

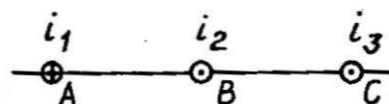
3. Elektromagnetism

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.

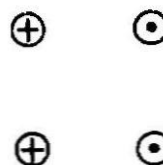


Joon. 3.1.

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 juhtmetes 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 induksioon võrdne nulliga?

3.6 Nelja pika peenikese paralleelse sirgjuhtme lõikepunktid juhtmete risttasandiga 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 induksioon ruudu keskpunktis.

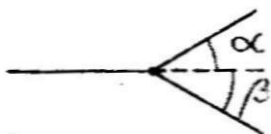


Joon. 3.2.

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 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 induksiooni 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 induksioon 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 induksioon selle nurga poolitajal kaugusel $x = 10$ cm nurga tipust.

3.11 Vooluallika klemmid ühendati ruudukujulise traatkontuuri

vastastippudega. Milline on magnetilise induksiooni väärtus ruudu keskpunktis?

3.12 Juhe moodustab ruudu, mille külje pikkus on 20 cm. Juhet läbib 6 A tugevune vool. Määrata magnetvälja induksioon ruudu keskpunktis.

3.13 Määrata magnetilise induksiooni väärtus ristkülikukujulise kontuuri keskpunktis, kui ristküliku külgede pikkused on a ja b ning kontuuris kulgeva voolu tugevus i .

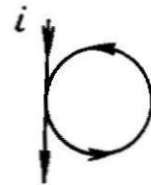
3.14 Puitsilindrile (D, h) on mähitud neli keerdu juhet, mille tasapinnad moodustavad omavahel 45° -sed nurgad. Iga keerd on ristkülik pikkusega h , laiusega D . Mähis algab ja lõpeb ühe otsa keskpunktis. Määrata magnetvälja induksioon silindri telje keskpunktis, kui mähist läbib vool tugevusega i .

- 3.15 Määrata magnetvälja induksioon ühtlasest traadist valmistatud võrdkülgse kolmnurga keskpunktis, kui selle kahele tipule on rakendatud alalispinge.
- 3.16 Milline on magnetilise induksiooni 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 induksioon selle diameetri mis tahes punktis C.
- 3.18 Traatrõnga kaks punkti on ühendatud kauge vooluallikaga radiaalsete juhtmete abil. Üks ühenduskohtadest on liikuv. Kuidas sõltub liugkontakti asendist voolu magnetvälja induksioon rõnga keskpunktis?

3.19 Traaditükist moodustati ümmargune keerd raadiusega R ning ühendati alalispingeallikaga. Kuidas muutub magnetvälja induksioon keeru tsentris, kui sellest traadist moodustada kahekordne keerd raadiusega $R/2$ ning ühendada sama pingeallikaga?

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

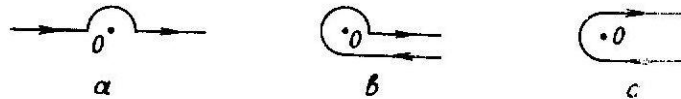
3.21 Magnetnõel on asetatud juhtmekeeru keskpunkti. Juhtmekeeru raadius on 20 cm ning tema tasapind moodustab Maa magnetilise meridiaani tasapinnaga nurga 40° . Millise nurga võrra pöörduv magnetnõel, kui keeru juhtida 6,4 A tugevune vool? Maa magnetvälja horisontaalkomponendi väärtuseks võtta 0,2 Gs.



Joon. 3.4.

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.

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 .



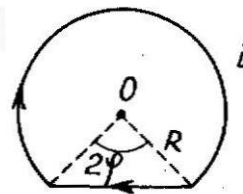
Joon. 3.5.

3.24 Vool $i = 5$ A kulgeb peenikesest

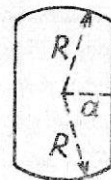
juhtmest valmistatud kontuuris, mis on kujutatud joonisel 3.6. Juhtme painutatud osa raadius $R = 120$ mm ja nurk $2\varphi = 90^\circ$. Leida magnetvälja induksioon punktis O.

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, milledevaheline kaugus on $2a$.

3.26 Puitkerale, raadiusega R , on keritud peenike traat nii, et keerud kulgevad piki suuringjooni, lõikudes ühe ja sama diameetri mõlemates otstes. Keerde on kuus, naaberkeerdude tasapindade vahelised nurgad on 30° . Juhtmes kulgeva voolu tugevus on i . Määrata magnetilise induksiooni väärtus kera tsentris.



Joon. 3.6.



Joon. 3.7.

3.27 Tangensgalvanomeetri moodustab suure läbimõõduga (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 α .

- 3.28 Kondensaator, mille mahtuvus $C = 1 \mu F$, ühendatakse mehaanilise ümberlüüti abil sagedusega $n = 100$ korda sekundis pingeallika klemmidega ning tühjendatakse sama sagedusega läbi tangensgalvanomeetri mähise. Pingeallika klemmipinget $U = 120$ 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 on $R_1 = 10 \Omega$, ning tangensgalvanomeeter. Nõela pöördenurk $\alpha = 60^\circ$. 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, horisontaalasendis pöörelda võiv magnetnõel. Voolutugevused keerdudes on vastavalt i_1 ja i_2 . Nõela pöördenurk on seejuures φ_1 . Kui muuta voolu i_2 suunda, on pöördenurk φ_2 . Arvutada voolu tugevus i_2 . Määrata Maa magnetvälja horisontaalkomponent.
- 3.31 Leida lõpmatult suure, vooluga metalltasandi magnetvälja induksioon, 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. Töötlemise käigus, peaausjalikult hõõrdumise tõttu laadub kile ühtlaselt laengu pindtihedusega σ . Hinnata, milline on σ maksimaalne võimalik väärtus ja sellele vastava magnetilise induksiooni väärtus B pinna vahetus läheduses, kui on teada, et elektrilahendus algab õhus väljatugevusel $E_0 = 20$ kV/cm.
- 3.33 Leida kahe õhukese lõpmatult suure ja paralleelse vooluga plaadi magnetvälja induksioon, kui plaatide pindvoolude joontihedused $\vec{j}_1$ ja $-\vec{j}_1$ on vastavate plaatide kõikides punktides võrdsed.
- 3.34 Vool i kulgeb pikas õhukeses seinas sirgjuhtmes, mille ristlõikeks on poolrõngas. Leida magnetvälja induksioon 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 induksioon 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 siseraadius on R_1 ja välisraadius R_2 , kulgeb vool i . Eeldades, et vool jaotub toru ristlõikes ühtlaselt, leida magnetilise induksiooni 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 kestad kulgevad voolud on vastassuunalised, kuid arvuliselt võrdsed. Määrata magnetiline induksioon kaugusel $r_1 = 5$ mm ja $r_2 = 15$ mm kaabli teljest, kui voolutugevus kaablis on $0,5$ 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 õhukeses seinas 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 induksioon õõnsuses. Vaadelda erijuhtu $\vec{a} = 0$.
- 3.41 Pikas homogeenes silindrilises juhtmes, mille raadius on R , kulgeb alalisvool, mille tihedus on $\vec{j}$. Leida selle voolu magnetvälja induksiooni 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 mähitud kartongist torule. Keerdude tihedus $n = 10 \text{ cm}^{-1}$ ja voolutugevus solenoidis $i = 5$ 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 induktsooni 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. Leida a) magnetvälja induktsoon solenoidi teljel sõltuvalt kaugusest x solenoidi ühe otsani. Saadud tulemus esitada graafiliselt x/R funktsioonina; b) kaugus x_0 solenoidi otsast punktini, kus magnetvälja induktsoon erineb induktsoonist solenoidi keskel $\delta = 1\%$.
- 3.46 Solenoid, mille diameeter $d = 10$ cm, on mähitud peenikesest traadist, keerd keeru kõrvale. Leida solenoidi minimaalne pikkus, mille korral magnetiline induktsoon solenoidi keskel erineb mitte rohkem kui $\delta = 0,5\%$ sama keerdude tihedusega lõpmatult pika solenoidi magnetilisest induktsoonist. Voolutugevused on mõlemal juhul võrdsed.
- 3.47 Pika dielektrikust silindri pinnal jaotub ühtlaselt laeng, kusjuures laengu joontihedus $\tau = 10^{-5}$ C/m. Silinder pandi pöörlema ümber oma telje sagedusega $\nu = 100$ pöörat /sekundis. Leida tekkinud magnetvälja induktsoon 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 induktsoon spiraali keskpunktis ja spiraali magnetmoment.
- 3.49 Dielektrikust õhukese ketta ühel küljel jaguneb ühtlaselt laeng pindtihedusega σ . Ketta raadius on R ja ta pöörleb ümber oma telje nurksagedusega ω . Leida magnetvälja induktsoon 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 induktsoon toroidi sümmeetriatasandil 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 $S = 15$ cm² ja keerdude arv $N = 500$. Mähises tekitati vool $i = 2,4$ A. Leida magnetvälja induktsooni 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 ω 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 induktsoon 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 Ω . Raami diagonaal on valmistatud samast traadist. Raami ülejäänud kaks vastastippu on ühendatud pingeallikaga, mille klemmipinge on 2 V. Raam asetseb homogeeneses magnetväljas, mis on risti raami tasandiga ning mille induktsoon on 5000 Gs. Määrata raamile mõjuv jõud. Määrata jõud, kui sama pingeallikas on ühendatud tippudega, mida seob diagonaalne juhe.

3.57 Küllalt pikas horisontaalses latis kulgeva voolu tugevus on i_1 . Kui kaugel latist sellega paralleelselt ja samas vertikaaltasandis peab asetsema pikk vaskjuhe 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 Homogeenses ja horisontaalses magnetväljas $B = 0,01$ T ripub alumiiniumvarras, mille alumine ots ulatub elavhõbedavanni (vt. joon. 3.8). Varda pikkus $l = 1$ m, ristlõikepindala $S = 0,1$ cm², ning ta võib pöörelda oma kinnituspunkti ümber. Määrata varda tasakaaluasend, kui teda läbib vool $i = 10$ A.

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

3.61 Peenikeses traadis kulgeva voolu tugevus on i . Leida 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.

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 teise 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.

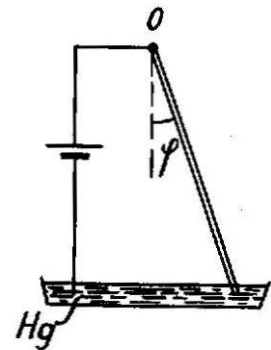
3.65 Õhukeseseinalise pika ja sirge toru raadius on R ja temas kulgeva voolu tugevus i . Leida voolu olemasolust tingitud rõhk toru seintele.

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.

