

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

**ÜLDFÜÜSIKA  
ÜLESANNETE  
KOGU**

TARTU 1970

Tagastage raamat õigeaegselt!  
Возвратите книгу вовремя!


NA

A-31050

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Füüsikaosakond

# ÜLDFÜÜSIKA ÜLESANNETE KOGU

Teine, täiendatud ja parandatud trükk

Tartu 1970

Koostanud A. Haav, K.Kudu, J.Lembra ja O. Mankin

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu

TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

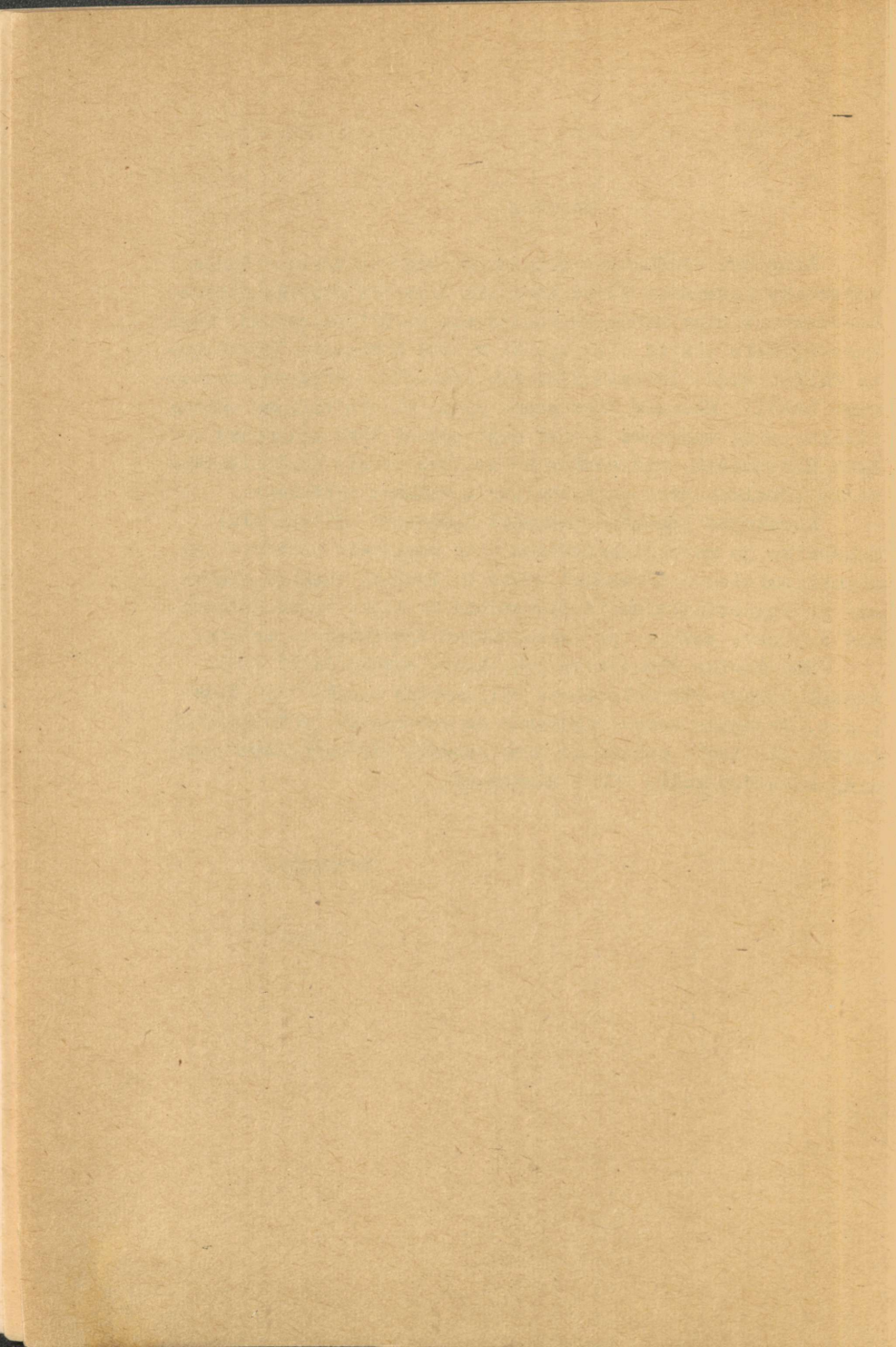
## Eessõna

Käesolev üldfüüsika ülesannete kogu on mõeldud õppevahendiks peamiselt Tartu Riikliku Ülikooli Füüsika-Keemia-teaduskonna ning Matemaatikateaduskonna üliõpilastele. Kogu kasutajateks võivad olla aga ka teiste kõrgemate õppeasutuste üliõpilased, kellele füüsikat õpetatakse kõrgema matemaatika baasil. Kõikide ülesannete puhul ei ole viimane eeldus oluline ning vajaduse korral saab kogust teha niisuguse valiku ülesannet, mis sobiks ka sellise eriala üliõpilastele, kelle füüsikakursus on suhteliselt väikese ulatusega.

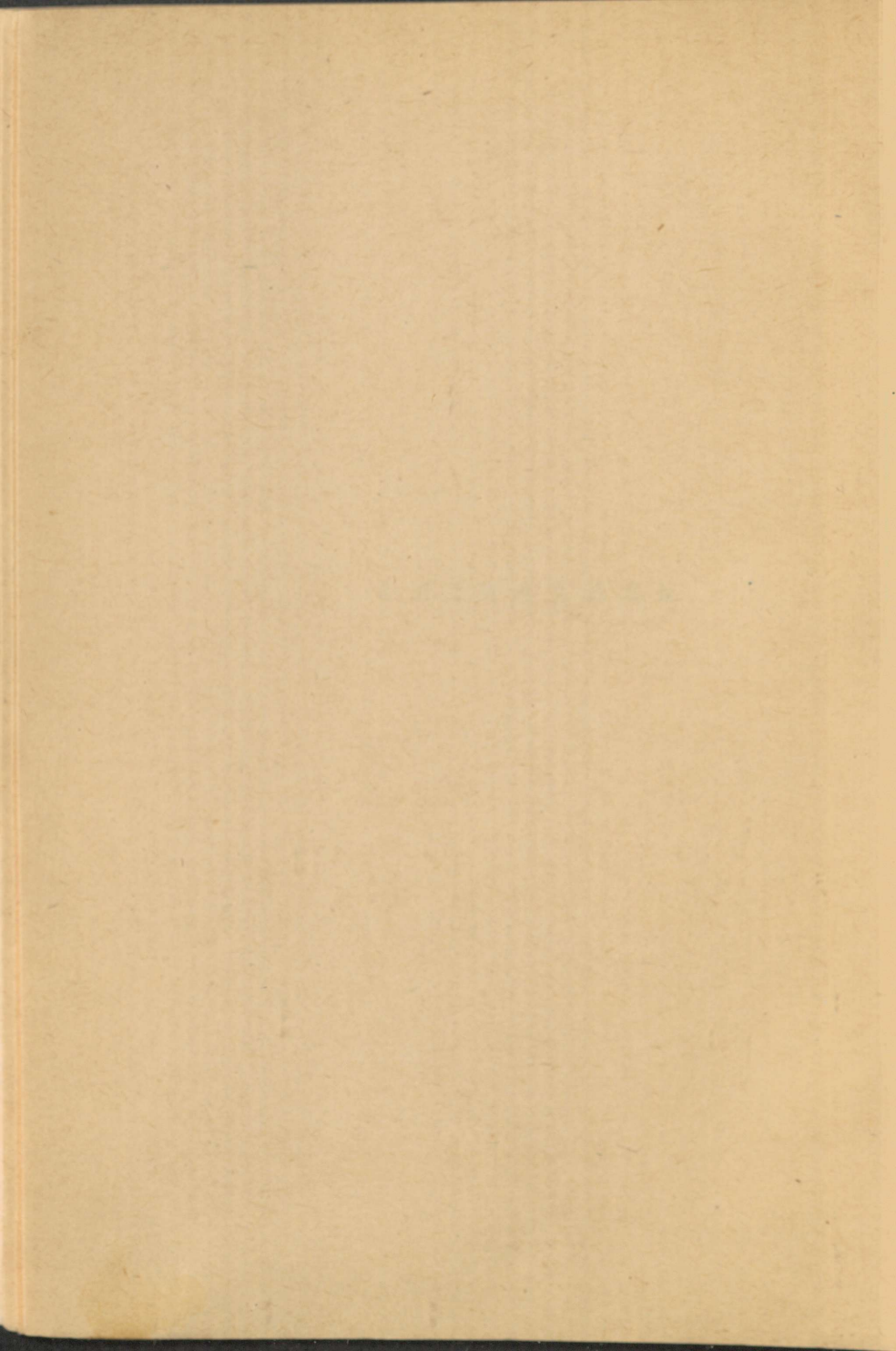
Koostajad jaotasid omavahel ülesanded järgmiselt: mehaanika ja molekulaarfüüsika ning osaliselt elektri- ja magnetismialased ülesanded valis O. Mankin, enamiku elektri- ja magnetismialaseid ülesandeid K. Kudu, optika ülesanded A. Haav, aatomi- ja tuumafüüsika ülesanded J. Lembra.

Üldfüüsika ülesannete kogu ilmus esmakordselt 1965. aastal samuti TRÜ rotaprindi väljaandena mahuga 1150 ülesannet. Praegune teine väljaanne on parandatud ja täiendatud (eriti oluliselt mehaanika ning aatomi- ja tuumafüüsika osas) ning sisaldab kokku 1374 ülesannet.

Koostajad



MEH A A N I K A



## I. AINEPUNKTI KINEMAATIKA

- M1. Kahe samal jõel oleva sadama vahel, mille vahemaa on 100 km, kurseerib kaater. Kaater läbib sadamatevahelise tee pärivoolu 4 tunniga ning vastuvoolu 10 tunniga. Määrata jõe voolu kiirus ning kaatri kiirus vee suhtes.
- M2. Paberile on joonestatud täisnurk ning selle nurga poolitaja. Mõõda paberit nihutatakse joonlauda nii, et see on alati risti nurga poolitajaga. Joonlaua otsad lõikavad seejuures nurga haarasid. Millise kiirusega liiguvad mõõda nurga haarasid need lõikepunktid, kui joonlaua liikumise kiirus on 10 cm/s?
- M3. Kas kulub ühepalju aega selleks, et läbida paadiga mingi kindla pikkusega tee 1) seisvas vees ja 2) mööda jõge edasi-tagasi (päri- ja vastuvoolu), kui paadi liikumise kiirus vee suhtes on 5 km/h ning jõe voolu kiirus 2 km/h?
- M4. Millise nurga all voolu suhtes peab sõudja hoidma paati, et sõita risti üle jõe, kui voolu kiirus on 0,8 m/s ning paadi kiirus vee suhtes 1,6 m/s? Milline on paadi kogukiirus?
- M5. Millise kiirusega ja missuguses suunas peab lendama lennuk, et läbida ühe tunniga 200 km pikkune tee suunaga otse põhja, kui puhub kirdetuul  $35^\circ$  all meridiiani suhtes kiirusega 30 km/h?

