga plaatkondensaatori katete vahemaa vähendamiseks, kui kondensaatori 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 $d_1 = 12,5$ mm. Kondensaator laeti pingeni $U = 5000$ V ning seejärel lahutati pingeallikast. Leida töö kondensaatori katete eemaldamiseks teineteisest kaugusele $d_2 = 25,0$ mm.
- 1.223. Plaatkondensaatori katete laengud on $+q$ ja $-q$. Plaadi 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 $U = 600$ V ja lahutati seejärel pingeallikast. Arvutada metallplaadi eemaldamiseks vajalik töö.
- 1.225. Plaatkondensaatori katete vahemaa on 0,1 cm ning ühe katte pindala 200 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-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.



Joon. 1.20.

- 1.226. Kondensaatori plaatide vaheline ruumala $V = 20 \text{ cm}^3$ on täidetud dielektrikuga ($\epsilon = 5$). Kondensaator on ühendatud pingeaalikaga. 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 pingeaalikast; b) dielektriku eemaldamisel on kondensaator ühendatud pingeaalikaga.
- 1.227. Õhktäidisega vertikaalne plaatkondensaator laeti potentsiaalide vaheni U ning lahutati pingeaalikast. Katte pindala on S ning katete vahemaa d . Alt lähendatakse kondensaatorile anum vedela dielektrikuga, mille suhteline dielektriline läbitavus on ϵ , 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 ΔW 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 dielektriline läbitavus on ϵ 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 kV/mm ?
- 1.231. Laetud plaatkondensaatori katetevaheline mõjujõud on $0,05 \text{ N}$. Kummagi plaadi pindala on 200 cm^2 . Milline on elektrivälja energia ruumtihedus, kui dielektrikuks on õhk.
- 1.232. Plaatkondensaatori 100 cm^2 plaadid tõmbuvad jõuga 3 G . Plaatidevaheline ruum on täidetud vilgukiviga ($\epsilon = 6$). Määrata laeng plaatidel, väljatugevus ja energia ruumtihedus vilgukivis.
- 1.233. Plaatkondensaatori laeng $q = 10^{-8} \text{ C}$ 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 ϵ 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 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 kummagi katte laeng $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. Katete raadiused $R_1 = 5 \text{ cm}$ ja $R_2 = 10 \text{ cm}$. Määrata elektrivälja energia ning katetele mõjuvad jõud.
- 1.238. 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. Lugedes vesiniku aatomis prootoni ja elektroni punktlaenguteks, määrata elektrivälja energia tihedus neis ühendava sirglõigu keskpunktis, kui osakeste vahemaa on $5 \cdot 10^{-9} \text{ cm}$.
- 1.240. 6-cm läbimõõduga metallkera laeng on $2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Kera asetseb petrooleumis. Määrata elektrivälja energia ruumtihedus punktides,



Joon. 1.21.

- 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 $\varepsilon = 6$. Väline silinder on maandatud, sisemise potentsiaal Maa suhtes on 600 V. Määrata kummagi 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 $\varepsilon = 1$, 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 $\varepsilon = 3,0$. Kera kõveruskeskmes asetseb punktlaeng $q = 3,0 \mu C$. Leida kerakihti salvestatud elektrivälja energia.
- 1.244. Lähtudes Bohri mudelist vesiniku aatomi kohta, arvutada elektroni koguenergia 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, arvestades sfääri keskpunktist?
- 1.247. Silindrilisele vaakumkondensaatorile ($R_1 = 1,5$ cm; $R_2 = 3,5$ cm) on rakendatud pinge 2,3 kV. Millise kiiruse saavutab elektron kondensaatori elektriväljas, liikudes jõujoont mööda kauguselt 2,5 cm kauguseni 2 cm, arvates silindri teljest?
- 1.248. Lihtsaimas 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?