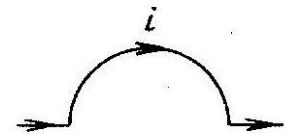
3.67 Lõpmatult pika vooluga sirgjuhtme magnetväljas asetseb teine vooluga sirgjuhtme lõik pikkusega $l = 4$ cm. Mõlemad juhtmed asetsevad ühes ja samas tasandis risti teineteisega, kusjuures juhtmelõigu lähima otsa kaugus lõpmatult pikast juhtmest $r_0 = 2$ cm. Voolutugevused esimeses ja teises juhtmes 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 $a = 10$ cm ja $b = 20$ cm ning pikk vooluga sirgjuhe asetsevad ühes ja samas tasandis, kusjuures külg b on paralleelne juhtmega. Raami lähima külje kaugus juhtmest $x_0 = 5$ cm. Leida raami igale küljele mõjuv jõud, kui voolutugevus juhtmes $i_1 = 5$ A ja raamis $i_2 = 1$ A. Kui suur on raamile mõjuv resultantjõud?



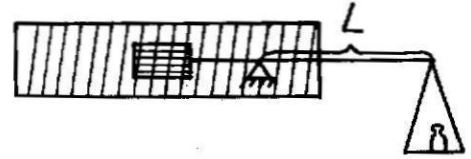
Joon. 3.8.



Joon. 3.9.

- 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 ja 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 cm pikkusega juhtmest on valmistatud kaks kontuuri, üks ringi-, teine ruudukujuline. Kumbagi kontuuri läbib 2 A tugevune vool. Milline pöördemoment mõjub nii ühele kui teisele kontuurile, kui nad asetada homogeensesse magnetvälja, induksiooniga 1000 Gs, nii et kontuuride tasapinnad moodustavad magnetvälja suunaga 45° -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 $i = 10$ A ja ta asukohas homogeenne ning vertikaalne magnetväli $B = 9,3 \cdot 10^{-3}$ T? Juhtme ristlõikepindala $S = 2$ mm².
- 3.73 Galvanomeetri pool, mis ripub homogeensesse magnetvälja $B = 0,1$ T paigutatud niidi otsas, on mähitud peenikesest traadist ristkülikukujulise ristlõikega karkassile külgedega $a = 3$ cm ja $b = 2$ cm, sisaldades $N = 400$ keerdu. Voolutugevus poolis $i = 0,1$ μ 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 induksiooni võrdseks 1000 Gs-ga. Millise nurga võrra pöörduv 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/m². Pooli ristlõikepindala $S = 4,2$ cm². Kui poolis tekitati vool, pöörduv ta nurga $\alpha = 0,5^\circ$ võrra. Kui tugev vool see oli?
- 3.76 Määrata homogeenses magnetväljas $B = 0,1$ T magnetnõelale mõjuv pöördemoment, kui nõela magnetmoment $P_m = 0,2$ Am² 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 Ruudukujuline N keerust koosnev pool võib pöörelda vertikaalse telje ümber, mis läbib horisontaalselt asetsevate vastaskülgede keskpunkte. Pool asetseb horisontaalses magnetväljas, mille induksioon on B . Poolis kulgeva voolu tugevus on i . Määrata voolu suund pooli püsiva tasakaaluasendi puhul. Määrata pooli väikeseamplituudiliste võnkumiste periood nimetatud 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 α . 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 $B_s = 8,8$ Gs.
- 3.81 Pika horisontaalse solenoidi keskele on kinnitatud spiraalvedrude abil pool, mis võib pöörduda solenoidi teljega ristuva telje ümber. Solenoidi keerdude tihedus $n = 5000$ 1/m, pooli keerdude arv $N = 50$, keeru pindala $S = 4,0$ cm²; voolu puudumisel on pooli keeru tasand paralleelne solenoidi teljega. Juhtides voolu pooli ja temaga elektriliselt järjestikku ühendatud solenoidi, pöörduv pool nurga $\alpha = 60^\circ$ võrra. Määrata voolutugevus, kui vedru jäikustegur $k = 6,0 \cdot 10^{-5}$ Nm/rad (vedru jäikustegur on arvuliselt võrdne pöördemomendiga, mille mõjul vedru keerdub nurga $\alpha = 1$ 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 .



Joon. 3.10.

Kuidas mõjub solenoid märgatav lühendamise tasakaalustamiseks vajaliku koormuse suurusele? Kas võib 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 ringvool mõjutab teist.

Töö vooluga juhtme liikumisel magnetväljas

3.85 10 cm pikkune juhe, mida läbib 100 A tugevune vool, on asetatud homogeenses 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 juhtmekeer, mille pindala $S = 100$ cm². Voolutugevus juhtmekeeru $i = 3$ 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 $B = 0,12$ Gs.

3.89 Ruudukujuline traadist kontuur, külje pikkusega 10 cm ning vooluga 6 A, ripub vabalt homogeenses magnetväljas, mille induksioon on 10 000 Gs. Millist tööd tuleb teha, et pöörata kontuuri 180° võrra ümber magnetväljaga risti asetseva telje? Voolutugevus kontuuri pöördumise käigus lugeda konstantseks.

3.90 Juhtmekeer, milles kulgeb vool $i = 20$ A, asetseb vabalt homogeenses magnetväljas $B = 0,016$ T. Keeru diameeter $d = 10$ cm. Kui palju tuleb teha tööd a) juhtmekeeru eemaldamiseks magnetväljast, b) keeru pööramiseks ümber tema diameetri nurga $\alpha_1 = \pi/2$ ja $\alpha_2 = \pi$ võrra?

3.91 Homogeenses magnetväljas $B = 8000$ Gs paikneb ruudukujulise ristlõikega lühike pool, mille külje pikkus $a = 4$ 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 $i = 5$ 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 ristikülikukujuline kontuur. Kontuur ning juhe paiknevad samas tasandis; kaks pikemat külge, pikkusega 3 cm, on paralleelsed juhtmega. Nende külgede kaugused juhtmest on 4 ja 6 cm. Ristikülikus kulgeva voolu tugevus on 3 A, kuna voolu tugevus sirgjuhtmes on 100 A.

Millist tööd tuleb teha kontuuri nihutamiseks piki tema tasandit, nii et kontuuri keskpunkt eemalduks juhtmest piki selle ristsirget 8 cm võrra ?

3.94 Ülesandes 3.60 kirjeldatud ketas pöörleb sagedusega $\nu = 2$ pöör/s. Milline on sellise mootori võimsus ?

3.95 Ruudukujuline raam, milles kulgeva voolu tugevus $i = 2$ A, asetseb homogeeneses magnetväljas, mille induksioon $B = 1$ T, nii et raami tasapind on risti magnetväljaga. 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 $\cdot$ cm² ja pindala $S = 10^3$ cm². Voolutugevus hoitakse liikumise käigus konstantsena.

3.96 Solenoid, mille amperkeerude arv ühe sentimeetri kohta piki solenoidi telge on 500 ning mille ristlõikepindala on 100 cm², tõmbab enese poole aksiaalset, 10 keerust koosnevat pooli, milles kulgeva voolu tugevus on 1 A. Pooli ristlõikepindala on 1 cm² ning kaal 6 G. Mõjuvate jõudude tagajärjel liigub pool kiirenevalt, saavutades maksimaalse kiiruse solenoidi keskel. Määrata pooli maksimaalne kiirus, lugedes pooli eraldunud soojushulga tühiselt väikeseks.

3.97 Kaks antiparalleelset ringvoolu $i = 2$ A asetsevad teineteisest $d = 10$ cm kaugusel, kusjuures ringvoolude raadiused R on samuti 10 cm. Ühe ringvoolu keskpunktis asetseb väike juhtmekeerd, milles kulgeva voolu tugevus $i_0 = 0,1$ A. Millist tööd tuleb teha juhtmekeeru üleviimiseks teise ringvoolu keskpunkti ? Nii liikumise alg- kui lõppmomendil on kõigi kolme kontuuri tasapinnad teineteisega paralleelsed. Juhtmekeeru pindala $S = 0,1$ cm².

3.98 Kahe ühtivate telgedega pooli magnetmomendid $p_{m1} = 8,0 \cdot 10^{-2}$ A $\cdot$ m² ja $p_{m2} = 12,0 \cdot 10^{-2}$ A $\cdot$ m² ning nende vahemaa $x_0 = 100$ 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 mõjutab teist.

Elektromagnetiline induksioon

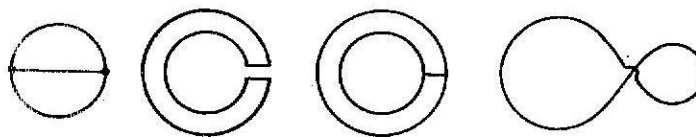
3.99 Elektromagneti pooluste vahele, kus magnetvälja tugevus on 4000 Oe, on asetatud 10-cm läbimõõduga traatsilmus, mille tasand on risti väljaga. Määrata selles silmuses indutseeritava elektromotoorjõu keskmine väärtus magnetpooluste ümberlülitamisel, kui see kestab 0,2 s.

3.100 Joonisel 3.11 kujutatud peenikesest traadist tasapinnalised figuurid asetsevad homogeeneses magnetväljas, mis on risti joonise tasandiga ja suunatud joonise eest joonise taha. Magnetväli hakkab vähenema. Määrata induksioonvoolu suund igas figuuris.

3.101 Juhtmekeerd asetseb

homogeeneses, ajas muutuvas magnetväljas $B = 0,5 (1 + e^{-t})$ (T), mis on risti keeru tasandiga. Leida

juhtmekeerus indutseeritud elektromotoorjõud, kui keeru pindala $S = 1$ m².

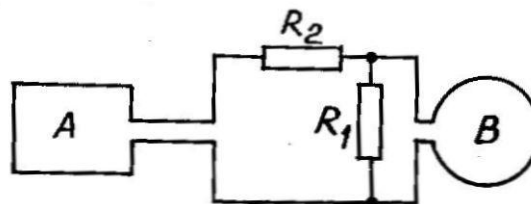


Joon. 3.11.

3.102 Juhtmekeerd, mille raadius $R = 50$ cm, paikneb risti homogeeneses, 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 cm². Mitu pöör/minutis teeb ankur, kui temas indutseeritava elektromotoorjõu maksimaalne väärtus on 200 V?

3.104 Kontuurid A ja B (vt. joon. 3.12) asetsevad muutuvates magnetväljades. Magnetvoogude muutumisseadused kontuuris A ja B on vastavalt $\Phi_A = k_A t$ ja $\Phi_B = k_B t$. Vooluringi ülejäänud osades väline magnetväli puudub. Leida



Joon. 3.12.

voolutugevused mõlemas kontuuris, kui $R_1 = 100 \, \Omega$, $R_2 = 200 \, \Omega$, $k_A = 100 \, \text{Wb/s}$ ja $k_B = 60 \, \text{Wb/s}$.