- M6. Kaks lennukit väljuvad üheaegselt ühest punktist ning lendavad kahes teineteisega risti olevas suunas kiirusega 300 km/h ja 400 km/h. Kuidas sõltub ajast nende vaheline kaugus? Kui suur on see kaugus hetkel, mil esimene lennuk on läbinud 900 km?
- M7. Kahte teineteisega risti asetatud horisontaalset roobast mööda veerevad kaks vankrikest, mida omavahel ühendab paindumatu varb, mille pikkus  $l = 1$  m. Üks vankrikest liigub alates täisnurga tipust kiirusega  $v_1 = 10$  cm/s. Leida teise vankrikest liikumise võrrand ning kiirus ja kiirendus momendil, mil vankrikest on võrdsetel kaugustel täisnurga tipust.
- M8. Kaks laeva liiguvad teineteisele vastu paralleelse kursiga kiirustega  $v_1$  ja  $v_2$ . Ühelt laevalt tulistatakse teist. Millise nurga all liikumissuunaga peab asetama kahuri, kui laskmise momendil asuvad laevad nende liikumisteid ühendava ristlõigu otstes? Mürsu liikumiskiirust  $v_0$  pidada konstantseks.
- M9. Kaks lennukit lendavad teineteisele vastu paralleelse kursiga, kusjuures nende lennuteede vaheline kaugus on 200 m. Kui palju on lenduritel aega õhuvõitluseks, kui kuulipilduja tuli ulatub 1 km kaugusele ning lennukite kiirused on 360 km/h ja 400 km/h?
- M10. Keha sirgjoonelise liikumise võrrand on  $s = 2 + 3t + 0,01t^3$  (s avaldatud meetrites, t - sekundites). Millise kiiruse ja kiirendusega liigub keha ajamomentidel  $t_1 = 0$  ja  $t_2 = 10$ ? Määrata kiiruse ja kiirenduse keskmised väärtused esimese 10 s jaoks, arvates liikumise algusest.
- M11. Ainepunkti liikumise seadus on  $x = ct^2$ ,  $y = bt^2$ . Määrata selle punkti kiirus ja kiirendus.
- M12. Jäämäe kõrgus on 3 m ning tema pikkus kaldsihis 20 m. Arvutada mäest alla libisenud kelgu kiirus ja libisemise aeg, hõõrdumist arvestamata.

- M13. Arvutada kaldpinna kaldenurk, kui keha hõõrdumisvabaks allalibisemiseks tarvitab kaks korda rohkem aega kui vabal langemisel samalt kõrguselt.
- M14. Kivi langeb kaevu. Viie sekundi pärast on kuulda sulpsatus. Määrata veepinna sügavus, võttes hääle kiiruseks 300 m/s ning vabalangemise kiirenduseks  $10 \text{ m/s}^2$ .
- M15. Vabalt langev keha läbis viimased 20 m oma teest 0,5 s jooksul. Määrata keha langemise kõrgus.
- M16. Üks keha hakkab langema vabalt punktist A üks sekund varem, kui teine keha hakkab langema samuti vabalt punktist B, mis asub 44,1 m madalamal punktist A.
1. Määrata kummagi keha langemise kestus, kui on teada, et nad jõudsid maapinnale samal hetkel.
  2. Millised on punktide A ja B kõrgused maapinnast?
- M17. 25 cm pikkune joonlaud ripub niidi otsas. Allpool joonlauda samal püstjoonel on seinas väike ava. Milline peab olema selle ava ja joonlaua alumise serva vahemaa, et niidi katkemisel kataks langev joonlaud ava 0,1 s kestel?
- M18. Vaatleja seisab platvormil elektrirongi esimese vaguni otsa juures. Kui rong hakkab liikuma, möödub esimene vagun vaatlejast 4 s jooksul. Millise aja jooksul möödub vaatlejast seitsmes vagun, kui rong liigub ühtlaselt kiirenevalt?
- M19. Keha läbib kaks järjestikust teelõiku, kumbki pikkusega 10 m, liikudes kummalgi lõigul sama kiirendusega. Määrata keha kiirendus ja algkiirus esimesel teelõigul, kui temal kulus esimese lõigu läbimiseks 1,06 s ning teise läbimiseks 2,20 s.
- M20. Metroos läbib rong 2 km pikkuse jaamavahe 2 minuti 20 sekundiga. Rongi maksimaalne kiirus sellel lõigul on 60 km/h ning alguses ja lõpus liigub tema absoluutse väärtuse poolest võrdsete kiirendustega. Määrata nende kiirenduste väärtused.

- M21. Algkiirusega  $v_0$  vertikaalselt ülesvisatud keha oli kõrgusel  $h = 9,8$  m kaks korda ajavahemikuga  $t = 4$  s. Määrata  $v_0$ .
- M22. Väike kuulike lükatakse veerema mööda kaldpinda üles. Lähtekohast 30 cm kaugusel oli kuulike kaks korda: 1 s ja 2 s pärast liikumise algust. Määrata kuulikese algkiirus ja kiirendus, lugedes viimast jäävaks.
- M23. Millise kiirusega peab viskama keha vertikaalselt alla kõrguselt 40 m, et ta jõuaks maapinnale 2 s varem kui vaba langemise korral?
- M24. Pall visati kõrguselt 14,1 m vertikaalselt üles. Määrata palli viskamise kiirus, kui ta langes maapinnale 3 s pärast.
- M25. Kaks keha langevad vabalt samalt kõrguselt langemise algmomentide vahega 1 s. Kuidas sõltub ajast nende kehade vaheline vertikaalne kaugus?
- M26. Ühest punktist visatakse samal hetkel kaks keha: üks vertikaalselt üles, teine alla võrdsete algkiirustega  $v_0$ . Kuidas sõltub ajast nende kehade vahemaa?
- M27. Kaks keha visati vertikaalselt üles samast punktist ning sama algkiirusega 24,5 m/s, kuid üks keha 0,5 s varem kui teine. Kui palju aega möödub teise keha viskamise momendist kehade kohtumiseni?
- M28. Tornist horisontaalse algkiirusega visatud keha langes maapinnale 2 s pärast 40 m kaugusel horisontaalsihis. Määrata selle keha alg- ja lõppkiirus.
- M29. Lennuk lendab horisontaalselt kõrgusel  $h$  kiirusega  $v$ . Lendur peab viskama pommi märki, mis asub lennuki ees. Millise nurga all vertikaalsihiga peab tema nägema märki pommi vabastamise momendil? Milline on sel momendil tema kaugus märgist (horisontaalsihis)?
- M30. Vertikaalsesse märklauda tulistatakse kaks korda horisontaalselt asetatud püssist, mis asub 50 m kau-

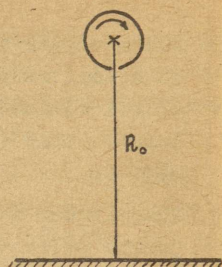
gusel märklauast. Laengute väikese erinevuse tõttu olid kuulide algkiirused 320 m/s ja 350 m/s. Milline on aukude vahemaa märklauas?

- M31. Kivi visati tornist horisontaalselt algkiirusega 20 m/s. Määrata kivi kiirus ning normaalne ja tangentsiaalne kiirendus 2 s pärast liikumise algust.
- M32. Künka tipust horisontaalselt visatud kivi langes künka nõlvale 40 m kaugusel viskamise kohast. Arvutada kivi algkiirus, pidades künka nõlva kaldpinnaks, mis moodustab horisondiga nurga  $30^\circ$ .
- M33. Raske keha on visatud algkiirusega  $v_0$  nurga  $\alpha$  all horisondiga. Määrata kiiruse väärtus ja suund 1) trajektoori kõrgeimas punktis ja 2) langemispunktis.
- M34. Keba visati  $60^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes algkiirusega 20 m/s. Kui suure nurga all horisondiga liigub keha 2,5 s pärast liikumise algust? Millisel ajamomendil ja kui kõrgel maapinnast moodustab keha liikumise suund horisondiga  $45^\circ$ -se nurga?
- M35. Mürsu algkiirus on 220 m/s, viskenurk  $40^\circ$ , lennukaugus 4100 m. Kui palju vähendab mürsu lennukaugust õhutakistus?
- M36. Millise algkiirusega peab viskama raketi  $45^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes, et tema süttiks oma trajektoori kõrgeimas punktis, kui sütiku põlemise aeg on 6 s?
- M37. Millise nurga all horisondi suhtes peab viskama keha, et tema trajektoori lagipunkti kõrgus oleks võrdne lennukaugusega?
- M38. Tuletõrjevoolikust väljub veejuga  $32^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes ning langeb maapinnale 12 m kaugusel (horisontaalsihis). Vooliku ava ristlõike pindala on  $1 \text{ cm}^2$ . Kui palju vett voolab välja voolikust 1 minuti jooksul?

- M39. Kolmest torust, mis moodustavad horisondiga nurgad  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  ja  $30^\circ$ , voolab vesi, kusjuures jugade algkiirused on võrdsed. Kuidas suhtuvad nende jugade maksimaalsed kõrgused  $h$  ja nende langemiskaugused  $L$ ?
- M40. Kivi visati maapinnast 2,1 m kõrguselt  $45^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes ning ta langes maapinnale 42 m kaugusel viskekohast horisontaalselt. Milline oli kivi algkiirus? Kui kaua ta lendas? Milline oli kivi trajektoori lagipunkti kõrgus maapinnast?
- M41. Pidades Maa keraks raadiusega 6400 km, mis tiirleb Gabeer Päikese ümber ringjoont raadiusega  $1,5 \cdot 10^8$  km perioodiga 365 ööpäeva, määrata aeg, mille kestel tema läbib oma diameetri pikkuse tee.
- M42. Määrata maakera 88päevasesest pöörlemisest tingitud maapinna punktide joonkiirus laiusel  $\varphi$ . Teha arvutused  $\varphi = 60^\circ$  jaoks, võttes Maa raadiuseks 6400 km.
- M43. Lennuk lendab kiirusega 360 km/h. Missugusel geograafilisel laiusel võib selle meeskond näha Päikest seisvana liikumatult taevast? Milline peab olema seejuures lennu suund?
- M44. Määrata kolmanda Nõukogude Maa tehnikasalase orbitaalse liikumise nurkkiirus ning keskmine joonkiirus, kui tema tiirlemise periood oli 105 min ning lennukõrgus 1200 km.
- M45. Ratas pöörleb nurkkiirusega  $0,5 \frac{1}{s^2}$ . Määrata teljest 40 cm kaugusel asuva punkti kogukiirendus 2 s pärast liikumise algust.
- M46. Auto liigub teekurvil keskmise kõverusraadiusega 50 m kiirusega 36 km/h. Auto rataste vahemaa on 1,2 m, ratta raadius 30 cm. Määrata sisemiste ja välimiste rataste pöörlemise nurkkiirused.
- M47. Keha hakkab pöörlema järeva nurkkiirusega  $0,04 \frac{1}{s^2}$ . Millise aja möödudes moodustab selle keha mingi punkti kogukiirendus sama punkti kiirusega nurga  $76^\circ$ ?