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
- 1.6.
- 1.7. Laenguid q_1 ja q_2 ühendavale sirglõigule kaugusel $r_1 = d / (\sqrt{\frac{q_2}{q_1}} + 1) = 20$ 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. $y = \pm \frac{d}{\sqrt{2}} = \pm 3,5$ cm, kus y on punkti koordinaat laengukeskme suhtes

- 1.14. $E = 67 \text{ kV/m}$
- 1.15. $E = 16,7 \text{ kV/m}$
- 1.16. $E = 246 \text{ V/m}$
- 1.17. $E = 120 \text{ kV/m}$
- 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. $R \leq \frac{1}{1-\delta} \sqrt{\frac{\delta}{2}} = 4,18 \text{ cm}$
- 1.21. $E = \tau \frac{1}{2\pi\epsilon_0 a} \sqrt{4a^2 + l^2}$
- 1.22. $E = \sqrt{2} \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0 a}$
- 1.23. $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l(l+r)}$
- 1.24. $F = \tau q \frac{1}{4\pi\epsilon_0 a \sqrt{\frac{l^2}{4+a^2}}} = 1,27 \mu\text{N}$
- 1.25. $F = 8,1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
- 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. $E_{\max} = \frac{\tau}{\pi\epsilon_0 a}$
- 1.29. $E = 60,2 \text{ kV/m}$
- 1.30. $E = 38 \text{ kV/m}$
- 1.31. a) $E = 0$; b) $E = 10^4 \text{ V/m}$; c) $E_{\max} = 2,3 \cdot 10^4 \text{ V/m}$
- 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. a) $E = \frac{\sqrt{2}\tau}{4\epsilon_0 R}$; 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. $E = \frac{\sigma h}{2\epsilon_0 \sqrt{h^2 + R^2}}$
- 1.40.
- 1.41. $E_{\text{vâh}} = 0$; $E_{\text{vâljâs}} = \frac{q}{\epsilon_0 S}$
- 1.42. $\sigma_1 = 35,4 \frac{\text{nC}}{\text{m}^2}$; $\sigma_2 = -17,7 \frac{\text{nC}}{\text{m}^2}$
- 1.43. $E = \frac{\sqrt{5}}{2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0}$
- 1.44. $E_1 = 5,65 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$; $E_2 = 9,80 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$
- 1.45. $F = 3,4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
- 1.46. $q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