3.105 Vasest juhtmekeerud hõlmab trafosüdamikku. Voolu muutumise tõttu trafo mähises muutub magnetvoog trafosüdamikus ühtlaselt kiirusega $-30 \, \text{Wb/s}$. Punktid M ja N jaotvad juhtmekeeru kahte ossa 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?

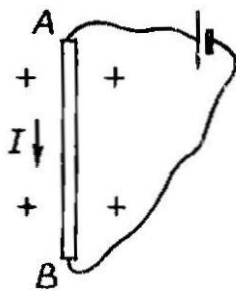
3.106 Tasapinnaline spiraal, mille keerdude arv N on väga suur, asetseb spiraali tasandiga ristuv homogeenne magnetväljas $B = B_0 \sin \omega t$. Leida spiraalis indutseeritud elektromotoorjõud, kui spiraali välisraadius on a.

3.107 Lennuk lendab horisontaalselt kiirusega $360 \, \text{km/h}$. Määrata tema tiibade otste potentsiaalide vahe, kui nende ulatus on $30 \, \text{m}$ ja Maa magnetvälja vertikaalkomponent on $0,5 \, \text{Gs}$.

3.108 Homogeenses magnetväljas $B = 1 \, \text{T}$ liigub kulgevast kiirusega $v = 2 \, \text{m/s}$ juhtmelõik, mille pikkus $l = 4 \, \text{cm}$. 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 $l = 1,2 \, \text{m}$ on peenikese juhtme abil ühendatud vooluallikaga $\mathcal{E} = 24 \, \text{V}$ (vt. joon. 3.14). Vooluallika sisetakistus $r = 0,5 \, \Omega$. Sirgjuhe asetseb homogeenne magnetväljas $B = 0,85 \, \text{T}$, mis on risti juhtmega. Leida voolutugevus juhtmes, kui juhtmelõik liigub kiirusega $v = 12,5 \, \text{m/s}$ risti magnetväljaga. Mitu korda muutub voolutugevus vooluringis pärast juhtme seismajäämist? Välise vooluringi kogutakistus $R = 2,5 \, \Omega$.

3.110 $20 \, \text{cm}$ pikkune sirge juhe asetseb homogeenne



Joon. 3.14.

magnetväljas, mille induktsoon on $10\,000 \, \text{Gs}$, 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 $25 \, \text{m/s}$ risti selle jõujoontega? Kui suur on seejuures kulutatav võimsus?

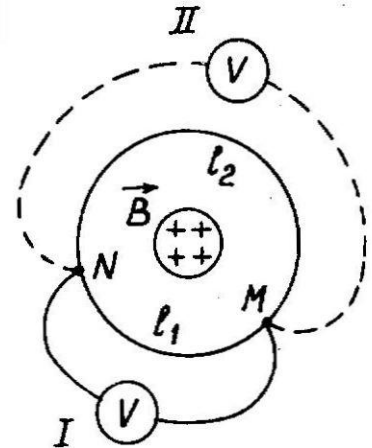
3.111 Kulgegu raudtee paralleelselt magnetilise meridiaani tasandiga. Olgu relsid isoleeritud nii maast kui ka teineteisest. Raudteel liigub rong kiirusega $60 \, \text{km/h}$. Relssidevaheline kaugus on $1,2 \, \text{m}$ ja Maa magnetvälja vertikaalkomponent $0,5 \, \text{Gs}$. Mida näitab relsside 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 2α all ja paigutatud homogeenne 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 ρ_l .

3.113 Peenikesest traadist rõngas, mille raadius on R , asetseb rõnga tasandiga ristuv homogeenne 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 homogeenne magnetvälja, mis on risti juhtme tasandiga. Ajahetkel $t = 0$ hakkab parabooli tipust libisema y -telje suunas jääva kiirendusega w juhtmel lelav sirgjuhtme lõik, mis on risti y -teljega. Leida kirjeldatud kontuuris voolu indutseeriv elektromotoorjõud sõltuvalt sirge juhtmelõigu y -koordinaadist.

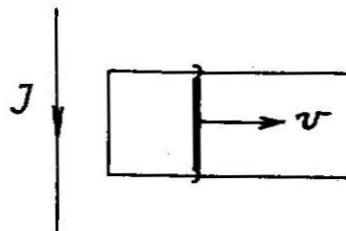


Joon. 3.13.

3.115 Piki kahte paralleelset sirgjuhet libiseb ühtlaselt kiirusega $v = 2 \text{ m/s}$ sirgjuhtme lõik, mis on risti juhtmetega. Juhtmete vahemaa $d = 40 \text{ cm}$ ja nad asetsevad juhtmete tasandiga ristuvates homogeenes magnetväljas $B = 0,5 \text{ Gs}$. Juhtmete ühed otsad on ühendatud omavahel takistiga $R_1 = 1000 \Omega$, teised otsad takistiga $R_2 = 500 \Omega$. 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 homogeenes magnetväljas B , mis on risti lattide tasandiga. Piki latte võib libiseda nendega ristuv metallvarras, mille mass on m . Ajahetkel $t = 0$ anti vardale algkiirus v_0 ning ta hakkas eemalduma takistiga ühendatud otstest. Jättes arvestamata lattide ja varda takistuse ning induktiivsuse, leida: a) vahemaa, mille läbib varras kuni seismajäämiseni, b) seejuures takisti R eralduv soojushulk.

3.117 Pikas sirgjuhtmes kulgeb vool i ning tema magnetväljas asetseb Π – 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. Π – kujulise juhtme takistus ja induktiivsus on tühiselt väikesed. Leida kontuuris indutseeritud voolutugevus sõltuvalt liikuva juhtme kaugusest x vooluga sirgjuhtmeni.



Жооп. 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 elektromotoorjõud, sõltuvalt raami juhtmepoolse külje b kaugusest x juhtmeni, ning induktioonvoolu 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 Π – kujuline juhe asetseb homogeenes magnetväljas, mis on risti juhtme tasandiga ja muutub ajas kiirusega $dB/dt = 0,1 \text{ T/s}$. 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 ajahetkel $t = 2 \text{ s}$ 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 homogeenes 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 vasklati ülemise otsaga. Lattide vahemaa on l . Lattidel võib langeda neid sildav horisontaalne juhtmelõik, mille mass on m . Kogu süsteem asetseb homogeenes 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 tühiselt 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 induktatsioon on B , asetseb risti lattide tasandiga. Piki latte langeb algkiirusega 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.

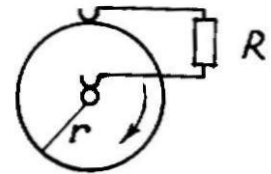
3.124 Ristkülikukujuline raam, külgede pikkustega a ja b , asetseb lõpmatult pika vooluga sirgjuhtmega samas tasandis, kusjuures küljed b on paralleelsed juhtmega ning lähemal asetseva külje kaugus juhtmest $d > a$. Milline laeng läbib raami moodustava juhtme mis tahes ristlõiget raami pööramisel ümber juhtmele lähemal asetseva külje 180° võrra? Sirgvoolu tugevus on i , raami moodustava juhtme ristlõikepindala S ja materjali eritakistus ρ .

3.125 Homogeenses magnetväljas, mille tugevus 100 Oe , pöörleb ühtlaselt nurkkiirusega 100 rad/s metallvarb, pikkusega $0,2 \text{ m}$. Määrata elektromagnetilise induktsiooni 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 ν homogeenses magnetväljas B . Pöörlemistelg läbib varrast, kusjuures varda pöörlemistasand on risti magnetväljaga. Leida varda otstel indutseeritud potentsiaalide vahe sõltuvus pöörlemistelje 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 $\frac{1}{4}$?

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 kettaga 10 -oomist takistust ning ampermeetrit sisaldava vooluringi. 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 ν vaskketas, mille raadius on r . Pöörlemistelg on paralleelne magnetväljaga ning ketas ise on ühendatud takistiga R liugkontaktide abil (vt. joon. 3.16). Määrata ketta pöörlemisel tekkiv induktsioonielektromotoorjõud; laeng, mis läbib vooluringi 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 $l = 2 \text{ m}$, ripub raske kerake. Traat võib võnkuda vertikaaltasandis risti magnetväljaga, mille induktsioon $B = 0,25 \text{ mGs}$. 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 ω 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 ω ümber telje a . Raam asetseb homogeenses, siinuseliselt muutuvas magnetväljas, mille nurksagedus on ω' 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 induktsiooni amplituudväärtus.

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 eemaldada magnetväljast? Pooli takistus $R = 2 \Omega$.

3.133 2-oomise takistusega ning 40-cm^2 pindalaga juhtmekeerd on asetatud homogeensesse 1000-Gs induktsiooniga magnetvälja; keeru tasand on paralleelne välja jõujoontega. Milline laeng läbib keeru ristlõiget, kui seda pöörata 30° võrra ümber magnetväljaga risti asetseva diameetri?

3.134 Vasktraadist juhtmekeerd asetseb keeruga ristuvast homogeenses 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 Vaksrõngas ($m = 5 \text{ kg}$) 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 τ 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 di/dt . Leida indutseeritud pööriselektrivälja tugevuse mooduli sõltuvus kaugusest r solenoidi teljeni.

3.138 Pikka solenoidi, mille läbimõõt $d = 5 \text{ cm}$ ja keerdude tihedus $n = 20 \text{ 1/cm}$, ümbritseb tihedalt vasktraadist rõngas. Traadi ristlõikepindala $S = 1 \text{ mm}^2$. Leida voolutugevus rõngas, kui vool solenoidis muutub kiirusega $di/dt = 100 \text{ A/s}$. Rõnga induktiivsust pole 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 p . 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 tekitatavatele laetud osakestele mõjuvate Lorenzi jõudude resultant. Vooluga juhtme liikumisel magnetväljas teeb Ampere'i jõud tööd, samal ajal kui Lorenzi jõud töö on null. Kuidas seda vastuolu seletada?

Eneseinduktsioon

3.142 Mitu keerdu $0,4 \text{ mm}$ läbimõõduga isoleeritud traati peab mähkima $2 - \text{cm}$ läbimõõduga kartongist silindrile, et saada ühekihiline pool induktiivsusega 1 mH ? Keerud asetatakse tihedalt üksteise vastu.

3.143 Solenoid on mähitus vasktraadist, mille ristlõikepindala $s = 1 \text{ mm}^2$ ning kogutakistus $R = 0,2 \text{ oomi}$. Solenoidi pikkus $l = 25 \text{ cm}$. Määrata solenoidi induktiivsust.