- M48. Määrata maskera pöörlemisest tingitud maapinna punkti-  
de normaalne kiirendus ning selle projektsioon antud  
punkti tõmmatud Maa raadiusele. Arvutused teha Moskva  
laiuse jaoks ( $55^\circ$  põhjalaiust), võttes Maa raadiuseks  
6400 km.
- M49. Pang laskub kaevu kiirendusega  $1 \text{ m/s}^2$ . Milline on see-  
juures pööra võlli nurkkiirendus eeldusel, et nõör  
võllil ei libise? Kuidas sõltub ajast võlli pöördenurk?  
Võlli raadius on 25 cm.
- M50. Pöörleva ketta välisringi punktid liiguvad kiirusega  
3 m/s; punktid, mille kaugus teljest on 10 cm võrra  
väiksem, liiguvad kiirusega 2 m/s. Määrata selle ket-  
ta pöörlemise sagedus.
- M51. Auto hakkab liikuma ühtlaselt kiirenevalt teed mööda,  
mille kõverusraadius on 300 m, ning 100 m pikkusel  
teel arendab kiiruse 36 km/h. Määrata auto tangentsi-  
aalne, normaalne ja kogukiirendus 20. sekundi lõpul,  
arvates liikumise algusest.
- M52. Auto liigub 50 m raadiusega teekurvil ning tema liiku-  
mise seadus on  $s = 10 + 10t - 0,5t^2$  (pikkus on aval-  
datud meetrites, aeg sekundites). Leida auto kiirus  
ja kogukiirendus ajamomendil  $t = 5$ .
- M53. Rong sõidab kurvi raadiusega 400 m, liikudes kiiruse-  
ga 36 km/h. Määrata rongi normaalne ja kogukiirendus  
poole minuti pärast, kui rong liigub kurvil tangent-  
siaalse kiirendusega  $0,2 \text{ m/s}^2$ .
- M54. Auto, liikudes kiirusega 40 km/h, läheb kurvi raadiu-  
sega 200 m. Juht pidurdab seejuures, andes autole kii-  
renduse  $-0,3 \text{ m/s}^2$ . Määrata auto kiirenduse normaal-  
komponent, kogukiirendus ning nurk, mille kiirendus-  
vektor moodustab kurvi kõverusraadiusega.
- M55. Põlev latern L ripub  $R_0 = 3 \text{ m}$  kaugusel seinast ning  
tekitab sellel valguslaigu (vt. joon. M-1). Laterna  
pöörlemisel vertikaaltelje ümber liigub laik mööda

seina sirgjooneliselt. Arvestades, et latern pöörleb ühtlaselt sagedusega  $n = 1$  pööre sekundis, leida: 1) laigu liikumise võrrand, 2) tema kiirus 0,1 s pärast liikumise algust, kui laik oli minimaalsel kaugusel laternast, ja 3) laigu kiirus punktis, mis asub 2 m kaugusel tema lähtepunktist.



Joon. M-1.

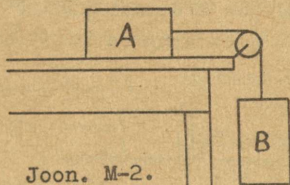
- M56. Ainepunkt liigub mööda ringjoont, mille raadius on  $R$ , püsiva tangentsiaalse kiirendusega  $a_t$ , kuid ilma algkiirusega. Määrata selle punkti normaalne ja kogukiirendus, väljendades need: 1) tangentsiaalse kiirenduse  $a_t$  ja aja  $t$  kaudu; 2) nurkkiirenduse  $\varepsilon$  ja raadiusvektori pöördenurga  $\varphi$  kaudu tema algasendist. Lei da nurk, mille moodustab kogukiirenduse vektor ainepunkti raadiusvektoriga.
- M57. Hooratas hakkab ühtlaselt kiirenevalt pöörlema ning, teinud 20 pööret, saavutab sageduse 10 pööret sekundis. Määrata hooratta nurkkiirendus ning kiireneva pöörlemise kestus.
- M58. Fotografeerides tõusvat lennukit pöörab kinooperaator oma kaamerat ümber vertikaaltelje nurkkiirusega  $\omega$  ning ümber horisontaaltelje nurkkiirusega  $\omega/5$ . Määrata nende kahe pöörlemisega ekvivalentse pöörlemise telg ja nurkkiirus.

## II. KULGLIIKUMISE DÜNAAMIKA

- M59. Newtoni teise seaduse illustreerimiseks demonstreeritakse järgmist katset.  $m_2$  massiga venkriike pannakse liikuma horisontaalpinda mööda rippuva koormuse mõjul, mille mass on  $m_1$ . Siis suurendatakse selle koormuse massi  $n$  korda ( $nm_1$ ) ning võrreldakse kiirendusi  $a_1$  ja  $a_2$ , millega süsteem kummalgi juhul liigub.

1. Kas võib väita, et hõõrdumise puudumisel  $a_2 = na_1$ ?
2. Milline on suhe  $a_2/a_1$ , kui  $m_1 = 30$  g;  $m_2 = 200$  g;  $n = 2$  ning hõõrdetegur  $k = 0,1$ ?
3. Milline peab olema hõõrdeteguri  $k$  väärtus, et  $a_2 = na_1$ ?

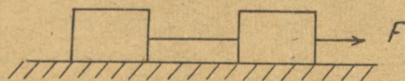
M60. Joonisel M-2 kujutatud süsteemis on klotsi A mass 200 g, koormuse B mass 300 g, hõõrdetegur 0,25. Määrata nõõri tõmme.



Joon. M-2.

Kuidas muutub vastus, kui kehad A ja B ära vahetada? Milline on kummagi juhul ploki teljele mõjuv jõud?

- M61. Horisontaalsel tasapinnal asuvale 10-kG kehale on rakendatud nurga  $\alpha$  all horisondiga mõjuv jõud  $F$ , mistõttu keha libiseb ühtlaselt mööda pinda. Keha ja tasapinna vaheline hõõrdetegur on 0,4. Millise  $\alpha$  väärtuse puhul on jõud  $F$  minimaalne? Määrata jõu  $F$  minimaalne väärtus.
- M62. Horisontaalsele lauale on asetatud raske keha. Laua ja keha vaheline hõõrdetegur on 0,1. Kui suure horisontaalse kiirenduse peab andma lauale, et keha sellelt maha libiseks?
- M63. Kaks ühesugust keha on ühendatud niidiga ning asetatud täiesti siledale horisontaalsele lauale (joon.M-3).

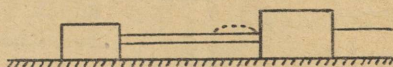


Joon. M-3.

Niit kannatab kuni 2 N-list tõmmet. Millise jõu  $F$  peab rakendama ühele kehale, et niit katkeks?

Kas muutub vastus, kui mõlema keha ja laua vahel mõjuvad hõõrdejõud ning hõõrdetegurid kummagi keha puhul on võrdsed?

- M64. a) Kaks keha massiga  $m_1 = 20$  kg ja  $m_2 = 12$  kg on ühendatud jäigalt homogeense varda abil, mille pikkus  $l = 4$  m ja mass  $m = 8$  kg, ning asetatud täiesti siledale horisontaalsele lauale (joon. M-4). Sellisele süsteemile rakendatakse lauaga paralleelne jõud  $F = 20$  kG. Mida näitaks dünamomeeter, kui see lülitada 1) punkti A, 2) punkti B, 3) punkti C, mis on kaugusel  $x = 1$  m punktist A?
- b) Vastata samadele küsimustele, kui kirjeldatud süsteemile on rakendatud jõu  $F$  asemel jõud  $F' = 45$  kG suunaga vertikaalselt üles ning ta saab vertikaalsihis vabalt liikuda.



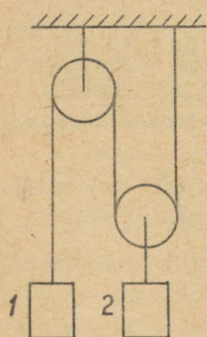
Joon. M-4.

- M65. Kõis lebab laual nii, et osa temast ripub üle lauserava alla, ning hakkab libisema, kui allaripuva osa pikkus moodustab 25% kõie kogupikkusest. Määrata kõie ja laua vaheline hõõrdetegur.
- M66. Milline peab olema autokummide ja teekatte vahelise hõõrdeteguri minimaalne väärtus, et auto, mille kaal on  $2T$  ning koorma kaal  $4T$ , saaks liikuda kiirendusega  $0,2 \text{ m/s}^2$ ? Vaadelda kahte juhtu: 1) auto kõik rattad veavad; 2) veavad ainult tagarattad, kusjuures auto masskese asub võrdsetel kaugustel kummastki teljest ning koorma masskese tagatelje kohal.
- M67. Üle liikumatu ploki ripuva paela ühe otsa külge on kinnitatud  $0,8\text{-kG}$  koormus. Millise kiirendusega see koormus hakkab liikuma, kui 1) paela teisest otsast tõmmata jõuga  $1 \text{ kG}$ , 2) paela teise otsa riputada koormus  $1 \text{ kG}$ ?
- M68. Üle liikumatu ploki asetatud paela otstele on kinnitatud koormused  $2 \text{ kG}$  ja  $3 \text{ kG}$ . Milline on paelale mõjuv tõmbejõud süsteemi vabal liikumisel? Kui suur jõud mõjub seejuures ploki teljele?

M69. Üle liikumatu ploki ripub nööri. Ühel ja samal hetkel haaravad nööri otstest kinni kaks ahvi massiga 20 kg ja 25 kg. Kergem ahv jääb nööri otsa rippuma, teine aga hakkab mööda nööri üles ronima nii, et ta püsib kogu aeg samal kõrgusel. Millise aja jooksul tõuseb väiksem ahv 19,6 m võrra kõrgemale? Nööri ja ploki mass jätta arvestamata.

M70. 6 kG raskune köis pikkusega 12 m on asetatud üle liikumatu ploki ning libiseb mööda ploki hõõrdumiseta. Milline on köie tõmme selle keskpäigas momendil, mil köie ühe otsa pikkus on 8 m?

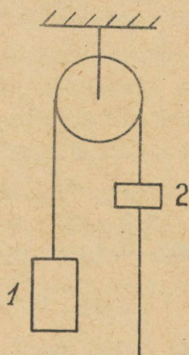
M71.