- 1.47. $E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$
- 1.48. $F = \frac{q^2}{32\pi\epsilon_0 R^2}$
- 1.49. $F = \frac{q(q+2q_0)}{32\pi\epsilon_0 R^2}$
- 1.50. $M = 9,36 \cdot 10^{-26} \text{ Nm}$
- 1.51. $F_e = \frac{p_e q}{2\pi\epsilon_0 r^3} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
- 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) $4,12 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$; $2,06 \cdot 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$; 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. $E_1 = \frac{\rho r_1}{3\epsilon_0} = 88 \text{ kV/m}$; $E_2 = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r_2^2} = 78 \text{ kV/m}$
- 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 $E = \frac{\rho_0 R^3}{12\epsilon_0 r^2}$.
- 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. $\sigma = 3\epsilon_0 E \cos \vartheta$. Väljaspool kera ühtib väli sfääri keskel oleva dipooli elektriväljaga. Selle diipoli elektriline moment $\vec{p} = -4\pi\epsilon_0 R^3 \vec{E}$.
- 1.66. $E_s = \rho r / 2\epsilon_0$, $E_v = R_0^2 \rho / 2\epsilon_0 r$.
- 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 õõnsuses on homogeenne: $\vec{E} = \rho \vec{r} / 3\epsilon_0$, kus $\vec{r}$ on suunatud õõnsuse telje poole.
- 1.69. $F = \tau^2 h / 4\pi^2 \epsilon_0 R$.
- 1.70. $E_s = 45 \text{ kV/m}$; $E_0 = 0$; $E_v = 75 \text{ kV/m}$.
- 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. $r = \frac{11e^2}{\pi\epsilon_0 m v^2} = 6 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
- 1.77. $x = 0,57 \text{ mm}$; $v = 13,3 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- 1.78. $\tau = 1 \mu C/m$
- 1.79. $A = 4,7 \cdot 10^{-5} J$
- 1.80. $A = \frac{q\sigma_1 R_1 \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{\varepsilon_0} = 14,6 \text{ mJ}; F = q \frac{R_1 \sigma_1 + R_2 \sigma_2}{\varepsilon_0 (R_2 + h)} = 4,1 \text{ N}$
- 1.81. $A = -\frac{p_e q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$
- 1.82. $\varphi = \frac{q(6+\sqrt{3})}{6} \pi\varepsilon_0 a = 7,7 \text{ kV}$
- 1.83. a) $E_A = 30 \text{ kV/m}, E_B = 3,75 \frac{MV}{m};$
b) $\varphi = -1,8 \text{ kV}$
- 1.84. $R = \frac{nd}{n^2-1}, a = \frac{d}{n^2-1}.$
- 1.85.
- 1.86. $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 l} \ln \frac{a+1}{a}$
- 1.87. $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 \sqrt{h^2 + R^2}}, E = \frac{qh}{4\pi\varepsilon_0 (h^2 + R^2)^{3/2}}, \varphi_0 = 3000 \text{ V}, \varphi_{10} = 1340 \text{ V}$
- 1.88. $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 R} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{a^2}{R^2}}}\right).$
- 1.89. $\varphi = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)} = 18 \text{ kV}$
- 1.90. $\varphi = \sigma(\sqrt{h^2 + R^2} - h)/2\varepsilon_0$
- 1.91. $q_{max} = 75 \cdot 10^{-7} C, \varphi_{max} = 450 \text{ kV}$
- 1.92. $R = 15 \text{ cm}$
- 1.93. $n = 2 \cdot 10^{10}, \Delta m = 2 \cdot 10^{-17} g$
- 1.94. $\varphi = 2,9 \text{ V}$
- 1.95. $q = 5,9 \cdot 10^5 C; \varphi = 830 \text{ MV}$
- 1.96. $q_2 = -2,1 \text{ nC}$
- 1.97. $R = 1 \text{ m}$
- 1.98. $\varphi = \frac{\rho(3R^2 - r^2)}{6\varepsilon_0}$
- 1.99. $U \approx \frac{d}{R} \sqrt{\frac{mg}{\pi\varepsilon_0}} \approx 38 \text{ kV}$
- 1.100. $U = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} h_2; U' = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} |h_2 - h_1|$
- 1.101. $A = 52 \mu J$
- 1.102. $U_{12} = 75,4 \text{ V}; U_{23} = 226,1 \text{ V}$
- 1.103. a) $E_1 = 11,3 \text{ kV/m};$ b) $E = 5,65 \text{ kV/m};$ c) $U = 56,5 \text{ V};$ d) $v = 4,46 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
- 1.104. $U = 750 \text{ V}; E_s = 150/r^2 \text{ (V/m)}; E_v = 300/r^2 \text{ (V/m)}$
- 1.105. $E_s = \frac{U}{R_1 \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = 25 \frac{kV}{m}; E_v = 0$
- 1.106. $U = \frac{\sigma_1 R_1}{\varepsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1} = 185 \text{ V}, E = \frac{R_1 \sigma_1 + R_2 \sigma_2}{\varepsilon_0 r} = \frac{1,2 \cdot 10^4}{r} \left(\frac{V}{m}\right)$
- 1.107. $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 R} = 5,4 \text{ kV}$
- 1.108. $\Delta\varphi = 175 \text{ V}$
- 1.109. $E = ax.$ Selliline valem kehtib elektrivälja jaoks ühtlaselt laetud kihis, mis on risti x-teljega, kui laengu ruumtihedus $\rho = \varepsilon_0 a.$