3.144 Arvutada vasktraadist mähitud ühekihilise solenoidi relaksatsiooniaeg, kui solenoidi pikkus $l = 1,0 \text{ m}$ ja kasutatud traadi mass $m = 1,0 \text{ kg}$. 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 induktiivsust.

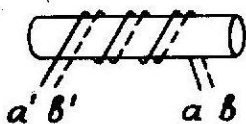
3.146 Leida ruudukujulise ristlõikega toroidaalse mähise induktiivsust, kui ruud külje pikkus on a , mähise sieraadius b ning keerdude arv N . Südamiku suhteline magnetiline läbitavus $\mu = 1$.

3.147 Leida koaksiaalkaabli induktiivsust ühikulise pikkusega lõigu kohta, kui kaabli soone raadius $a = 0,5 \text{ mm}$ ja väliskesta raadius $b = 5 \text{ mm}$. Kaabli dielektriku suhteline magnetiline läbitavus $\mu = 1$.

3.148 Peenikeses sirgjuhtmes kulgev vool pöördub tagasi koaksiaalst õhukeseseinalist vasksilindrit mööda. Traadi ja silindri läbimõõdud on vastavalt a ja b , nende pikkused l . Leida süsteemi induktiivsust.

3.149 Leida kahesoonlyse õhuliini induktiivsust 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 induktiivsust on $0,05 \text{ H}$. Milline on kogu mähise induktiivsust, kui ühendada mähiste otsad a' ja b' , a ja b' või a' ja b' ning a ja b ?

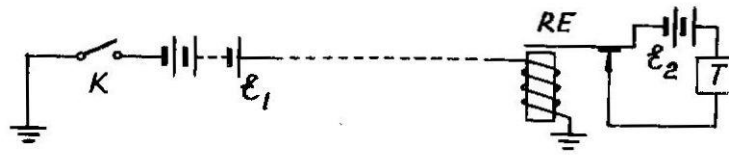


Joon. 3.17.

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^2 .

3.152 Kuidas muutub ajast sõltuvalt voolutugevus suure induktiivsusega

pooli ühendamisel vooluallikaga? Analüüsida sõltuvust voolu algstaadiumidel, lugedes oomilise takistuse

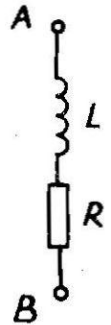


Joon. 3.18.

seejuures tühiselt väikeseks.

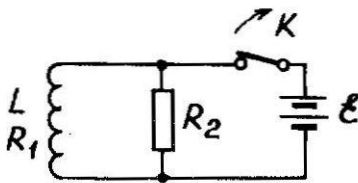
3.153 Joonisel 3.18 on telegraafside elektriline skeem. Sidejaoskonnas töötavat telegraafiaparaati T toidab kohalik vooluallikas $\mathcal{E}_2$. See vooluallikas lülitatakse vooluringi relee RE abil, mida tüürib vool telegraafiliinis. Relee käivitub, kui selles voolutugevus $i = 0,2$ A. Vooluallikas $\mathcal{E}_1 = 20$ V, vooluringi kogutakistus $R = 80 \Omega$, induktiivsus $L = 0,8$ H. Kui palju aega kulub pärast lüliti K sulgemist, enne kui sulgub telegraafiaparaadi vooluring sidejaoskonnas?

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



Joon. 3.19.

3.155 Joonisel 3.20 kujutatud vooluringis $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 95 \Omega$, $L = 0,34$ H ja $\mathcal{E} = 38$ V.



Joon. 3.20.

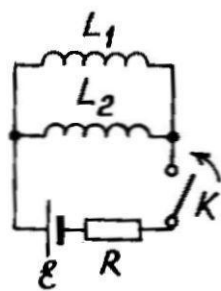
Vooluallika sisetakistus on kaduvväike. Leida

voolutugevus läbi takisti R_2 kolmel alljärgneval juhtumil: a) enne lüliti K avamist, b) kohe pärast lüliti K avamist, c) $\tau = 0,01$ s pärast lüliti K avamist.

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

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.



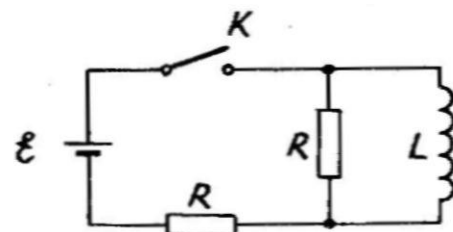
Joon. 3.22.

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 $\mathcal{E} = 3,0$ V. Milline soojushulk eraldub poolis, kui vooluallikas välja lülitada?

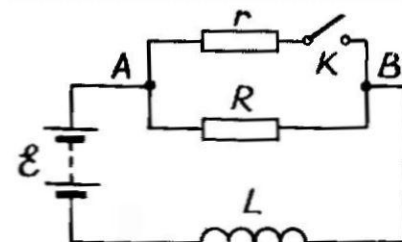
3.159 Pappsilindri, mille pikkus $l = 50$ cm ja diameeter $D = 3$ cm, on mähitud keerd keeru kõrvale ühekihiline vasktraadist mähis. Traadi läbimõõt $d = 1$ mm. Mähise otsad ühendatakse

ajahetkel $t = 0$ vooluallikaga, mille elektromotoorjõud $\mathcal{E} = 1,4$ V. Leida ajavahemik, mille möödumisel on vool saavutanud poole oma maksimaalsest väärtusest. Kui suur soojushulk eraldub poolis selle aja jooksul? Vooluallika sisetakistust pole vaja arvestada.

3.160 Joonisel 3.23 kujutatud vooluringi andmed on järgmised:



Joon. 3.21.



Joon. 3.23.

$\mathcal{E} = 24 \text{ V}$, $R = 2400 \text{ } \Omega$, $L = 10 \text{ H}$, $r = 2400/99 \text{ } \Omega$. Kirjeldada vooluringis toimuvaid nähtusi lüliti K sulgemisel ja avamisel. Leida avaldi punktide A ja B vahelise pinge arvutamiseks. Milline see on vahetult pärast vooluringi avamist ?

Vastastikune induktioon

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 $L_1 = 0,5 \text{ H}$ ja $L_2 = 0,7 \text{ H}$. Määrata mähiste vastastikune induktiivsus, kui $\mu = 1$.

3.163 Kaks pooli, induktiivsustega $L_1 = 5 \text{ mH}$ ja $L_2 = 3 \text{ mH}$, 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 sirgujuhe ja riskülikukujuline traadist raam külgedega a ja b asetsevad ühes ja samas tasandis. Küljed b on sirgujuhtmega paralleelsed, lähima külje kaugus juhtmest on x. Leida süsteemi vastastikune induktiivsus.

3.165 Leida toroidaalse mähise ja tema teljel asetseva pika sirgujuhtme vastastikune induktiivsus. Mähise ristlõige on riskülik, mille juhtmega paralleelse külje pikkus on h. Mähise siseraadius on a, välisraadius b ja keerdude arv N. Aine suhteline magnetiline läbitavus on μ .

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 α 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 nikkelisilinder, mille diameeter $D = 8 \text{ mm}$, kõrgus $h = 2 \text{ cm}$ ning seina paksus $a = 0,1 \text{ mm}$. Anood asetseb koaksiaalselt jämedast traadist valmistatud pooliga, mille keerdude arv $N = 15$ ning millest läbi juhitava kõrgsagedusvoolu ($\nu = 10^5 \text{ Hz}$) tugevus $I_e = 50 \text{ A}$. Nikli eritakistus $\rho = 7 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, pooli kõrgus $H = 10 \text{ cm}$. Jätta arvestamata Foucault' voolude magnetvälja olemasolu, arvutada silindris iga sekundi jooksul eralduv soojushulk Q.

3.171 Eelmise ülesandes kirjeldatud pooli sisemuses asetseb plaatinast ketas, mille telg ühtib pooli teljega ning mille diameeter $D = 2 \text{ cm}$, paksus $h = 0,5 \text{ mm}$. 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 $2,5 \text{ A}$, tekib rõngas magnetväli, mille induktioon on $14\,000 \text{ Gs}$. 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 induktioon 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 $D = 16 \text{ cm}$ ning ristlõikepindala $S = 10 \text{ cm}^2$. Määrata induktsoonivoog läbi südamiku ristlõike ja südamiku materjali suhteline magnetiline läbitavus järgmistel tingimustel: a) ühe pooli ühendamisel pingesallikaga, mille klemmipinge $U = 64 \text{ V}$; b) poolide järjestikuse ühendamisel sama pingesallikaga; c) poolide paralleelse ühendamisel pingesallikaga.

3.176 Terassüdamikuga peenikesest traadist toroidaalse mähise keerdude arv $N = 800$, keskmine läbimõõt $D = 30 \text{ cm}$ ja ristlõikepindala $S = 1,6 \text{ cm}^2$. Sama südamik on ümbritsetud juhtmekeeruga, mille otsad on ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Kui mähisesse juhiti alalisvool $i = 1,8 \text{ A}$, andis ballistiline galvanomeeter hälbe, mis vastas teda läbinud laengule $q = 0,24 \text{ mC}$. Teades, et galvanomeetri takistus $R = 0,8 \Omega$, leida magnetvälja tugevus ja induktsoon terassüdamikus, samuti terase magneetumus ja suhteline magnetiline läbitavus, mis vastab voolule $1,8 \text{ A}$. 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 jääinduktsioon B_j ja jäämagneetumus J_j .

3.178 Toroidaalse mähise sees on õhupiluga raudsüdamik, mille keskmine pikkus $l_1 = 1,0 \text{ m}$. Õhupilu laius $l_2 = 3 \text{ mm}$ ja mähise keerdude arv $N = 1300$. Kui mähisesse juhiti vool, saavutas magnetvälja induktsoon pilus väärtuse $B_2 = 1,0 \text{ T}$. Leida voolutugevus mähises.

3.179 Toroidaalse mähise sees on õhupiluga eelnevalt magneetimata raudsüdamik, mille pikkus $l_1 = 0,5 \text{ m}$. Õhupilu laius $l_2 = 1,0 \text{ mm}$ ja mähise keerdude arv $N = 800$. Mähises tekitati vool $i = 1,5 \text{ A}$. Leida magnetvälja induktsoon õhupilus ja raudsüdamikus.

3.180 Kahel võrdse raadiusega $r = 10 \text{ cm}$ peenikesel raudrõngal on ühesugused toroidaalsed mähised, kumbki keerdude arvuga $N = 100$. Ühel rõngal on õhupilu, paksusega $d = 1 \text{ mm}$. Kui tugev vool tuleks juhtida piluga rõnga mähisesse, et tekitada selles niisama suur magnetvälja induktsoon kui tekitab piluta rõnga mähises vool $i_1 = 1,25 \text{ A}$?