Joon. M-5.

Määrata kummeagi keha kiirendused  $a_1$  ja  $a_2$  ning paela pinge  $T$  joonisel M-5 kujutatud süsteemis, kui kehade massid on  $m_1$  ja  $m_2$ . Flokkide ja paela mass jätta arvestamata. Liikumine lugeda hõõrdumisvabaks.

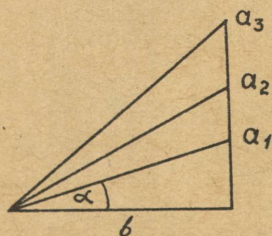
M72. Üle kerge ning hõõrdumiseta pöörleva plokiratta (joon. M-6) ripub pael, mille ühte otsa on kinnitatud keha massiga  $m_1$ . Mööda paela teist otsa jääva kiirendusega  $a_2$  paela suhtes libiseb rõngas massiga  $m_2$ . Määrata keha  $m_1$  kiirendus  $a_1$  ning paela ja rõnga vahel mõjuv hõõrdejõud.



Joon. M-6.

M73. Keha libiseb mööda kaldpinda raskusjõu mõjul, hõõrdejõud on seejuures võrdeline normaalse rõhumisega kaldpinnale (võrdetegur  $k$ ) ning ei olene kiirusest. Määrata keha kiirendus, kui pinna kaldenurk horisondi suhtes on  $\alpha$ .

- M74. Vagun tõuseb  $10^{\circ}$ -se kaldenurgaga mäkke kiirendusega  $0,3 \text{ m/s}^2$ . Vaguni laes ripub nööri otsas  $200\text{-g}$  massiga keha. Määrata nööri mõjuva jõu väärtus ja suund.
- M75.  $100\text{-kg}$  keha asub kaldpinnal, mis moodustab horisondiga  $20^{\circ}$ -se nurga. Keha ja pinna vaheline hõõrdetegur on  $0,4$ . Millistes piirides võib muutuda sellele kehale paralleelselt kaldpinnaga rakendatud jõud, et keha seejuures jääks paigale?
- M76. Kaldpinnale on asetatud raske plaat. Pinna kaldenurka  $\alpha$  saab soovikohaselt muuta. Libisedes mööda kaldpinda alla läbib plaat pinna kahes asendis ( $\alpha_1 = 45^{\circ}$  ja  $\alpha_2 = 60^{\circ}$ ) võrdsetes ajavahemikes võrdsete rõhtprojektsoonidega teelõigud. Määrata nurga  $\alpha$  maksimaalne väärtus, mille juures plaat ei hakka mööda kaldpinda alla libisema.
- M77. On antud mitu kaldpinda ühise alusega  $b$ , mis moodustavad horisondiga nurgad  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$  (joon. M-7).



Joon. M-7.

- 1) Millise nurga  $\alpha$  puhul libiseb keha mööda kaldpinda alla minimaalse aja-  
ga? Vaadelda kahte juhtu:  
a) keha libiseb hõõrdumise-  
ta ning b) hõõrdetegur  
 $k = 0,25$ .
  - 2) Milline peab olema hõõrde-  
tegur, et  $\alpha_1 = 60^{\circ}$  ja  
 $\alpha_2 = 45^{\circ}$  puhul keha allalibisemise aja-  
d oleksid võrd-  
sed?
- M78.  $2\text{-cm}$  läbimõõduga veejuga langeb risti paigalseisvale plaadile. Joa kiirus on  $10 \text{ m/s}$ . Määrata joa rõhumine plaadile, arvestades, et vesi tagasi ei põrka.
- M79. Mürsk lendas horisontaalselt kiirusega  $100 \text{ m/s}$  ning lõhkes kaheks tükiks massidega  $2$  ja  $8 \text{ kg}$ . Esimene tükk lendas samas suunas edasi kiirusega  $160 \text{ m/s}$ . Määrata teise kiiruse suund ja väärtus.

- M80. Raketist voolab välja gaasijuga kiirusega 5 km/s raketi suhtes. Jättes arvestamata raketi massi muutumise gaaside väljavoolamise tõttu (lugedes raketi massi püsivalt võrdseks 10 tonniga) ning õhutakistuse raketi liikumisele, arvutada, milline peaks olema ühes sekundis eralduv gaasihulk, et rakett tõuseks vertikaalselt kiirendusega  $8 \text{ m/s}^2$ ?
- M81. Algul paigal olnud raketit hakkab välja paiskama gaase ühtlase joana kiirusega 300 m/s (raketi suhtes). Sekundi kestel väljub raketist 90 g gaase. Raketi algmass oli 270 g. 1) Kui palju aja möödudes saavutab raketit kiiruse 40 m/s? 2) Millise kiiruse saavutab raketit, kui laengu mass oli 180 g? Õhutakistus jätta arvestamata.
- M82. Kaks kerakujulist kuuli massiga 4 ja 3 kg liiguvad teineteisele vastu kiirusega 5 m/s ja 2 m/s. Kui palju energiat kulub kuulide deformeerimiseks nende absoluutselt mitteelastsel tsentraalsel põrkel?
- M83. 2-kg massiga ümmargune kuul liigub kiirusega 100 m/s ning põrkab tsentraalselt paigalseisva kuuliga, mille mass on 8 kg. Määrata kummagi kuuli kiirus pärast põrget, pidades kuule absoluutselt elastseiks.
- M84. 20-g massiga püssikuul, lennates horisontaalselt kiirusega 400 m/s, tabab 4 m pikkuse paela otsas ripuvat kera, mille mass on 5 kg, ning tungib selle sisse. Määrata nurk, mille võrra kaldub kera kandev pael vertikaalasendist kõrvale.
- M85. Kaks kuulikest massiga 1 g ja 2 g ripuvad paralleelsete niitide otsas ning puudutavad teineteist. Kummagi niidi pikkus on 50 cm. Väiksem kuulike kallutati tasakaaluasendist  $90^\circ$  võrra ning siis vabastati. Millisele kõrgusele tõusid kuulikesed pärast absoluutselt mitteelastset põrget?

- M86. 5-g massiga kuul lendab horisontaalselt kiirusega 500 m/s ning tabab 0,5-kg-st kerge varda otsas rippuvat kera ja tungib sellesse. Varda ülemine ots on kinematatud horisontaalse telje külge, mille ümber ta saab vabalt pöörelda. Milline peab olema varda pikkuse piirväärtus, et kuuli löögi tõttu kera teeks täisringi ümber selle telje?
- M87. Tuumatehnikas on sageli vaja aeglustada neutroneid. Seda tehakse grafiidi või raske vee abil. Arvutada, mitu korda väheneb neutroni energia, kui neutron põrkab absoluutselt elastselt ning tsentraalselt 1) süsiniku tuumaga, 2) raske vesiniku tuumaga.
- M88. Kolm ühesugust ümmargust kuuli ripuvad võrdse pikkusega paralleelsete niitide otsas, kusjuures iga kuul puudutab ülejäänud kahte. Üks kuul kallutatakse teiste kuulide tsentreid ühendava sirglõiguga risti olevas suunas ning vabastatakse. Kui kuul pöörduv lähteolekusse tagasi, on tema kiirus v. Millise kiiruse saavad kuulid pärast absoluutselt elastset põrget?
- M89. Elastne kuulike langeb elastsele kaldpinnale, mis moodustab horisondiga nurga  $37^\circ$ , läbinud enne põrkumist 20 cm. Millisel kaugusel (mööda kaldpinda) esimesest põrkepunktist langeb kuulike teist korda kaldpinnale?
- M90. Kui palju tööd tuleb teha, et tõsta 100-kg raskus 4 m kõrgusele 2 s kestel, kui tõstmine toimub ühtlaselt kiirenevalt?
- M91. 2 kg raskune kivi, langedes vabalt 40 m kõrguselt, tungib maa sisse 5 cm sügavusele. Kui suur on maa keskmine vastupanujõud?
- M92. 900-kg rammiga, mis langeb 1,5 m kõrguselt, lüüakse vaia maa sisse. Iga löögiga läheb vai 3 cm sügavamale. Arvutada löögi keskmine jõud ja kestus.
- M93. Üle liikumatu ploki sümmeetriliselt rippuv 20 m pikkune nöör on algmomendil tasakaalus. Väikese tõuke tõttu

hakkab nööri plokilt maha libisema. Milline on nööri kiirus momendil, mil ta lahkub plokilt? Floki mass jätta arvestamata.

- M94. Püssikuul, mille mass on 10 g, liikudes kiirusega 200 m/s, tungis laudseina 4 cm sügavusele.
1. Määrata laua keskmine vastupanujõud ja kuuli liikumise kestus lauas, pidades seda liikumist ühtlaselt aeglustuvaks.
  2. Mis sünnib samades tingimustes, kui laua paksus on ainult 2 cm?
- M95. 100-kG raskust tõstetakse kaldpinna abil, mille pikkus on 2 m ja nurk horisondiga  $30^\circ$ . Kui palju tööd tuleb teha seejuures, kui liikumine toimub kiirendusega  $1 \text{ m/s}^2$  ning hõõrdetegur on 0,1?
- M96. 400-G kivi visati 50 m kõrgusest tornist horisontaalselt algkiirusega 20 m/s. Milline potentsiaalne ja kineetiline energia on sellel kivil 2 s pärast? Ohutakistus jäetakse arvestamata.
- M97. Vagonett liikus jääva jõu mõjul 5 m ning saavutas kiiruse 2 m/s. Arvutada selle jõu poolt tehtud töö, kui vagonett kaalub 400 kG ning hõõrdetegur on 0,01.
- M98. Horisontaalset teed mööda mingi algkiirusega liikunud 12-t vagun hakkab hõõrdumise tõttu liikuma ühtlaselt aeglustuvalt ning jääb seisma 30 s jooksul, läbinud seejuures 18 m pikkuse tee. Määrata vaguni algkiirus, hõõrdejõud ja hõõrdetegur.
- M99. Uisutaja massiga 50 kg liigub ühtlaselt horisontaalset teed mööda. Kui uisutaja lakkab töötamast, hakkab ta liikuma ühtlaselt aeglustuvalt, ning läbinud 25 s kestel 60 m pikkuse tee, jääb seisma. Määrata a) hõõrdetegur, b) võimsus, mis uisutaja kulutas, liikudes ühtlaselt.
- M100. Kelk libiseb jäämäelt kõrgusega h ning peatub horisontaalsel jääväljal kaugusel s mäe tipust horison-

taalsihis. Tõestada, et hõõrdetegur  $k = h/s$ .

M101. Jalgrattur koos rattaga kaalub 80 kG. Hakates liikuma paigalseisust mööda horisontaalset teed jääva jõu mõjul, saavutab ta ühe minuti jooksul kiiruse 18 km/h. Hõõrdejõud selle liikumise kestel on sõltumatu kiirusest ning võrdne 0,5 kG.