- 1.110. $\rho = 6\varepsilon_0 ax$
- 1.111. $\rho = 6\varepsilon_0 a$
- 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) $\vec{E} = -2a(y\vec{i} + x\vec{j})$
- 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 $\sqrt{\frac{\varphi}{a}}$ ja $\sqrt{\frac{\varphi}{b}}$;
 b) kui $\varphi > 0$, siis ühekatteline hüperboloid; kui $\varphi = 0$, siis ringkoonus, kui $\varphi < 0$, siis kahekatteline hüperboloid.
- 1.117. $U = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\varepsilon_0} \left(d_0 + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} d_2\right) = 1413 \text{ V}$, a) $E_0 = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\varepsilon_0} = 188 \text{ kV/m}$, b) $E_d = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\varepsilon_0 \varepsilon} = 94 \text{ kV/m}$
- 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 $E = \rho r / 3\varepsilon_0 \varepsilon$, väljaspool $E = R^3 \rho / 3\varepsilon_0 r^2$, b) $\rho_p = -\frac{(\varepsilon-1)\rho}{\varepsilon}$, $\sigma_p = \frac{(\varepsilon-1)}{3\varepsilon} r$
- 1.122. $E = \frac{\rho h}{4\varepsilon_0 R}$
- 1.123. $\sigma_{\max} = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$
- 1.124. $\sigma_{p\max} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)E = 3,5 \text{ nC/m}^2$, $q_p = \pi R^2 \varepsilon_0(\varepsilon - 1)E = 10 \text{ nC}$
- 1.125. $\vec{E}_s = -\frac{\vec{P}}{3\varepsilon_0}$, $\vec{E}_v = \frac{V}{4\pi\varepsilon_0} \left[\frac{3(\vec{P}, \vec{r})}{r^5} \vec{r} - \frac{\vec{P}}{r^3} \right]$
- 1.126. $\vec{E}_0 = (\varepsilon + 2) \frac{\vec{E}}{3}$
- 1.127. $\vec{E} = 3\vec{E}_0 / (\varepsilon + 2)$; $\vec{p} = \frac{3\varepsilon_0(\varepsilon-1)\vec{E}}{(\varepsilon+2)}$
- 1.128. $\vec{E} = 2\vec{E}_0 / (\varepsilon + 1)$; $\vec{p} = \frac{2\varepsilon_0(\varepsilon-1)\vec{E}}{\varepsilon+1}$
- 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. $\phi(\vec{E}, d\vec{S}) = \frac{(\varepsilon-1)\pi R^2 E_0 \cos\beta}{\varepsilon}$
- 1.131. $q_i = \pm \varepsilon_0 ES$
- 1.132. $q_i = \pm q/2$
- 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 $\sigma_3' = \frac{q}{S}$, kus $q = |q_1| = |q_2|$.
- 1.135. a) Kui $q = \text{const}$, siis $E = U/d$, $\sigma_{1C} = \sigma_{1D} = -\varepsilon_0 U/d$,
 $\sigma_{2C} = \sigma_{2D} = \varepsilon_0 U/d$, $U_{AC} = U_{CD} = U_{DB} = U/3$.
 Kui C ja D hetkeks lühistada, siis $\sigma_{2C} = \sigma_{1D} = 0$, $\sigma_{1C} = -\varepsilon_0 \frac{U}{d}$, $\sigma_{2D} = \varepsilon_0 \frac{U}{d}$, $U_{AC} = U_{DB} = U/3$,
 $U_{CD} = 0$.
 b) Kui $U = \text{const}$, siis $E = U/d$, $\sigma_{1C} = \sigma_{1D} = -\varepsilon_0 U/d$, $\sigma_{2C} = \sigma_{2D} = U/d$, $U_{AC} = U_{CD} = U_{DB} = U/3$.

Kui C ja D hetkeks lühistada, siis $\sigma_{2C} = \sigma_{1D} = 0$, $\sigma_{2D} = \sigma_A = \varepsilon_0 \frac{3U}{2d}$, $\sigma_{1C} = \sigma_B = -\varepsilon_0 \frac{3U}{2d}$, $U_{AC} = U_{DB} = \frac{U}{2}$, $U_{CD} = 0$.

1.136. a) $E_{23} = \frac{\Delta\varphi}{d}$; $E_{12} = E_{34} = \frac{1}{2}E_{23}$; b) $|\sigma_1| = \sigma_4 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{d}$, $\sigma_2 = |\sigma_3| = \frac{3}{2}\varepsilon_0 \frac{\Delta\varphi}{d}$.