Magnetvälja energia

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

3.182 Peenike, ühtlaselt laetud rõngas, mille raadius $R = 20 \text{ cm}$, pöörleb ümber oma telje nurkkiirusega $\omega = 100 \text{ rad/s}$. 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 kaduvvääikeseks.

3.184 Toroidaalne pool koosneb kahest peaaegu ühesugusest mähisest, milledest üks asetseb teise sees. Kummagi pooli keerdude arv $N = 1000$, toroidi keskmine pikkus $l = 25 \text{ cm}$, ristlõikepindala $S = 1 \text{ cm}^2$ ja aine suhteline magnetiline läbitavus $\mu = 1$. Pooli juhiti vool $i = 5 \text{ A}$. Leida pooli magnetvälja energia, kui mõlemate mähiste magnetväljad on samasuunalised. Kuidas muutub see energia, kui üks poolidest välja lülitada?

3.185 Leida magnetvälja energia raudsüdamikus, mille ruumala $V = 400 \text{ cm}^3$, kui magnetvälja induktsoon südamikus $B = 1,2 \text{ T}$.

3.186 Teatud voolu korral on pikas solenoidis magnetvälja energia ruumtihedus $W_1 = 0,2 \text{ J/m}^3$. Mitu korda suureneb energia tihedus, kui sama voolu juures asetada solenoidi raudsüdamik?

3.187 Rauast toroidile on mähitud $N = 500$ keerdu. Leida magnetvälja energia, kui mähisesse juhitud voolu $i = 2,0 \text{ A}$ korral magnetvoog läi toroidi ristlõike $\Phi = 1,0 \text{ mWb}$.

3.188 Rauast toroidile keritud mähise keerdude arv $N = 1000$ ja teda läbib vool $i = 1,0 \text{ A}$. Toroidi keskmine raadius $R = 32 \text{ cm}$ ning tema ristlõike raadius $r = 3,0 \text{ cm}$. 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 $S = 4,0$ cm² ja keskmine läbimõõt $D = 30$ cm.
- 3.190 Peenikesele õhupiluga toroidikujulisele magneetikule, mille keskmine läbimõõt $D = 30$ cm, on keritud $N = 800$ keerust koosnev mähis. Toroidi ristlõikepindala $S = 5,0$ cm² ja pilu laius $b = 2,0$ mm. Kui mähisesse juhiti vool, siis oli aine magnetiline läbitavus $\mu = 1400$. Leida: a) õhupilusse ja magneetikusse salvestatud magnetvälja energiatega suhe, b) süsteemi induktiivsus.

Nihkevool

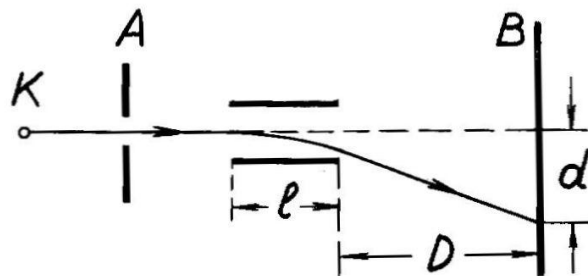
- 3.191 Radioaktiivse ainega ühtlaselt kaetud kera pind emiteerib elektrone. Leida seejuurs tekkiva radiaalse voolu magnetiline induksioon kera lähedal.
- 3.192 Sfäärilise kondensaatori katetevaheline ruum on täidetud homogeenne, elektrit halvasti juhtiva ainega, mille eritakistus on ρ ja suhteline dielektriline läbitavus ε . 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 ketast. Ruum nende vahel on täidetud homogeenne, elektrit halvasti juhtiva keskkonnaga. Kondensaator laeti ja lahutati pingeallikast. Jättes arvestamata ääreeffekti, tõestada, et magnetväli kondensaatoris puudub.
- 3.194 Plaatkondensaator, mille katte pindala $S = 100$ cm², on ühendatud vahelduvvooluvõrku. Leida elektrivälja tugevuse amplituudväärtus kondensaatoris, kui voolutugevuse amplituudväärtus kondensaatori ühendusjuhtmetes $I_m = 1,0$ mA ja voolu nurksagedus $\omega = 1,6 \cdot 10^7$ rad/s.
- 3.195 Plaatkondensaatori kateteks on kaks ühesugust ketast, millede vahemaa on d . Katetevahelist ruumi täidab homogeenne dielektrik, suhtelise läbitavusega ε . Katetele on rakendatud pinge $u = U_m \sin \omega t$. Jättes arvestamat ääreeffekti, leida magnetvälja tugevus kondensaatoris.
- 3.196 Plaatkondensaatori kettakujuliste katete vahelist ruumi täidab homogeenne elektrit halvasti juhtiv keskkond, mille erijuhtivus on σ ja suhteline dielektriline läbitavus ε . Katete vahemaa on d ja neile on rakendatud pinge $u = U_m \cos \omega t$. Jättes arvestamat ääreeffekti, 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 arvestamat ääreeffekti, leida magnetvälja tugevuse hetkväärtus kondensaatoris, kui voolutugevuse hetkväärtus sädekanalis on i .
- 3.198 Pika vaakuumis 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 magnetväljas

- 3.199 Plaatkondensaatori katete vahemaa on 1 cm. Ühelt plaadilt hakkavad elektrivälja mõjul samaaegselt liikuma prooton ja α -osake. Kui pika tee on läbinud α -osake momendil, mil prooton jõuab teisele kettale?

- 3.200 Prooton ja α -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



Joon. 3.24.

plaatide pikkus on l , satuvad elektronid fluorestseeruvale ekraanile B, mis asub kondensaatorist kaugusel D. Kui kondensaatoris tekitada elektrivälja, nihkub helenduv punkt ekraanil d võrra. Määrata elektrivälja tugevus E kondensaatoris.

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 cm , nende pikkus 10 cm , kondensaatori pinge 20 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 riskülikukujulised ning külg $b = 5,0\text{ cm}$ on paralleelne 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 riskülikukujulised; 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 kattelst tühiselt väikese algkiirusega elektron. Katetele on rakendatud kiirendav pinge $u = kt$, 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} cm kaugusel trajektooriga, kui elektroni kiirus on 10^8 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 ekvipotentsiaalpindade vahe $U = 1\text{ kV}$, satub homogeensesse magnetvälja, mille suund on risti elektroni kiirusega. Milline on elektroni trajektoori, kui magnetvälja induktioon on 10^{-5} 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 tiirlemis-sagedus.

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 induktioon on B , risti väljaga. Määrata elektroni impulssmoment.

3.213 Elektron liigub kiirusega v magnetväljas, mille induktioon on B , risti väljaga. Määrata selle elektroniga 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 $\vec{p}_m$ ja $\vec{l}$?

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 induktioon tsüklotronis on $0,65\text{ T}$. 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 $W = 4\text{ MeV}$. Prootoni algkiirus on kaduvväike. Ajal, mil prooton läbib duantidevahelist ruumi, on pinge nendel $U = 20\text{ kV}$. Duantide vahemaa $d = 1\text{ cm}$ ja magnetvälja induktioon $B = 0,8\text{ T}$. Prootoni massi sõltuvus kiirusest jätta arvestamata.

3.218 Tsüklotroni kõrgsagedusgeneraatori sagedus $\nu = 10$ MHz. Leida selle tsüklotroni duantidele rakendatud kõrgsageduspinge, mille korral prootoni trajektoori raadiuse $R = 0,5$ m juures erinevad naabertrajektooride raadiused sellest mitte vähem kui $\Delta R = 1,0$ cm võrra.

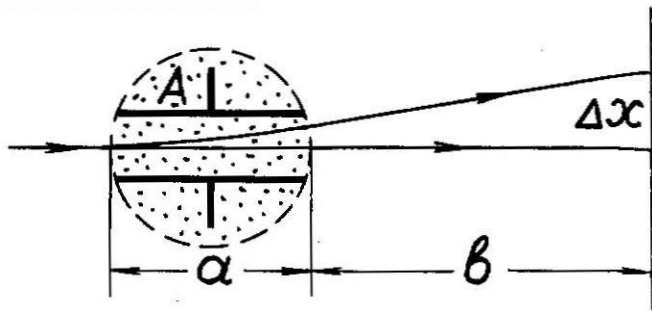
3.219 Tsüklotronis kiirendatakse prootoneid nii, et nende trajektoori kõverusraadiuse maksimaalne väärtus $r = 50$ cm. Leida: a) prootonite energia kiirendustsükli lõpuks, kui magnetvälja induksioon tsüklotronis $B = 1,0$ T; b) tsüklotroni kõrgsagedusgeneraatori minimaalne sagedus, mille korral prootoni 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 homogeenne 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 punktikujulist helendavat 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 homogeenne elektri – ja magnetväljad, mille väljatugevus ja induksioon on vastavalt E ja B . Kui magnetväli välja lülitada, hälbib osakeste jälg ekraanil Δx võrra. Teades lõikude a ja b pikkusi, leida osakeste erilaeng.

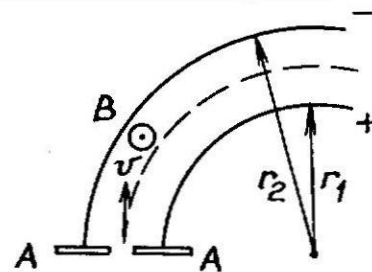


Joon. 3.25.

3.224 Televisioritoru 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 elektronkiir; 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 α -osake, mille energia on W . Kui suur pinge tuleb rakendada kondensaatorile, et α -osake läbiks kondensaatori võrdse kaugusel kummastki kattest? Välimise katte potentsiaal on sisemise suhtes negatiivne.



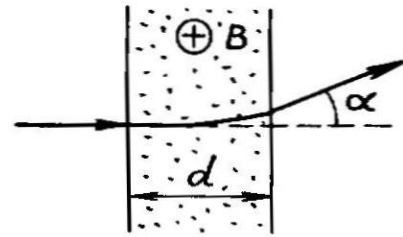
Joon. 3.26.

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 homogeenneesse magnetvälja $B = 0,51$ T. Magnetväljaga piirkonna ulatus $d = 10$ cm (vt. joon. 3.27). Leida magnetväljast väljunud prootoni kõrvalekalde nurk oma esialgsest suunast.

3.228 Prooton, liikudes kiirusega 20 km/s, satub homogeensesse 30 Oe tugevusesse magnetvälja, tema kiirus moodustab välja suunaga 30° -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 homogeensesse magnetvälja $B = 15$ mT, mille suund ühtib vektoriga $\vec{v}_0$. Määrata elektroni trajektoor magnetväljas.



Joon. 3.27.

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 elektronikiiretorus 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⁻¹. Kui juhtida solenoidi järjest tugevnevat voolu, muutub esialgu ähmane 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 α -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 α . Magnetvälja induksioon on B. Punktist A kaugusel l risti solenoidi teljega asetseb ekraan. Kui kaugel solenoidi teljest satub elektron ekraanile?