1. Arvutada jalgratturi poolt arendatav liikumapanev jõud.
2. Määrata selle aja jooksul jalgratturi poolt sooritatud töö hulk ning seejuures arendatav võimsus.
3. Saavutanud kiiruse 18 km/h, lakkab jalgrattur töötamast ning veereb edasi mööda horisontaalset teed. Kui pika tee ta läbib kuni peatumiseni samades tingimustes?

M102. Suurte kiirustega liikumiste uurimiseks vaadeldakse reaktiivmootoriga käivitatava kelgu liikumist mööda horisontaalseid rööpaid pikkusega 615 m. Kogu liikuv süsteem kaalub 50 kG ning libiseb ilma hõõrdumiseta.

1. Kütus tekitab 1,4 sekundi jooksul jõu 1500 kG.
  - a) Milline on seadme kiirendus?
  - b) Arvutada kiirus 1,4 s lõpuks.
  - c) Kui pika tee läbis kelk selle aja jooksul?
2. Pärast kütuse põlemise lõppu jääb seade vabaks igasuguste jõudude mõjust.
  - a) Milline on kelgu edasine liikumine?
  - b) Kui kaua peab see kestma, kui soovitakse pidurdada kelk tee viimasel 100 meetril?
3. Pidurdamine teostatakse jääva takistusjõu abil.
  - a) Milline peab olema selle jõu väärtus?
  - b) Milline on seejuures kiirendus?
  - c) Kui kaua kestab pidurdamine?
  - d) Kui kaua kestab kogu liikumine?

M103. Kaevanduse tõstuk kaalub 4 T ning kaevu sügavus on 280 m.

1. Soovitakse, et laskumisel kaevu liiguks tõstuk ühtlaselt kiirenevalt 50 m ulatuses ning saavutaks selle teelõigu lõpuks kiiruse 30 km/h, et ta pärast seda liiguks ühtlaselt 200 m ning lõpuks ühtlaselt aeglustuvalt ning saabuks lõpppunkti kiirusega null.

Kui suurt tõmbejõudu peab rakendama kaablile igal etapil, et kindlustada niisugune liikumine? Kui pika kestusega on liikumise iga etapp? Kui kaua kestab laskumine?

2. Sõega täidetud tõstuk kaalub 10 T ning seda soovitakse tõsta samas režiimis, milles toimus laskumine. Vastata kõigile punktis 1 esitatud küsimustele.

M104. 1. Vagun massiga 20 t hakkab veerema ilma algkiirusega mööda kaldpinda, mille kallak on 0,02. Jättes arvestamata kõik liikumist takistavad jõud, kirjutada vaguni liikumise võrrand. Määrata kiirus, mille vagun saavutab, läbinud 500 m, arvates lähtepunktist.

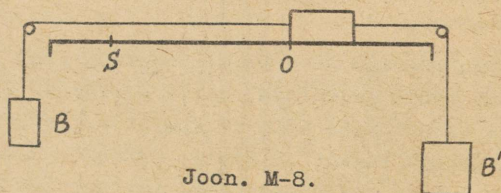
2. Momendil, kus vagun on läbinud 500 m, vajutatakse pidurile, mille mõju on ekvivalentne liikumisega vastassuunalise jõuga, mille väärtus on 10% vaguni kaalust. Kui pika tee läbib vagun pidurdamisel kuni seismajäämiseni? Kui palju soojust eraldub pidurdamisel?

3. Vaguni lakke on niidi abil riputatud väike raske kuulike. Millise nurga moodustab niisugune pendel vertikaaliga eelnevalt kirjeldatud liikumise kummaski faasis?

M105. Keha A massiga  $M = 1660$  g on asetatud pikale horisontaalsele lauale (joon. M-8) ning ühendatud kahe nööri abil kehadega B ja B', mis ripuvad vabalt ning mille massid on vastavalt  $m = 490$  g ja  $m' = 300$  g. Nööri

ning plokkide P ja P' massid, samuti ka kõik hõõrdejõud lugeda tähtsusetult väikesteks. Lastud vabaks, hakkab süsteem liikuma ühtlaselt kiirenevalt.

1. Määrata selle liikumise kiirendus.
2. Arvutada nööridele AB ja AB' mõjuvad tõmbejõud ning määrata otseselt nende tõmbejõudude vahe.
3. Arvutada aeg, mille kestel keha A, hakates liikuma paigalseisust punktis O, jõuab punkti S, kusjuures  $OS = 219$  cm. Määrata punkti S läbimise kiirus.
4. Momendil, kui keha A on punktis S, katkeb nöör AB. Milline on süsteemi A ja B' edasine liikumine? Millise aja kestel, arvates lähteasendist O, jõuab keha A samasse punkti tagasi?
5. Arvutada kahel erineval viisil nööri AB' tõmme pärast nööri AB katkemist.



Joon. M-8.

- M106. Maa peale langeb väga suurelt kauguselt meteoriid massiga 1 t. Määrata selle meteoriidi kineetiline energia 200 km kaugusel maapinnast eeldusel, et õhutakistus puudub.
- M107. 50-g massiga kivi visati 20 m kõrguselt vertikaalselt alla algkiirusega 18 m/s. Maapinnale langes see 24 m/s kiirusega. Kui palju energiat kulus õhutakistuse ületamiseks?
- M108. Keha visati vertikaalselt üles algkiirusega  $v_0$ . Kui-  
das sõltub ajast selle keha liikumise kiirus, kui õhutakistus sellele liikumisele on võrdeline kiirusega?

- M109. Olgu veetakistus paadi liikumisele võrdeline selle kiirusega. Kuidas sellisel juhul oleneb paadi kiirus tee pikkusest, kui aega hakatakse lugema momendist, mil paat liikus kiirusega  $v_0$  ning puri langetati?
- M110. Keks samast ainest valmistatud ümmargust kuulikest langevad õhus. Õhutakistus kuulikeste liikumisele on võrdeline nende frontaallõike pindalaga ning kiiruse ruuduga. Kuidas suhtuvad kuulikeste püsijäänud kiirused, kui nende raadiuste suhe on 2?
- M111. Kerakujuline kuulike läbimõõduga 4 mm, mille aine tihedus on  $1 \text{ g/cm}^3$ , langeb õhus. Määrata selle liikumise kiiruse piirväärtus (püsijäänud kiirus), võttes õhutakistuse valemis  $R = kSv^2$  ( $S$  - frontaallõike pindala,  $v$  - kiirus)  $k$  väärtuseks  $0,25 \text{ SI}$  ühikut.
- M112. Milline peab olema langevarju läbimõõt, et langemise kiiruse piirväärtus oleks  $5 \text{ m/s}$ , kui langevarju ja koormuse kogukaal on  $100 \text{ kg}$ ? Õhutakistuse valemis  $R = kSv^2$  on  $k$   $1,6 \text{ SI}$  ühikut.
- M113. Takistusjõud keha liikumisel õhus on avaldatav valemiga  $R = c\rho Sv^2$ , kus  $\rho$  on õhu tihedus ning  $c$  keha kujutegur. Teades, et  $1\text{-cm}$  läbimõõduga kuulikeste langemisel nende kiiruste piirväärtus on  $16 \text{ m/s}$  ja et  $\rho = 1,25 \text{ g/l}$ , arvutada sfääri kujutegur  $c$ .
- M114. 1) Õõnsa alumiiniumkera läbimõõt on  $4 \text{ cm}$  ning tema mass  $5 \text{ g}$ . Arvutada selle kera langemiskiiruse piirväärtus õhus, kui takistusjõu valemis  $R = kSv^2$   $k = 0,25 \text{ SI}$  ühikut.
- 2) Milliseks osutub kiiruse piirväärtus, kui samade välismõõtmetega kera on massiivne?
- 3) Esimene kahest kõnealusest kerast kinnitatakse varda otsa, mille massi võib pidada tähtsusetult väikeseks ning mis saab vabalt pöörelda varda teist otsa läbiva horisontaalse telje ümber. Kui selline seade asetada horisontaalsesse tuulde kiirusega  $v$ , kaldub varras vertikaalasendist nurga  $\varphi$  võrra.

- a) Tõestada, et nurga  $\varphi$  väärtus ei sõltu varda pikkusest.
- b) Määrata nurga  $\varphi$  sõltuvus tuule kiirusest v.
- c) Joonestada kõver, mis väljendaks sõltuvust  $v(\varphi)$ , võttes punktideks  $\varphi$  väärtused  $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ .

### III. RINGLIKKUMINE JA GRAVITATSIOON

- M115. Millise jõuga tõmbuvad kaks kokkupuutuvat ümmargust raudkuulikest, kumbki raadiusega 10 cm?
- M116. Maa ja Kuu tsentrite vaheline kaugus muutub 407 000 km-st 357 000 km-ni. Maa mass on 81 korda suurem Kuu massist. Missugustes piirides asuvad punktid, kuhu asetatud kehale Maa ja Kuu avaldavad võrdset tõmmet?
- M117. Stratostaat tõusis 22 km kõrgusele maapinnast. Missuguse osa oma kaalust kaotavad stratostaadil olevad esemed?
- M118. a) Vertikaalselt üleslastud rakett tõusis 1600 km kõrgusele. Teades vabalangemise kiirendust maapinnal ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) ning Maa raadiust (6400 km), määrata kiirendus, millega rakett hakkab alla langema.  
b) Millisel kõrgusel maapinnast oleks vabalangemise kiirendus  $1 \text{ m/s}^2$ ?
- M119. Millise kiirenduse annab Päike Maa peal olevatele esemetele?
- M120. Viljapeksumasina trummel kaalub 100 kg ning pöörleb sagedusega 1000 pööret minutis. Eeldame, et puuduliku reguleerimise tõttu asetseb trumli raskuskese 1 mm võrra väljaspool pöörlemistelge. Kui suur kõikumine tekib selle tagajärjel võlli rõhumises laagritele?
- M121. 100-g massiga kuulike tiirleb ringjoont mööda horisontaalse telje ümber, olles seotud teljega niidi

abil, mille pikkus on 30 cm. Niit kannatab kuni 700-G-st tõmmet. Missuguse nurkkiiruse juures ta katkeb?