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. $\varphi_v = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_3}$; $\varphi'_v = 0$; $\varphi_s = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$; $\varphi'_s = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$.

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. $p_e = \frac{q^2}{32\pi^2\varepsilon_0\varepsilon R^4}$

1.142. $q = Q/2$

1.143. Suureneb 2 korda.

1.144. a) $\sigma_1 = -8,8 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$; $\sigma_2 = -1,9 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$; b) $q_i = -5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

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

1.146. $E = \frac{q}{20\pi\varepsilon_0 h^2} \sqrt{26 - 2\sqrt{5}}$

1.147. a) $E = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 h^2}$, b) $E = \frac{2q}{9\pi\varepsilon_0 h^2}$.

1.148. $q = 4h\sqrt{\pi\varepsilon_0 kx}$

1.149. $F = \frac{(2\sqrt{2}-1)q^2}{8\pi\varepsilon_0 h^2}$, $E = 2(1 - \frac{1}{5\sqrt{5}}) \frac{q}{\pi\varepsilon_0 h^2}$

1.150. $F = 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

1.151. $A = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 h}$

1.152. $F = \frac{(2\sqrt{2}-1)q^2}{32\pi\varepsilon_0 h^2}$

1.153. $F = \frac{3p_e^2}{32\pi\varepsilon_0 h^4}$

1.154. a) $F = \frac{\tau^2}{4\pi\varepsilon_0 h}$; b) $\sigma = \frac{\tau h}{\pi(x^2+h^2)}$

1.155. a) $\sigma_0 = \frac{\tau}{2\pi h}$; b) $\sigma = \frac{\tau}{2\pi\sqrt{x^2+h^2}}$

1.156. a) $\sigma = \frac{qh}{2\pi(h^2+R^2)^{3/2}}$; b) $E = \frac{q}{16\pi\varepsilon_0 h^2(1+\frac{R^2}{4h^2})^{3/2}}$; $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R} (1 - \frac{1}{\sqrt{1+\frac{4h^2}{R^2}}})$.

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

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

1.159. $F = -Rdq^2/4\pi\varepsilon_0(d^2 - R^2)^2$

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

1.161. $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

1.162. a) $\sigma_p = hq(\varepsilon - 1)/2\pi(\varepsilon + 1)r^3$; b) $q_p = q(\varepsilon - 1)/(\varepsilon + 1)$