3.234 Silindrilise sirgujuhtme 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 osakeses kiirus ja tema trajektoori kõverusraadius, eeldades, et voolu kasvamise käigus on tema nihe tühiselt väike.

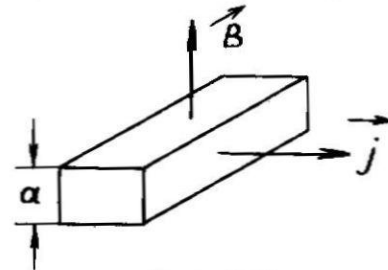
3.239 Magnetvoog läbi elektroni tasakaalulise orbiidi kasvab beetatronis peaaegu konstantse kiirusega $d\phi/dt = 5 \text{ Wb/s}$. Orbiidi raadius $r = 25 \text{ cm}$. Kiirendusprotsessi lõpuks omandavad elektronid energia $W = 25 \text{ MeV}$. Leida elektroni täistiirude arv orbiidil kiirendusprotsessi vältel ja tema poolt selle aja jooksul läbitud tee.

3.240 Tõestada, et elektronid tiirlevad beetatronis konstantse raadiusega ringorbiitidel siis, kui magnetvälja induksioon orbiidi asukohas on võrdne poolega orbiidi poolt ümbritsetud magnetvälja induksiooni keskmisest 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 sulametalliga täidetud toru lõikudest homogeenses magnetväljas $\vec{B}$. Läbi selle torulõigu juhitakse alalisvool i nii, et voolu tihedus $\vec{j}$ on risti induksiooniga $\vec{B}$ (vt. joon. 3.28). Leida pumba poolt tekitatud lisarõhk, 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 $i = 10 \text{ A}$.

Riba paksus $b = 0,1 \text{ mm}$ ning ta on paigutatud homogeensesse magnetvälja $H = 8 \cdot 10^4 \text{ A/m}$, mis on risti riba tasandiga. Leida riba servadevaheline pinge, kui juhtivuselektronide kontsentratsioon $n = 9 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3}$.

3.244 Näidake, et homogeenses magnetväljas B asetsevas vooluga juhis on Halli elektrivälja E_H ja juhis voolu tekitava elektrivälja vahel seos: $\frac{E_H}{E} = \frac{B}{ne\rho}$, kus n on juhtivuselektronide kontsentratsioon ja ρ – juhi aine eritakistus.

3.245 Barlow' katses kasutatava ketta raadius on $0,1 \text{ m}$, voolutugevus ketta vooluringis 6 A , magnetilise induksiooni keskmine väärtus poolustevahelises ruumis $0,1 \text{ T}$. Millises suunas pöörleb ketas, kui magnetväli on suunatud risti ketta tasandiga ketta tagant vaatleja 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 tihedus on n ja voolutugevus i ?

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

3.248 Plaatkondensaator, mille katete vahemaa on d ja katte pindala S , asetseb juhtiva vedeliku voolus. Vedeliku eritakistus on ρ ning ta voolab paralleelselt katetega kiirusega v . Kogu süsteem asetseb homogeenses magnetväljas $\vec{B}$, mis on risti kiirusega $\vec{v}$ ja paralleelne katetega. Katted on ühendatud välistakistiga. Kui suur peab olema välistakistus, et selles eralduv võimsus oleks maksimaalne? Kui suur see võimsus on?

3.249 Pikas silindrilises vaskjuhtmes, mille raadius $R = 5,0 \text{ mm}$, kulgeb vool $i = 50 \text{ A}$. 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 $5,0 \text{ V/cm}$. Voolutihedus oli seejuures 200 A/cm^2 ja homogeense magnetvälja induksioon $1,0 \text{ T}$. Leidke juhtivuselektronide kontsentratsioon vaadeldavas juhis ning võrrelge seda aatomite kontsentratsiooniga.

3.251 Leida juhtivuselektronide liikuvus vaskjuhisis, kui Halli efekti uurimisel leiti, et voolu suhtes ristsihilise elektrivälja tugevus on $3,1 \cdot 10^3$ korda nõrgem pikivälja tugevusest. Mõõtmisi tehti magnetväljas $B = 100 \text{ mT}$.

Vastused

3.1 $B = 17,4 \cdot 10^{-5} T$

3.2 $B = \frac{\mu_0 di}{2\pi r_1 r_2} = 2 \cdot 10^{-5} T$

3.3 3,87 cm juhtmest A vasakul ja 6,36 cm paremal.

3.4 Juhtmetega 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 juhtmetega paralleelsel sirgel, mille kaugus juhtmest vooluga i_1 on 2 cm ja juhtmest vooluga $i_2 - 1$ cm.

3.6 $B = \frac{2\mu_0}{\pi a} i = 8 \cdot 10^{-5} T$

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 $B_1 = \frac{\mu_0 i}{2\pi x} (\sqrt{2} + 1) = 9,7 \cdot 10^{-5} T$, $B_2 = \frac{\mu_0 i}{2\pi x} (\sqrt{2} - 1) = 1,7 \cdot 10^{-5} T$

3.11 $B = 0$

3.12 $B = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 i}{\pi a} = 3,4 \cdot 10^{-5} T$

3.13 $B = \frac{2\mu_0 i}{\pi ab} \sqrt{a^2 + b^2}$

3.14 $B = \frac{2\mu_0 i}{\pi D h} \sqrt{D^2 + h^2} \cdot \sqrt{4 + 2\sqrt{2}}$

3.15 $B = 0$

3.16 $B = \frac{9\mu_0 i}{2\pi a}$

3.17 $B = 0$

3.18 $B = 0$, sõltumata liugkontakti asendist.

3.19 $B = 4B_1$

3.20 $B_1 = \frac{\mu_0 i}{2} \left[\frac{1}{R} + \frac{R^2}{(R^2 + 4a^2)^{\frac{3}{2}}} \right] = 3,3 \cdot 10^{-5} T$, $B_2 = \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} = 1,5 \cdot 10^{-15} T$

3.21 $\delta_1 = 25^\circ$, $\delta_2 = 65^\circ$

3.22 $i \approx 1 A$

3.23 a) $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \pi$; b) $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} (\frac{3}{2}\pi + 1)$; c) $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} (\pi + 2)$

3.24 $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} [\pi - \varphi + tg\varphi] = 2,8 \cdot 10^{-5} T$

3.25 $B = \frac{\mu_0 i}{\pi R} (\arcsin \frac{a}{R} + \frac{\sqrt{R^2 - a^2}}{a})$

3.26 $B = \frac{\mu_0 i}{2R} (\sqrt{3} + 1)\sqrt{2}$

3.27 $i = \frac{2RB_h}{\mu_0 N} tg\alpha$

3.28 $\varphi = \arctg \frac{\mu_0 C U n N}{2RB_h} = 13,5^\circ$

3.29 $R = 3,7\Omega$

3.30 $i_2 = \frac{i_1 R_2}{2R_1} (ctg \varphi_1 - ctg \varphi_2)$; $B_h = \frac{\mu_0 i_1}{4R_1} (ctg \varphi_1 + ctg \varphi_2)$

- 3.31 $B = \frac{\mu_0 j_1}{2}$
- 3.32 $\sigma_{max} = 2\varepsilon_0 E_0 = 35\mu C/m^2$; $B = \frac{\mu_0 \sigma_{max} v}{2} = 3,3 \cdot 10^{-10} T$
- 3.33 $B = \mu_0 j_1$
- 3.34 $B = \frac{\mu_0 i}{\pi^2 R}$
- 3.35 $B_1 = 12,5 \cdot 10^{-5} T$, $B_2 = 20,0 \cdot 10^{-5} T$
- 3.36 Kui $r \ll R_1$, siis $B = 0$; kui $R_1 \leq r \leq R_2$, siis $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi(R_2^2 - R_1^2)}(r - \frac{R_1^2}{r})$;
kui $r > R_2$, siis $b = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$
- 3.37 $B_1 = 2 \cdot 10^{-5} T$, $B_2 = 0$
- 3.38 $\Phi_B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} = 10^{-7} \frac{Wb}{m}$
- 3.39 $\Phi = \frac{\mu_0 i l}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} = 1,6 \cdot 10^{-5} Wb$
- 3.40 $\vec{B} = \frac{\mu_0}{2} [\vec{j}, \vec{a}]$; kui $\vec{a} = 0$, 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 $B_1 = 6,28 \cdot 10^{-3} T$, $B_2 = 3,14 \cdot 10^{-3} T$
- 3.43 $\Phi_B = \frac{\mu_0 n i}{2} S$
- 3.44 $\frac{d}{l} \sqrt{\frac{1}{1-\delta}} - 1 = 0,07$
- 3.45 a) $B = \frac{\mu_0 n i}{2} [1 \mp \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{R}{x})^2}}]$, kus + märk vastab punktide solenoidi sees ja – märk sellest väljaspool;
b) $x_0 = 5R$
- 3.46 $l \geq \frac{d}{\sqrt{\sqrt{\frac{1}{1-\delta}} - 1}} = 2m$
- 3.47 $B_1 = \mu_0 \tau v = 12,6 \cdot 10^{-10} T$; $B_2 = 6,3 \cdot 10^{-10} T$
- 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 $B_1 = 0$; $B_2 = 5 \cdot 10^{-3} T$; $B_3 = 4,35 \cdot 10^{-3} T$
- 3.51 $B_{max} = 4,8 \cdot 10^{-3} T$, $B_{min} = 3,0 \cdot 10^{-3} T$; $\Phi = 56,4 \cdot 10^{-7} Wb$
- 3.52 $P_m = \frac{N d^2 i}{2} = 0,5 A \cdot m^2$
- 3.53 $P_m = \frac{q \omega R^2}{5}$, $P_m / L = \frac{q}{2m}$
- 3.54 $\alpha = 78,5^\circ$
- 3.55 $F = 24 N$
- 3.56 $F_1 = 0,14 N$, $F_2 = 0,17 N$
- 3.57 $d = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi P} l$
- 3.58 $x_1 = \frac{d}{2} + \sqrt{\frac{d^2}{4} - \frac{\mu_0 l i_1 i_2}{4\pi k}}$, $x_2 = \frac{d}{2} + \sqrt{\frac{d^2}{4} + \frac{\mu_0 l i_1 i_2}{4\pi k}}$