- M122. Sileda pinnaga peen varb pöörleb horisontaaltasandis ümber vertikaalse telje püsiva nurkkiirusega  $\omega = 40\pi$  1/s. Vardale on kinnitatud muhvice massiga  $m = 100$  g kaugusel  $a_0 = 2$  cm teljest. Mingil momendil  $t_0 = 0$  vabastatakse muhvice ning ta hakkab hõõrdumisvabalt libisema mööda varrast. Määrata selle muhvice kaugus  $x$  teljest ajamomendil  $t$ . Millise jõumomendi  $M$  peab rakendama vardale, et ta jätkaks ühtlast pöörlemist?
- M123. Trossi otsa on riputatud 100-kG raskus. Millise maksimaalse nurga võrra võib kallutada trossi vertikaalasendist, et ta ei katkeks koormuse võnkudes? Tross katkeb 150-kG jõu mõjul.
- M124. Kausil on pöördparaboloidi kuju vertikaalse teljega  $z$ , tema lõikumisel vertikaaltasandiga tekib joon, mille võrrand on  $z = k(x^2 + y^2)$ . Kausi seesmist silledat pinda mööda libiseb kõrguselt  $h$  alla väike kuu-like, mille mass on  $m$ . Määrata jõud, millega see kuu-like rõhub kausi põhjale.
- M125. 1-kG tsentripetaaljõu mõjul liigub keha horisontaaltasandis ringjoont mööda, mille raadius on 1 m. Määrata selle keha kineetiline energia.
- M126. Väike keha libiseb hõõrdumiseta alla kaldpinnalt, mille kõrgus on  $h$ . Kaldpind läheb üle silmuseks raadiusega  $R$ . Millisel kõrgusel  $h_1$  langeb keha silmusest välja? Milline peab olema kaldpinna kõrgus  $h$ , et keha sooritaks "surmasõlme"?
- M127. Mootorrattur sõidab horisontaalset teed mööda. Milline peab olema minimaalne kiirus, et ta saaks väljalülitatud mootoriga teha 4-m raadiusega "surmasõlme"? Hõõrdumine, õhutakistus ning pöörlemise energia jätta arvestamata.

- M128. Kera pinna lagipunktist hakkab hõõrdumiseta libisema väike keha. Millisel kõrgusel, arvates kera keskpunktist, lahkub see keha kera pinnalt?
- M129. Tsentrifugaalregulaatori mudel pöörleb, tehes 3 pöörret sekundis. Määrata varraste kaldenurk vertikaalsihiga, kui varda pikkus on 14 cm. Varraste mass jätta arvestamata.
- M130. Millise nurkkiirusega peab pöörlema karussell, et pöörlemisel ringi külge kinnitatud korvikeste kandevarvad moodustaksid vertikaalasendiga  $60^\circ$ -se nurga? Ringi raadius on 5 m, kandevarbade pikkused samuti 5 m.
- M131. a) Teekurvil kallutas jalgrattur end  $10^\circ$  võrra vertikaalasendist. Millise kiirusega ta sõitis, kui kurvi raadius on 60 m?  
 b) Millise maksimaalse kiirusega saab sõita jalgrattur 50-m raadiusega kurvil, kui asfaldi ja jalgrattakummide vaheline hõõrdetegur on 0,3? Kui suure nurga võrra peab jalgrattur ennast kallutama?
- M132. Mootorrattur sõidab vertikaalse silindri seesmist pinda mööda. Silindri raadius on 11,2 m. Mootorratturi (koos mootorrattaga) masskese on 0,8 m kaugusel silindri pinnast. Kummide ja silindri seina vaheline hõõrdetegur on 0,6. Millise minimaalse kiirusega peab mootorrattur sõitma? Millise nurga moodustab ta horisondiga?
- M133. Määrata planeedi kaugus Päikesest (D), kui on teada Päikese mass (M), planeedi tiirlemisperiood (T) ning gravitatsioonikonstant ( $\gamma$ ).
- M134. Määrata Maa ja Kuu vaheline kaugus, kui on teada: Maa raadius on 6400 km, Maa keskmine tihedus  $5,5 \text{ g/cm}^3$ , Kuu tiirlemisperiood ümber Maa 27 ööpäeva.

- M135. Maa tehiskaaslase tiirlemisperiood on 2 tundi. Määrata selle kaaslase kaugus maapinnast, pidades tema trajektoori ringjooneks.
- M136. Üks Saturni kaaslane asub temast niisama kaugel kui Kuu Maast. Tema tiirlemisperiood on aga 10 korda väiksem kui Kuul. Määrata nendest andmetest Maa ja Saturni masside suhe.
- M137. Määrata raskuskiirendus Päikese pinnal, teades, et Päikese raadius on 108 korda suurem Maa raadiusest ning tema tihedus 4 korda väiksem Maa tihedusest.
- M138. Kuidas saaks määrata maakera massi ja keskmise tiheduse, kui on teada raadius  $R$ , raskuskiirendus  $g$  Maa pinnal ja gravitatsioonikonstant  $\gamma$  ?
- M139. Mingi planeet pöörleb nii, et tema pöörlemisperiood on 7 korda väiksem Maa pöörlemisperioodist. Milline peab olema selle planeedi tihedus, et kehad tema ekvaatoril oleksid kaalutud?
- M140. Kui palju energiat kuluks 1-g keha viimiseks maapinnalt lõpmata kaugele?
- M141. Määrata kaugusel  $r$  Maa tsentrist asetseva keha (ainepunkt  $m$ ) potentsiaalne energia.
- M142. Määrata Maa pealt visatud keha esimene ja teine kosmiline kiirus.
- M143. Kui lasta kosmiline rakett üles Kuu pinnalt, siis millise minimaalse kiiruse peaks temale andma, et ta jäädavalt lahkuks Kuult? Kuu mass on  $7,4 \cdot 10^{22}$  kg, raadius 1700 km.

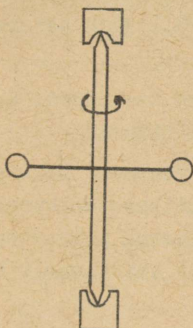
#### IV. KINDLA KEHA PÖÖRLEMINE

- M144. Kaks kuulikest massiga  $m_1 = 40$  g ja  $m_2 = 120$  g on ühendatud vardaga, mille pikkus  $l = 20$  cm ning mass tähtsusetult väike. Määrata selle süsteemi inertsii-

moment telje suhtes, mis läbib tema masskeset ning on risti vardaga.

- M145. Neli ainepunkti, igaüks massiga  $m$ , asuvad ruudu tipudes, mille külje pikkus on  $a$ . Määrata niisuguse süsteemi inertsimoment telje suhtes, mis asub ruudu tasapinnas, läbib selle tsentrit ning moodustab  $45^\circ$ -st erineva teravnurga  $\beta$  ruudu diagonaaliga.
- M146. Määrata peene varda ( $m$ ,  $l$ ) inertsimoment kolmel järgneval juhul: 1) telg läbib varda keskpunkti, moodustades sellega  $30^\circ$ -se nurga; 2) telg on paralleelne vardaga ning asub vardast kaugusel  $a$ ; 3) telg on risti vardaga ning asub selle keskpunktist kaugusel  $b$ .
- M147. Kui palju peab pikendama 75 cm pikkust ühtlast varrast, et tema inertsimoment varda keskpunkti risti vardaga läbiva telje suhtes kahekordistuks?
- M148. Määrata homogeense ketta inertsimoment telje suhtes, mis asub ketta tsentrist 20 cm kaugusel ning on risti tema tasapinnaga. Ketas kaalub 0,7 kg, tema raadius on 0,8 m.
- M149. Määrata Maa pöörlemishulk tema polaartelje suhtes. Maad võib pidada korrapäraseks keraks raadiusega 6400 km ning keskmise tihedusega  $5,5 \text{ g/cm}^3$ .
- M150. a) 100-g massiga ketas veereb horisontaalset tasapinda mööda kiirusega 2 m/s. Määrata selle ketta kineetiline energia.  
b) Sama küsimus rõnga kohta, mille mass ja kiirus on vastavalt 0,2 kg ja 1 m/s.
- M151. Millise osa moodustab pöörlemise energia kogu kineetilisest energiast 1) rõnga, 2) silindri ja 3) kera veeremisel?
- M152. Kuulike läbimõõduga  $d = 6 \text{ cm}$  veereb mööda põrandat ning jääb seisma  $t = 2 \text{ s}$  pärast, läbinud tee pikkusega  $s = 70 \text{ cm}$ . Määrata veeremise hõõrdetegur  $k$ , pidades seda jäävaks.

M153.

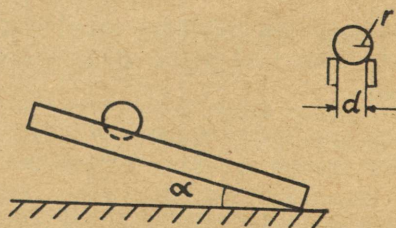


Joon. M-9.

Vertikaalsele võllile on kinnitatud sellega risti olev 1 m pikkune peenike varras (joon. M-9), mille inertsimomendi võib jätta arvestamata. Varra kummaski otsas asuvad ühesugused kuulikesed ning kogu süsteem pöörleb mingi sagedusega  $\gamma$ . Võlli pidurdamisel teeb see viimase 5 s jooksul 12 pööret. Kui kuulikeste kaugust teljest vähendada, siis samades pidurdustingimustes teeb võll viimased 12 pööret 3 s jooksul. Milline on nüüd kuulikeste kaugust teljest?

- M154. Hooratas pannakse pöörlema, rakendades talle momenti 4 kGm. Millise kineetilise energia saab hooratas, kui tema inertsimoment on  $8 \text{ kGms}^2$  ning ühtlaselt kiirenev pöörlemine kestis 10 s?
- M155. Mootori võimsus on 1 kW, tema ankur teeb 240 pööret minutis. Määrata pöördemoment.
- M156. 0,1-kW võimsusega mootor käivitab treipingi. Treipingil töödeldava puitsilindri läbimõõt on 6 cm ning ta pöörleb sagedusega 600 pööret minutis. Määrata jõud, millega tera lõikab laastu, arvestades, et treipingi võimsus moodustab 80% mootori võimsusest.
- M157. Et panna hooratas pöörlema sagedusega 8 pööret sekundis, tuli teha 1 kJ tööd. Millise pöörlemishulga sai hooratas?
- M158. Kettakujuuline hooratas ( $m = 50 \text{ kg}$ ,  $R = 20 \text{ cm}$ ) pöörleb, tehes 480 pööret minutis. Hõõrdumise tõttu jääb ta seisma. Määrata hõõrdejõu moment, kui ratas 1) jääb seisma 50 s jooksul, 2) teeb seismajäämiseni 200 täispööret.