1.163. $F = \frac{q^2(\varepsilon-1)}{16\pi\varepsilon_0(\varepsilon+1)h^2}$

1.164. $\sigma_p = \frac{(\varepsilon-1)qh}{2\pi(\varepsilon+1)\varepsilon r^3}$

- 1.165. $\sigma_p = \frac{(\varepsilon-1)qh}{2\pi\varepsilon r^3}$
- 1.166. $C = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_1}{1+(\varepsilon-1)\frac{R_1}{R_2}}$
- 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. $\varphi = (C_1\varphi_1 + C_2\varphi_2)/(\varphi_1 + \varphi_2)$
- 1.171. $C = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = 1,2 \text{ pF}$
- 1.172. $C = 800 \text{ pF}$
- 1.173. a) $C_{AB} = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon S}{3d}$, b) $C'_{AB} = \frac{3\varepsilon_0\varepsilon S}{2d}$
- 1.174. $C = \frac{\varepsilon_0 S(2d_0+d)}{2d_0d} = 7,9 \cdot 10^{-11} \text{ F}$
- 1.175. $C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2 S}{\varepsilon_1 d + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)d_1}$
- 1.176. a) $C_j = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2 S}{d(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}$, b) $C_p = \frac{\varepsilon_0 S(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{2d}$
- 1.177. $C = 44 \text{ pF}$
- 1.178. $C \approx 2\pi\varepsilon_0\varepsilon_a$
- 1.179. $C \approx 4\pi\varepsilon_0\varepsilon_a$
- 1.180. $C_{12} \approx \frac{\pi\varepsilon_0}{\ln \frac{b}{a}}$
- 1.181. $C \approx 2\pi\varepsilon_0 / \ln \frac{2b}{a}$
- 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. $U_1 \leq \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) = 9 \text{ kV}$
- 1.185. $C_{AB} = \frac{4C}{3}$
- 1.186. $C = 1,63 \text{ }\mu\text{F}$
- 1.187. $C_x = \frac{C(\sqrt{5}-1)}{2} = 0,62 \text{ C}$
- 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. $C_{ag} = \frac{(-C_1+C_2+C_3)}{2}$, $C_{gf} = \frac{(C_1+C_2-C_3)}{2}$, $C_{af} = \frac{(C_1-C_2+C_3)}{2}$
- 1.190. $U = 100 \text{ V}$
- 1.191. $\frac{E_2}{E_1} = 3/2$
- 1.192. $F = 0,05 \text{ N}$; $U = 1,3 \text{ MV}$; $\sigma = 49 \text{ }\mu\text{C/m}^2$
- 1.193. $\kappa = 5$; $\sigma_p = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$
- 1.194. $E = 300 \text{ kV/m}$; $\sigma = 1,6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$; $\sigma_p = 1,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$; $\kappa = 5$
- 1.195. a) Elektrivälja tugevus väheneb 2 korda, elektrinihe jääb muutumatuks.
b) Elektrivälja tugevus jääb muutumatuks, elektrinihe suureneb 2 korda.
- 1.196. a) $\Delta\sigma = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)U}{d} = 1,77 \cdot 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$; $\sigma_p = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)U}{d} = 1,77 \cdot 10^{-5} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$;
b) $\Delta\sigma = 0$, $\sigma_p = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)U}{\varepsilon d} = 2,53 \cdot 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$.

- 1.197. $\Delta\sigma = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)U}{d}$
- 1.198. $U_2 = 1,8 \text{ kV}$
- 1.199. $U_2 = \frac{2U_1}{(\varepsilon+1)} = 60 \text{ V}$
- 1.200. a) $E_1 = \frac{2\varepsilon E_0}{\varepsilon+1}$, $E_2 = \frac{2E_0}{\varepsilon+1}$, $D_1 = D_2 = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon E_0}{\varepsilon+1}$
b) $E_1 = E_0$, $E_2 = \frac{E_0}{\varepsilon}$, $D_1 = D_2 = \varepsilon_0 E_0$
- 1.201. $E_p = 25 \text{ kV/m}$, $E_0 = 50 \text{ kV/m}$
- 1.202. $E_0 = 175 \text{ kV/m}$
- 1.203. a) $E_1 = E_2 = E_0$, $D_1 = \varepsilon_0 E_0$, $D_2 = \varepsilon_0 \varepsilon E_0$;
b) $E_1 = \frac{2E_0}{\varepsilon+1} = E_2$, $D_1 = D_2 = \frac{2\varepsilon_0 E_0}{\varepsilon+1}$, $D_2 = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon E_0}{\varepsilon+1}$
- 1.204. $E_{vilk} = E_{vasik} = 150 \text{ kV/m}$
- 1.205. $k = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$, $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$, $E_2 = E_1$
- 1.206. $E = 136 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$, $C = 131 \text{ pF}$
- 1.207. $\frac{R_2}{R_1} = e$, kus e on naturaalogaritmi alus.
- 1.208. a) $U_1 = 3880 \text{ V}$, b) $U_2 = 9650 \text{ V}$
- 1.209. Läbilöögi saab esimene kiht pingel 44,5 kV.
- 1.210. $q = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{\varphi_1 - \varphi_2} C_0$
- 1.211. $W_e = \frac{q_1 q_2 + q_1 q_3 + q_2 q_3}{4\pi\varepsilon_0 a} = -63 \mu\text{J}$
- 1.212. $W_e = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
- 1.213. $W = \frac{-q^2}{8\pi\varepsilon_0 d}$
- 1.214. $v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m d}} \approx 160 \text{ m/s}$
- 1.215. $v = \frac{e}{\sqrt{2\pi\varepsilon_0 m d}} \approx 225 \text{ m/s}$
- 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. $\Delta W = \frac{C_1 C_2 (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = 120 \mu\text{J}$
- 1.219. $\Delta W = 3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- 1.220. $q = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
- 1.221. a) $A = -\Delta W$, b) $A = \Delta W$
- 1.222. $A = \frac{\varepsilon_0(d_2 - d_1)SU^2}{2d_1^2} = 0,55 \text{ mJ}$
- 1.223. $A = \frac{q^2(d_0 - d)}{2\varepsilon_0 S}$
- 1.224. $A = \frac{\varepsilon_0 S d_0 U^2}{2(d - d_0)^2} = 12 \text{ mJ}$
- 1.225. a) $\Delta W_1 = -3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$; $A_1 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$;
b) $\Delta W_2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$; $A_2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