- 3.59 $\varphi = \arcsin \frac{iB}{\rho g S} = 22^\circ$
- 3.60 $M = \frac{iBR^2}{2} = 62,5 \cdot 10^{-5} N \cdot m$
- 3.61 $B = \frac{\mu_0 i}{4R}, \quad F = 2iBR$
- 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 $B = \frac{\pi \sigma d^2}{4Ri} = 8 \text{ kT}$
- 3.65 $p = \frac{\mu_0 i^2}{8\pi^2 R^2}$
- 3.66 $p = \frac{B^2}{2\mu_0}$
- 3.67 $F = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi} \ln \frac{r_0+1}{r_0} = 2,2 \cdot 10^{-4} N$
- 3.68 $F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi(r_2-r_1)} \ln \frac{r_2}{r_1} = 5,3 \cdot 10^{-5} N$
- 3.69 $F'_b = 4 \cdot 10^{-6} N, \quad F''_b = 4/3 \cdot 10^{-6} N, \quad F_a = 1,1 \cdot 10^{-6} N, \quad F = 8/3 \cdot 10^{-6} N.$
- 3.70 a) $F = \frac{\mu_0 i_1 i_2 ab}{2\pi c(c+b)}, \quad \text{b) } M = 0, \quad \text{c) } \Phi_M = \frac{\mu_0 i_1 a}{2\pi} \ln \frac{c+b}{c}$
- 3.71 $M_1 = 4,5 \cdot 10^{-4} N \cdot m, \quad M_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} N \cdot m$
- 3.72 $\alpha = \arctg \frac{iB}{2DSg} = 15^\circ$
- 3.73 a) $M = 24 \cdot 10^{-10} N \cdot m; \quad \text{b) } M = 12 \cdot 10^{-10} N \cdot m$
- 3.74 $12^\circ 15'; 4,7 \cdot 10^{-7} A$
- 3.75 $i = \frac{6\pi r^4 \alpha}{2lNSB} = 5 \cdot 10^{-8} N$
- 3.76 $M = 0,01 N \cdot m$
- 3.77 $\varphi = \arctg \frac{2P_m B}{mgl} = 56,8^\circ$
- 3.78 $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Ba^2 Ni}}$
- 3.79 $B_S = \frac{r_1^2}{r_2^2} B \sin \alpha$
- 3.80 $B_h = 1,8 \cdot 10^{-5} T$
- 3.81 $i = \sqrt{k\alpha/\mu_0 nNS \cos \alpha} = 1 A$
- 3.82 $i = \sqrt{\frac{PL}{\mu_0 nNS}}$
- 3.83 $\frac{dB}{dh} = \frac{mg}{i\pi R^2} = 3,1 T/m$
- 3.84 $F = \frac{3\mu_0 \pi R^4 i^2}{2x_0^4} = 24 \cdot 10^{-6} N$
- 3.85 $A = 5 \cdot 10^{-2} J$
- 3.86 $A = 8,3 \cdot 10^{-5} J/m$
- 3.87 $i = 25 A$
- 3.88 $A = 7,2 \cdot 10^{-7} J$
- 3.89 $A = 0,12 J$
- 3.90 $A_1 = A_2 = 2,5 \cdot 10^{-3} J, \quad A_3 = 5 \cdot 10^{-3} J$
- 3.91 $A = 32 \cdot 10^{-3} J$

- 3.92 a) $A = 1,2 \cdot 10^{-7} J$; b) $A = 3,2 \cdot 10^{-7} J$
- 3.93 $A = 4,5 \cdot 10^{-7} J$
- 3.94 $P = \pi R^2 i v B = 7,9 \cdot 10^{-3} W$
- 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 $A = \frac{\mu_0 i_0 i S}{4R} (4 + \sqrt{2}) = 3,4 \cdot 10^{-11} J$
- 3.98 $A = \frac{\mu_0 p_{m1} p_{m2}}{2\pi} \left[\frac{1}{x_0^3} - \frac{1}{(x_0 + a)^3} \right] = 4,8 \cdot 10^{-10} J$, $F = \frac{3\mu_0 p_{m1} p_{m2}}{2\pi x_0^4} = 5,8 \cdot 10^{-9} N$
- 3.99 $\mathcal{E} = 0,03 V$
- 3.100
- 3.101 $\mathcal{E} = 0,5 e^{-t} (V)$
- 3.102 $A = 0,04 \text{ eV}$
- 3.103 $\nu = 478 \text{ p/min}$
- 3.104 $i_A = 0,8 A$; $i_B = 0,2 A$
- 3.105 $U_I = 10 V$, $U_{II} = 20 V$
- 3.106 $\mathcal{E}_0 = \frac{\pi N a^2 B_0 \omega}{3}$
- 3.107 $U = 0,15 V$
- 3.108 $U = 40 \text{ mV}$
- 3.109 Sõltuvalt juhtme liikumise suunast $i_1 = 4 A$ või $i_1 = 12 A$. Paigalolevas juhtmes $i_2 = 8 A$.
Juhtme seismajäämisel vool väheneb 2 korda või suureneb 1,5 korda.
- 3.110 $F = 10 N$, $P = 250 W$
- 3.111 $U = 1 \text{ mV}$
- 3.112 $i = \frac{vB}{\rho_l (1 + \frac{1}{\sin \alpha})}$
- 3.113 $\mathcal{E} = 2vB \sqrt{vt(2R - vt)}$
- 3.114 $\mathcal{E} = \sqrt{\frac{8W}{a}} B y$
- 3.115 $i = 0,12 \mu A$
- 3.116 $\Delta S = \frac{mRv_0}{B^2 d^2}$, $Q = \frac{mv_0^2}{2}$
- 3.117 $i = \frac{\mu_0 I v d}{2\pi R x}$
- 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 $v = \frac{mgR}{B^2 d^2 - mgk}$; 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 $q = \frac{\mu_0 l b S}{4\pi \rho (a+b)} \ln \frac{d+a}{d-a}$
- 3.125 $\mathcal{E} = 20 \text{ mV}$

$$3.126 \ U = \pi v B [x^2 - (1-x)^2], \quad U = \begin{cases} \pi v B l^2, & \text{kui } x = l \\ 0, & \text{kui } x = \frac{l}{2} \\ \frac{\pi v B l^2}{2}, & \text{kui } x = \frac{3}{4} \end{cases}$$

$$3.127 \ i = 314 \text{ mA}$$

$$3.128 \ \mathcal{E} = \pi v r^2 B, \quad q = \frac{\pi N r^2 B}{R}, \quad Q = \frac{\pi^2 n N r^4 B^2}{R}$$

$$3.129 \ U = \frac{B l \sqrt{2 g l}}{2} = 0,16 \text{ } \mu V$$

$$3.130 \ \mathcal{E} = \frac{\omega d^2 B}{2}$$

$$3.131 \ \mathcal{E}_i = ab B_0 [\omega' \cos \omega t \sin(\omega' t - \varphi) + \omega \sin \omega t \cos(\omega' t - \varphi)], \quad \mathcal{E}_{i'} = ab \omega B_0 \sin 2 \omega t, \\ \mathcal{E}_{i''} = ab \omega B_0 \cos 2 \omega t$$

$$3.132 \ Q = \frac{NBS}{R} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$3.133 \ q = 10^{-4} \text{ C}$$

$$3.134 \ N = \frac{\mu_0 H r S}{2 \rho e}$$

$$3.135 \ q = \frac{m R h}{4 \pi \rho D} = 0,053 \text{ C}, \text{ kus } \rho \text{ on vase eritakistus ja } D \text{ - tihedus}$$

$$3.136 \ Q = \frac{a^2 \tau^3}{3R}$$

$$3.137 \ E = \begin{cases} \frac{1}{2} \mu_0 n \frac{di}{dt}, & \text{kui } a < r \\ \frac{1}{2} \mu_0 n a^2 \frac{di}{dt} \cdot \frac{1}{r}, & \text{kui } a > r \end{cases}$$

$$3.138 \ i = 0,2 \text{ A}$$

$$3.139 \ \vec{\omega} = -\frac{q}{2m} \vec{B}(t)$$

$$3.140 \ i = \frac{kh}{4\rho} (b^2 - a^2)$$

$$3.141$$

$$3.142 \ N = 1000$$

$$3.143 \ L = \frac{\mu_0 R^2 S^2}{4 \pi \rho^2 l} = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ H}$$

$$3.144 \ \tau = \frac{\mu_0 m}{4 \pi \rho \delta l} \approx 0,7 \text{ ms}$$

$$3.145 \ L = 1 \text{ mH}$$

$$3.146 \ L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2 \pi} \ln \frac{b+a}{b}$$

$$3.147 \ L = \frac{\mu_0}{2 \pi} \ln \frac{b}{a} = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$3.148 \ L = \frac{\mu_0 l}{2 \pi} \ln \frac{b}{a}$$

$$3.149 \ L = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d-a}{a}$$

$$3.150 \ L_1 = 0, \ L_2 = 0,2 \text{ H}, \ L_3 = 0,05 \text{ H}$$

$$3.151 \ \mathcal{E}_e = 0,16 \text{ V}$$

$$3.152 \ i = \frac{\mathcal{E}}{L} t$$

$$3.153 \ t = \frac{L}{R} \ln \frac{1}{1 - \frac{Rl}{\mathcal{E}_1}} = 13 \text{ ms}$$

$$3.154 \ U_{AB} = 0,9 + 2t(V)$$

$$3.155 \text{ a) } i_2 = 0,4 \text{ A, b) } i'_2 = 7,6 \text{ A, c) } i''_2 = 0,4 \text{ A}$$

$$3.156 \text{ } i_2 = \frac{\varepsilon}{R} (1 - e^{-\frac{R}{2L}t})$$

$$3.157 \text{ } i_1 = \frac{\varepsilon L_2}{(L_1 + L_2)R}, \text{ } i_2 = \frac{\varepsilon L_1}{(L_1 + L_2)R}$$

$$3.158 \text{ } Q = \frac{\varepsilon^2 L}{2R(R + R_0)} = 3 \mu J$$

$$3.159 \text{ } \tau = 3 \cdot 10^{-4} \text{ s, } Q = 4,9 \cdot 10^{-5} J$$

$$3.160 \text{ Lüliti suletakse: } i_1 = \frac{\varepsilon(R+r)}{Rr} [1 - \frac{R}{R+r} e^{-\frac{rR}{(R+r)L}t}], \text{ } U = 24(1 - e^{-2,4t})V$$

$$\text{Lüliti avatakse: } i_1 = \frac{\varepsilon}{R} (1 + \frac{R}{r} e^{-\frac{R}{L}t}), \text{ } U = 24(1 + 99e^{-240t}) (V)$$

$$\text{Vahetult pärast lüliti avamist: } U \approx 2400 \text{ V}$$

$$3.161 \text{ } M = \sqrt{L_1 L_2}$$

$$3.162 \text{ } L_{12} = 0,6 \text{ H}$$

$$3.163 \text{ } M = 1,5 \text{ mH, } L = 5,0 \text{ mH}$$

$$3.164 \text{ } L_{12} = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln(1 + \frac{a}{x})$$