- M159. Võll ( $m = 50$  kg,  $r = 10$  cm) pöörleb, tehes 600 pööret minutis. Vastu võlli silindrilist pinda surutakse piduriklots jõuga 4 kG, mistõttu võll jääb seisma 10 s jooksul. Leida hõõrdetegur.
- M160. Millise joonkiiruse saavutab kera keskpunkt, kui kera veereb alla 1 m kõrguselt kaldpinnalt?
- M161. Kaldpinnalt, mille kõrgus on  $h$ , veerevad alla peenike rõngas ja silinder. Millise kiiruse saavutavad nende kehade tsentrid? Võrrelda tulemusi kiirustega, mille saavutaksid samad kehad samalt kaldpinnalt hõõrdumiseta alla libisedes.
- M162. a) Kaldpinna kõrgus  $h = 0,5$  m, pikkus  $l = 10$  m. Kui palju aega kulub peenikesel rõngal seda pinda mööda allaveeremiseks?  
 b) Sama küsimus ketta puhul, kui  $h = 0,5$  m ja  $l = 1,4$  m.
- M163. Vankrike massiga  $m$ , mille rattaid võib pidada ketasteks massiga  $m/4$ , hakkab veerema mööda kaldpinda, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha = 30^\circ$ . Millise aja jooksul läbib ta 98 cm pikkuse tee?
- M164. Kaks tugevat joonlauda on asetatud paralleelselt  $d = 2$  cm kaugusele teineteisest ning  $\alpha = 5^\circ$  nurga all horisondiga (joon. M-10). Millise kiirendusega veereb neid joonlaudu mööda alla kuulike, mille raadius  $r = 1,5$  cm?



Joon. M-10.

Milline peab olema kuulikese raadius, et tema kulg-

liikumise energia oleks võrdne pöörlemise energiaga?

M165. Homogeenne kera veereb libisemata kaldpinnalt, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha$ . Määrata kaldpinna ja kera vahel mõjuv hõõrdejõud ning kera keskpunkti kiirendus.

M166. Kui suur peab olema hõõrdetegur  $k$ , et homogeenne silinder veereks libisemata kaldpinnalt, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha$ ?

M167. 5 m pikkune vertikaalne post saetakse maha maapinna juurest. Määrata posti ülemise otsa joonkiirus lange-mise lõppmomentil.

Millise postipunkti kiirus on kogu langemise kestel niisugune, nagu on kehal, mis langeb vabalt samalt kõrguselt?

M168. a) Ühtlane varras pikkusega 1 m on kinnitatud ühte otsa pidi horisontaalse telje külge. Millise nurga võrra peab kallutama varrast vertikaalasendist, et tema alumine ots läbiks tasakaaluasendi kiirusega 5 m/s?

b) Millise minimaalse kiiruse peab andma varda alumisele otsale, et varras teeks täispöörde ümber telje?

M169. 10-kG silinder on asetatud horisontaalsele teljele. Silindrile on mähitud pael, mille otsas ripub 2-kG viht. Millise kiirendusega hakkab see laskuma?

M170. Horisontaalsele teljele on paigutatud rihmaratas raadiusega 8 cm. Rattale on mähitud pael, mille otsas ripub 1-kG koormus. Laskudes ühtlaselt kiirenevalt, läbis koormus 1,6 m 2 s kestel. Määrata ratta inertsi-moment.

M171. Võlli ( $R = 5$  cm) ümber on mähitud kaks paela, mille otsad on kinnitatud vertikaalse seina külge (joon. M-11). Kui võll vabastada, hakkab ta mööda seina alla veerema. Millise nurkkiiruse saavutab võll, kui ta

on laskunud 2 m võrra? Kui palju kulus selleks aega?

- M172. Ringikujuline platvorm, mille äärel seisab inimene, pöörleb vabalt ümber vertikaaltelje. Platvormi raadius on 10 m ja tema mass 4 korda suurem inimese massist. Kuidas muutub platvormi nurkkiirus, kui inimene läheb 1) 0,5 m tsentri poole, 2) tsentrisse? Inimest vaadelda kui ainepunkti.



Joon. M-11.

- M173. Pöörleval (Žukovski) pingil seisab inimene ning hoiab väljasirutatud kätes kahte pomm, kummagi mass  $m = 2$  kg. Pommide vahemaa on seejuures  $l_1 = 1,5$  m ning pink pöörleb sagedusega  $n_1 = 1$  pööre sekundis. Kui inimene laseb käed alla ja pommide vahemaa väheneb  $l_2 = 80$  cm-ni, hakkab pink pöörlema sagedusega  $n_2 = 1,5$  pöoret sekundis. Määrata inimese poolt tehtud töö, pidades inimese inertsimomenti pöörlemistelje suhtes jäävaks.
- M174. Vabalt pöörlevale horisontaalsele teljele on kinnitatud plokk (homogeenne ketas massiga  $M$ ). Üle ploki on asetatud nöör, mille kummaski otsas ripub üks ahv massiga  $m$ . Üks ahvidest hakkab kiirusega  $u$  mööda nöörü üles ronima. Millise kiirusega  $v$  hakkab liikuma teine ahv? Arvestada, et nöör plokil ei libise.
- M175. Määrata mõõga nn. löögitsenter, s.o. punkt, millega näiteks vitsa raiudes käsi ei tunneks lööki. Mõõka võib pidada homogeeneks plaadiks pikkusega 1.
- M176. Kaldpinda mööda, mis moodustab horisondiga nurga  $30^\circ$ , veereb libisemata alla homogeenne silinder massiga 300 g. Määrata kaldpinna ja silindri vahel mõjuv hõõrdejõud.

## V. STAATIKA

- M177. a) Kolm jõudu - 9 N, 8 N ja 12 N - on rakendatud ühes punktis ja moodustavad omavahel täisnurgad. Määrata nende jõudude resultant.
- b) Sama ülesanne, kuid jõud on võrdsed ( $\approx 10$  N) ja nendevahelised nurgad on  $60^\circ$ .
- M178. 1,7 m pikkuse paela otsad on kinnitatud kahe samal kõrgusel asuva naela külge, mille vahemaa on 1,5 m. Paela keskel ripub 200-G kaaluga keha. Määrata paela pingutav jõud.
- M179. Kera massiga 5 kg toetub kahele tasapinnale, millest üks moodustab horisondiga  $35^\circ$ , teine  $20^\circ$ -se nurga. Määrata tasapindade reaktsioonid kera rõhumisele.
- M180. 10 kG raskune latern riputatakse tänava kohale köie abil, mis kannatab kuni 50-kG tõmmet. Tänavala laius on 10 m ja latern peab asuma selle keskaigas 5 m kõrgusel maapinnast. Kui kõrgele maja seintele tuleb kinnitada köie otsad?
- M181.

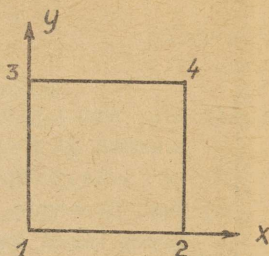


Joon. M-12.

kus on 10 cm (joon. M-13).

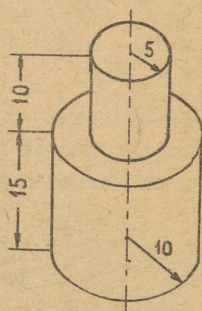
- a) Kolm kuulikest ( $m_1 = 100$  g;  $m_2 = 400$  g;  $m_3 = 500$  g) on asetatud täisnurkse kolmnurga tippudesse, mille kaatete pikkused on 7 cm ja 3 cm (joon. M-12). Määrata niisuguse süsteemi massikeskme koordinaadid.
- b) Sama küsimus, kui neli kuulikest ( $m_1 = 300$  g;  $m_2 = 400$  g;  $m_3 = 200$  g;  $m_4 = 100$  g) asetsevad ruudu tippudes, mille külje pikkus on 10 cm (joon. M-13).

M182. Määrata joonisel M-14 kujutatud homogeense keha masskeskme asukoht. Keha mõõtmed on antud cm-tes.



Joon. M-13.

M183. Homogeenses kettakujulises plaadis raadiusega  $r_1 = 5$  dm on ümmargune ava raadiusega  $r_2 = 3$  dm (joon. M-15). Plaadi ja ava tsentrite vahemaa  $O_1O_2 = 1$  dm. Määrata niisuguse plaadi masskeskme asukoht.

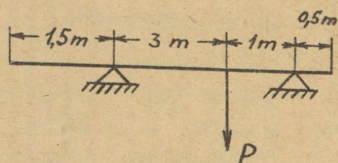


Joon. M-14.

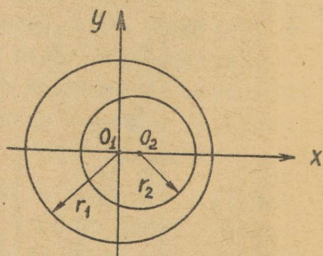
M184. Määrata homogeense poolketta masskeskme kaugus teda piiravast diameetrist.

M185. Homogeensest materjalist valmistatud ümmarguse püstkoonuse potentsiaalne energia on ühesugune koonuse püst- ja pikaliasendis. Määrata selle koonuse moodustaja ja telje vaheline nurk.

M186. Kahele toele asetatud saelaua seisab inimene (joon. M-16). Laua kaal  $Q = 800$  N, inimese kaal  $P = 600$  N. Määrata tugevde reaktsioonid.



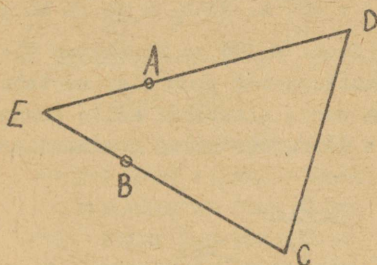
Joon. M-16.



Joon. M-15.

M187. Kaalu kangki pikkus  $2 l = 30$  cm, kangki kaal  $P = 300$  G, osuti pikkus  $D = 30$  cm. Kui asetada tasakaalus oleva kaalu ühele kausile lisakoormus  $p = 0,01$  G, nihkub osuti ots  $k = 0,3$  cm. Määrata kaalukangi masskeskme kaugus prisma toetusservast.

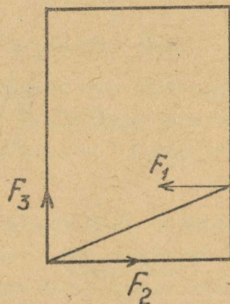
M188.



Joon. M-17.

M189. Siledasse silindrilisse klaasanumasse on asetatud klaaspulk (joon. M-18). Silindri raadius on 7 cm, pulga pikkus 15 cm. Pulk kaalub 30 G. Määrata anuma seinte ja põhja reaktsioonid  $F_1$ ,  $F_2$  ja  $F_3$ .

Joonisel M-17 kujutatud kolmnurgakujuline laud EDC toetub neljale jalale A, B, C, D. Määrata jalgade A ja B asetus, mille puhul laua raskus ja-guneb jalgadele võrd-selt.



Joon. M-18.

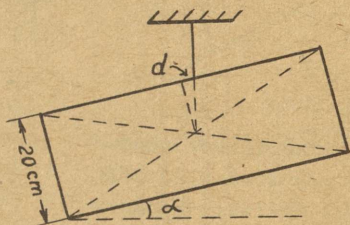
M190. Kiiluga, mille tipunurk on  $30^\circ$ , lõhestatakse palki. Milline peab olema hõõrdetegur, et kiil tagasi ei libiseks?