- 1.226. a) $A_1 = \Delta W_1 = \frac{\varepsilon \sigma^2 p V}{2 \varepsilon_0 (\varepsilon - 1)} = 9,8 \cdot 10^{-5} J$;
 b) $A_2 = \frac{\sigma^2 p V}{2 \varepsilon_0 (\varepsilon - 1)} = 2,0 \cdot 10^{-5} J$
- 1.227. $C = \varepsilon_0 S (\varepsilon + 1) / 2d$, $E_{\bar{d}} = E_d = 2U / (\varepsilon + 1)d$,
 $\sigma_{\bar{d}} = 2\varepsilon_0 U / (\varepsilon + 1)d$, $\sigma_d = 2\varepsilon_0 \varepsilon U / (\varepsilon + 1)d$, $\Delta W = \frac{\varepsilon_0 (1 - \varepsilon) S U^2}{2(\varepsilon + 1)d}$
- 1.228. $N = (\varepsilon_0 S U^2 / 2x^2) \cdot \frac{dx}{dt}$
- 1.229. $F = \frac{-q^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon S}$
- 1.230. $p_e = 3,2 \cdot 10^4 N/m^2$
- 1.231. $w_e = 2,5 J/m^3$
- 1.232. $q = 1,77 \cdot 10^{-7} C$, $E = 3,34 \cdot 10^5 V/m$, $w_e = 2,9 J/m^3$
- 1.233. $F = \frac{q^2}{2\varepsilon_0 S} = 5,65 \cdot 10^{-4} N$
- 1.234. $U = \sqrt{2F/\varepsilon_0 S} = 1065 V$
- 1.235. $F = \varepsilon_0 \varepsilon^2 S U^2 / 2(\varepsilon d_1 + d_2)^2$
- 1.236. $U = d\sqrt{2mg/\varepsilon_0 S} = 15 kV$
- 1.237. $W_e = 0,18 J$, $F_1 = 7,2 N$, $F_2 = -1,8 N$
- 1.238. $M = nq^2 h / 2\varepsilon_0 \varepsilon R^2 \alpha^2$, kus q on ühe plaadi laeng.
- 1.239. $w_e = 9,4 \cdot 10^{13} J/m^3$
- 1.240. $w_1 = 0$, $w_2 = 0,028 J/m^3$
- 1.241. $\tau = 2,9 \cdot 10^{-7} C/m$, $\sigma_1 = 4,6 \cdot 10^{-6} C/m^2$, $\sigma_2 = 2,3 \cdot 10^{-6} C/m^2$; $W_e = 8,7 \cdot 10^{-5} J$
- 1.242. a) $W_e = 3q^2 / 20\pi \varepsilon_0 R$; b) $\frac{W'_e}{W''_e} = 1/5$
- 1.243. $W_e = \left(\frac{q^2}{8\pi \varepsilon_0 \varepsilon} \right) \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) = 27 mJ$
- 1.244. $W_e = -13,6 eV$
- 1.245. $q = 4,1 \cdot 10^{-18} C$
- 1.246. $v = 1,54 \cdot 10^7 m/s$
- 1.247. $v = 1,46 \cdot 10^7 m/s$
- 1.248. $a = \frac{eU}{rm \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = 10^{15} m/s$; $v = \sqrt{\frac{2eU \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{m \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}} = 5,4 \cdot 10^6 m/s$, $W_{max} = 91 eV$