$$3.165 \text{ } L_{12} = \frac{\mu_0 N h}{2\pi} \ln(\frac{b}{a})$$

$$3.166 \text{ } L_{12} = \frac{\mu_0 \pi a^2}{2b}, \text{ } \Phi_{12} = \frac{\mu_0 \pi a^2}{2b} i$$

$$3.167 \text{ } P_m = \frac{2aRq}{\mu_0 N}$$

$$3.168 \text{ } L_{12} = \frac{\mu_0 \pi R^4}{2h^3}$$

$$3.169 \text{ } i_2 = \frac{L_{12}\alpha}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L_2}t})$$

$$3.170 \text{ } Q = \frac{\mu_0^2 \pi^3 a h N^2 D^3 v^2 I_e^2}{4 \rho H^2} = 100 \text{ J}$$

$$3.171 \text{ } Q = \frac{\mu_0^2 \pi^3 h N^2 D^4 v^2 I_e^2}{32 \rho H^2} = 980 \text{ J}$$

$$3.172 \text{ } \mu = 700$$

$$3.173 \text{ } \kappa_m = 700$$

$$3.174 \text{ } N_2 - N_1 = 399000$$

$$3.175 \text{ a) } \Phi_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb; } \mu_1 = 1500;$$

$$\text{b) } \Phi_2 = \Phi_1 (\text{või } 0); \text{ } \mu_2 = \mu_1;$$

$$\text{c) } \Phi_3 = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ Wb (või } 0); \text{ } \mu_3 = 850$$

$$3.176 \text{ } H = 1500 \frac{A}{m}, \text{ } B = 1,2 \text{ T, } \mu = 600, \text{ } J = 1,0 \cdot 10^6 \text{ A/m}$$

$$3.177 \text{ } B_j = \frac{R}{S} (q - q') = 0,8 \text{ T, } J_j = \frac{R}{\mu_0 S} (q - q') = 6 \cdot 10^5 \text{ A/m}$$

$$3.178 \text{ } i = 2,0 \text{ A}$$

$$3.179 \text{ } B_{Fe} = B_\delta = 1,0 \text{ T}$$

$$3.180 \text{ } i_2 = 7,7 \text{ A}$$

$$3.181 \text{ } W_m = \frac{\mu_0 R^2 \tau^2 \omega^2}{8\pi}$$

$$3.182 \text{ } \frac{W_m}{W_e} = 1,1 \cdot 10^{-15}$$

$$3.183 \text{ a) } L_j = 2L, \text{ b) } L_p = \frac{L}{2}$$

$$3.184 \text{ } W_m = 25 \cdot 10^{-3} \text{ J; ühe pooli väljalülitamisel energia väheneb 4 korda.}$$

- 3.185 $W_m = 0,17 J$
- 3.186 $n = 1700 \text{ korda}$
- 3.187 $W_m = \frac{N\Phi_i}{2} = 0,5 J$
- 3.188 $W_m = \pi^2 r^2 R^2 B H = 0,5 J$
 $L = \frac{\pi D S B}{d^2 H} = 2,2 H, W_m = \frac{\pi D S B H}{2} = 0,4 J$
- 3.189 a) $\frac{W_{m\delta}}{W_{mm}} = \frac{\mu b}{\pi D} = 3$; b) $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{b + \frac{\pi D}{\mu}} = 0,15 H$
- 3.190 $B = 0$
- 3.191 $i_{nihke} = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}$
- 3.192 Peale juhtivusvoolu tuleb arvestada nihkevoolu.
- 3.193 $E = \frac{I_m}{\varepsilon_0 \omega S} = 700 V/m$
- 3.194 $H = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \omega U_m r}{2d} \cos \omega t$
- 3.195 $H = H_m \cos(\omega t + \alpha), \text{ kus } H_m = \frac{U_m r}{2d} \sqrt{\sigma^2 + (\varepsilon_0 \varepsilon \omega)^2} \text{ ja } \tan \alpha = \varepsilon_0 \varepsilon / \sigma$
- 3.196 $H = \frac{i}{2\pi r} (1 - \frac{r^2}{R^2})$, kus r on kaugus kondensaatori teljest
- 3.197 Kui $r < R$, siis $j_{nihke} = \frac{\varepsilon_0 \ddot{B}}{2} r$; kui $r > R$, siis $j_{nihke} = \frac{\varepsilon_0 \ddot{B}}{2r}$, kus B on magnetilise induksiooni hetkväärtus kaugusel r .
- 3.198 $s = 0,5 \text{ cm}$
- 3.199 $\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = 1$
- 3.200 $E = \frac{4Ud}{l(l+2D)}$
- 3.201 $x = 1,2 \text{ mm}$
- 3.202 $\alpha = \arctg \frac{ebE}{mv_0^2} = 11^\circ$
- 3.203 $\tan \alpha = \frac{kb^2}{4} \sqrt{\frac{m}{2eU^3}}$
- 3.204 $v = \sqrt[3]{\frac{9eRh}{2m}} = 16 \text{ km/s}$
- 3.205 $H_{max} = 1,3 \cdot 10^4 A/m$
- 3.206 $W_t = 0, W_n = 7 \cdot 10^{15} \frac{m}{s^2}$
- 3.207 Trajektooriks on ringjoon, mille raadius $R = 10 \text{ m}$
- 3.208 $R = 12 \text{ mm}, p = 5,7 \cdot 10^{-22} \text{ Ns}, v = 4,6 \text{ MHz}$
- 3.209 $v = 5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
- 3.210 $T = 3 \cdot 10^{-9} \text{ s}$
- 3.211 $l = \frac{m^2 v^2}{eB}$
- 3.212 $p_m = \frac{mv^2}{2B}$
- 3.213 $\frac{p_m}{l} = \frac{e}{2m}$

$$3.214 \text{ a) } \frac{r_p}{r_e} = 1840; \text{ b) } \frac{r_p}{r_e} = 43$$

$$3.215 \text{ } \nu = 10 \text{ MHz}$$

$$3.216 \text{ } t = \frac{\pi m W}{q^2 U B} = 8,2 \text{ } \mu\text{s}$$

$$3.217 \text{ } U \geq \frac{2\pi^2 v^2 m R \Delta R}{e} = 0,1 \text{ MV}$$

$$3.218 \text{ a) } W = \frac{(reB)^2}{2m} = 12 \text{ MeV; b) } \nu = \frac{1}{\pi r} \sqrt{\frac{W}{2m}} = 20 \text{ MHz}$$

$$3.219 \text{ } \nu = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$3.220 \text{ } F = \frac{mEi}{eB} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$3.221 \text{ } d = \frac{2mv}{eB} (1 - \cos \delta) = 0,6 \text{ m}$$

$$3.222 \text{ } \frac{q}{m} = \frac{2\Delta x E}{a(a+2b)B^2}$$

$$3.223 \text{ a) Kiir kaldub ida suunas; b) } w = 6,3 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2; \text{ c) } \Delta x = 3 \text{ mm}$$

$$3.224 \text{ } U = \left(qB \sqrt{\frac{2W}{m}} - \frac{4W}{r_1 + r_2} \right) \frac{r_1 + r_2}{2q} \ln \frac{r_2}{r_1}, \text{ kus } q \text{ on } \alpha\text{-osakese laeng ja } m - \text{mass.}$$

$$3.225 \text{ } \alpha = 2 \arctg \frac{er_0 B}{mv_0}$$

$$3.226 \text{ } \alpha = \arcsin Bd \sqrt{\frac{q}{2mU}} = 30^\circ$$

$$3.227 \text{ Trajektooriiks on krüvijoön, mille raadius } r = 3,5 \text{ cm, kõverusraadius } r_k = 14 \text{ cm ja samm } h = 38 \text{ cm.}$$

$$3.228 \text{ Trajektooriiks on krüvijoön, mille raadius } r = \frac{bE}{v_0 B} = 4 \text{ cm ja samm } h = \frac{2\pi m v_0}{eB} = 2,4 \text{ cm.}$$

$$3.229 \text{ } i = \frac{2\pi \sqrt{\frac{2Um}{e}}}{\mu_0 n l} = 2,5 \text{ A}$$

$$3.230 \text{ } \frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U}{\mu_0^2 n^2 i^2 l^2} = 1,77 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$$

$$3.231 \text{ } y_n = \frac{2\pi^2 m E n^2}{q B^2}, \text{ } tg = \frac{v_0 B}{2\pi E n}$$

$$3.232 \text{ } a = 2r \left| \sin \frac{\varphi}{2} \right|, \text{ kus } r = \frac{m v \sin \alpha}{e B} \text{ ja } \varphi = \frac{e B l}{m v \cos \alpha}$$

$$3.233 \text{ } r_{\max} = a e^{v_0/b}, \text{ kus } b = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{e}{m} i$$

$$3.234 \text{ } x = a(\omega t - \sin \omega t), \text{ } y = a(1 - \cos \omega t), \text{ kus } a = \frac{m e}{b B^2} \text{ ja } \omega = \frac{q B}{m}.$$

Trajektooriiks on tsükloid, mille samm $h = 8mE/qB^2$ ja harja kõrgus on $2a$.

$$3.235 \text{ } U = 2 \frac{e}{m} \left(\frac{\mu_0 i}{4\pi} \right)^2 \ln \frac{b}{a}$$

$$3.236 \text{ } B < \frac{2b}{b^2 - a^2} \sqrt{\frac{2m}{e}} U$$

$$3.237 \text{ } v = \frac{q r B}{2m}, \text{ } \rho = \frac{r}{2}$$

$$3.238 \text{ } N = 5 \cdot 10^6 \text{ tiiru, } l = 8 \cdot 10^3 \text{ km}$$

$$3.239 \quad B = \frac{B_k}{2}$$

$$3.240 \quad W_0 = \frac{2\pi e r^2 B}{\Delta t} = 100 \text{ eV}$$

$$3.241 \quad p = \frac{iB}{a}$$

$$3.242 \quad U = 7 \mu V$$

$$3.243$$

$$3.244 \quad P = \pi v i B r^2 = 20 \text{ mV}$$

$$3.245 \quad p = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 i^2$$

$$3.246 \quad i = \sqrt{\frac{2F_k}{\mu_0 n R}}$$

$$3.247 \quad R = \frac{\rho d}{S}, \quad P_{max} = \frac{B^2 S v^2 d}{4\rho}$$

$$3.248 \quad U_H = \frac{\mu_0 i^2}{4\pi^2 e n R^2} = 0,22 \text{ pV}$$

$$3.249 \quad n_e = 2,5 \cdot 10^{28} \text{ 1/m}^3 \cong n_A$$

$$3.250 \quad k = 3,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{V}} \cdot s$$