M191. Redel seisab horisontaalsel põrandal ning toetub vastu püstseina. Hõõrdetegur redeli ja põranda vahel on 0,5 ning redeli ja seina vahel 0,4. Redeli massikeske asub selle keskpunktis. Määrata minimaalne nurk redeli ja põranda vahel, mille juures redel maha ei libise. Kas sellises asendis redel libiseb

maha, kui inimene astub redeli 1) alumisele, 2) ülemisele pulgale?

M192. Puitvarb pikkusega  $l = 1 \text{ m}$  ning tihedusega  $D = 0,8 \text{ g/cm}^3$  on riputatud ühte otsa pidi üles. Varva teine ots on vees. Millise nurga moodustab varb vertikaalsihiga tasakaaluasendis, kui varva ülemine ots asub veepinnast 1)  $h_1 = 30 \text{ cm}$ , 2)  $h_2 = 70 \text{ cm}$  kõrgusel.

M193. 20 cm paksune pruss (joon. M-19) on riputatud üles nööri abil, mille kinnituspunkt asub ülemise tahu telgjoonel, kuid 2 cm võrra nihutatud selle keskpunktist. Missuguse nurga moodustab pruss horisondiga tasakaaluasendis?



Joon. M-19.

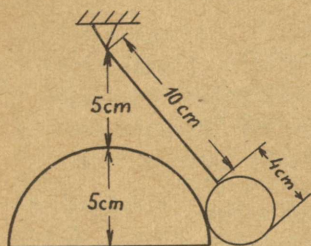
M194.



Joon. M-20.

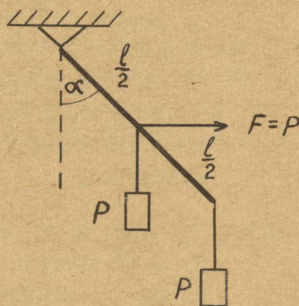
Kaks ühesugust ümmargust kuuli ( $R = 3 \text{ cm}$ ;  $m = 1 \text{ kg}$ ) ripuvad võrdsete pikkustega paelte ( $l = 12 \text{ cm}$ ) otsas, mis on kinnitatud samas punktis (joon. M-20). Määrata paeltele mõjuv tõmbejõud ning kuulide vastastikune surve.

M195. Joonisel M-21 kujutatud kuul toetub poolkera pinnale.



Joon. M-21.

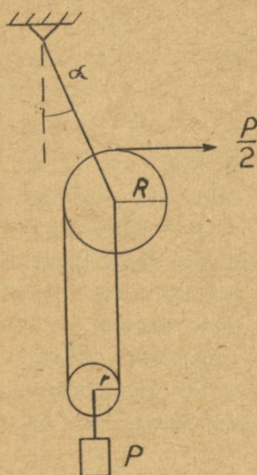
Määrata teda kandvale paelale mõjuv tõmbejõud ning jõud, millega kuul mõjutab poolkera, kui kuuli mass on 80 g.



Joon. M-22.

M196. Joonisel M-22 kujutatud varras saab vabalt pöörelda oma ülemise otsa A ümber. Varda keskpunktis M on rakendatud horisontaalne jõud  $F$  ning riputatud koormus  $P$ . Teine samasugune koormus  $P$  ripub varda alumises otsas. Missuguse nurga  $\alpha$  moodustab varras vertikaalsihiga süsteemi tasakaaluolekus, kui  $F = P$  ning varras on kaalutu?

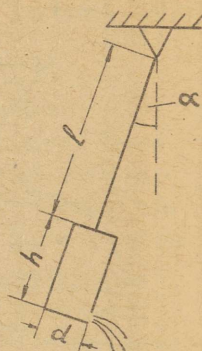
M197.



Joonisel M-23 kujutatud süsteemis saab varras AB pöörelda ülemise otsa A ümber. Plokiketaste raadiused  $R : r = 2 : 1$ . Millise asendi vertikaalsihi suhtes võtab varras süsteemi tasakaaluolekus, kui varras ja plokikettad on kaalutud?

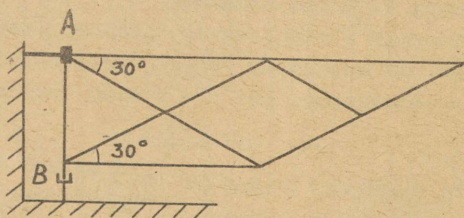
Joon. M-23.

- M198. Silindriline paak ( $d = 20$  cm;  $h = 1$  m) on jäigalt kinnitatud peene varva otsa ( $l = 3$  m), mille teine ots on šarniiri abil kinnitatud lakke (joon.M-24). Paak on täidetud veega, mis voolab välja paagi seinas selle põhja juures olevast külgevast pindalaga  $S = 2$  cm<sup>2</sup>. Millise nurga võrra kaldub vertikaalasendist kõrvale paaki kande varras? Vee nivoo langemine paagis jätta arvestamata.



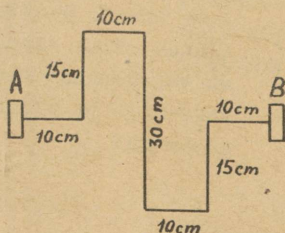
Joon. M-24.

- M199. Joonisel M-25 kujutatud värav on valmistatud ühesuguse ristlõikega raudvarbadest. Tugi A on ehitatud nii, et ta ei kannu vertikaalset koormust. Varda AB kaal on 50 kg. Määrata tugelele A ja B mõjuvad jõud.



Joon. M-25.

M200.



Joon. M-26.

Joonisel M-26 kujutatud väntvõlli mudel on valmistatud 1-cm läbimõõduga raudvitsast. Millist survet avaldab selline võll laagritele A ja B, kui ta pöörleb sagedusega 5 pöörret sekundis: 1) momendil,

mil võlli asub vertikaaltasandis ning 2) momendil, mil ta on horisontaalasendis?

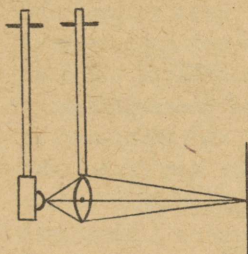
- M201. a) Kui palju tööd tuleb teha raudkuubi ( $m = 200 \text{ kg}$ ) kantimisel, pöörates kuupi ühelt tahult teisele üle serva horisontaalsel tasapinnal?  
b) Sama küsimus, kui kerge kuubikujuline kest servaga 1 m on pooleni täidetud veega.
- M202. Kuubikujulist kasti viidi horisontaalpinda mööda kaugele L kahel viisil: 1) kantides üle serva; 2) libistades mööda pinda. Milline peab olema hõõrdetegur kasti ja pinna vahel, et mõlemal juhul tehtaks sama palju tööd?

#### VI. VÕNKUMISED JA LAINED

- M203. Ainepunkti võnkumise võrrand on  $x = 8 \sin \pi (t + 0,25)$  (suurused mõõdetud CGS süsteemi ühikutes). Määrata selle võnkumise amplituud, periood ja algfaas (kraadides).
- M204. Harmooniliselt võnkuva ainepunkti võnkeperiood on 2,4 s, amplituud 5 cm, algfaas null. Määrata selle punkti hälve, kiirus ja kiirendus 0,4 s pärast võnkumise algust.
- M205. Ainepunkt võngub harmooniliselt.
- Kui pika aja möödudes pärast tasakaaluasendi läbimist on punkti kiirus kaks korda väiksem maksimaalsest?
  - Milline on punkti võnkumise maksimaalse ja keskmise kiiruse suhe?
  - Milline osa perioodist kulub harmooniliselt võnkuval punktil, et läbida 1) tee tasakaaluasendist ühe äärmise asendini, 2) esimene pool, 3) esimene kolmandik ja 4) teine kolmandik sellest teest?

- M206. Harmooniliselt võnkuva ainepunkti võnkeamplituud on 5 cm, ringsagedus  $2 \frac{1}{3}$ , algfaas null. Määrata selle punkti kiirendus momendil, mil tema kiirus on 6 cm/s.
- M207. Ainepunkti võnkumise võrrand on  $x = 10 \sin 5 t$  (pikkus mõõdetud sentimeetrites, aeg sekundites). Määrata selle võnkumise periood ning direktsioonijõu ja kineetilise energia maksimaalsed väärtused, kui ainepunkti mass on 0,4 g.
- M208. Ainepunkt M massiga 100 g on sirgjoonelises liikumises jõu  $f$  mõjul, mis on suunatud punkti O poole ning mille väärtus on võrdeline kaugusega OM. Kui ainepunkt asub 1 cm kaugusel O-st, on  $f = 3,6 \cdot 10^{-2}$  N.
- Määrata selle liikumise periood.
  - Kui võtta punkt O abstsissitelje alguspunktiks ja kui ajamomendil null ainepunkt on asendis O ning liigub seejuures kiirusega 30 cm/s positiivses suunas, milline on siis liikumise võrrand? Kuidas sõltuvad ajast liikumise kiirus ja kiirendus ning samuti ka jõud  $f$ ?
  - Määrata ajamoment, mil ainepunkt läbib esmakordselt asendi  $x = -3$  cm positiivses suunas, ning leida võnkuva punkti kineetiline ja potentsiaalne energia samal momendil.
  - Kui palju vähenevad amplituud ja energia, kui liikumise maksimaalne kiirus on vähenenud  $1/100$  võrra oma algväärtusest?
- M209. Kaks sama sagedusega ühesihilist harmoonilist võnkumist liituvad üheks harmooniliseks võnkumiseks amplituudiga 6 cm. Leida liidetavate võnkumiste faaside vahe, teades, et nende võnkumiste amplituudid on 3 ja 4 cm.
- M210. Määrata kahe samasihilise võnkumise liitmisel tekki-va võnkumise amplituud ja algfaas ning kirjutada selle võnkumise võrrand, kui lähtevõnkumiste võrrandid on  $x_1 = \sin \pi (t + 1/2)$ ,  $x_2 = \sin \pi (t + 1)$ .

M211. Kaks ühesugust pendlit  $P_1$  ja  $P_2$  (joon. M-27), mille võnkesagedused on kummalgi 1 Hz, saavad võnkuda kahes paralleelses vertikaalses tasapinnas. Esi-  
 mesele pendlile on kinnitatud valgusallikas S, teisele - kumerlääts optilise tsentriga punktis O. Kui mõlemad pendlid on liikumatult tasakaalu-



Joon. M-27.

asendis, on läätsse tsentri ja valgusallika vaheline kaugus 50 cm ning läätselt 1,5 m kaugusel oleval ekraanil E tekib allika S kujutis A.

- Pendel  $P_1$  pannakse võnkuma amplituudiga 1 cm. Kirjutada punktide S ja A liikumiste võrrandid.
- Pendli  $P_1$  paigaloleku ajal pannakse võnkuma pendel  $P_2$  amplituudiga 1 cm. Kuidas avalduvad nüüd punktide S ja A liikumised?
- Sama küsimus juhul, kui mõlemad pendlid võnguvad amplituudiga 1 cm 1) samas faasis, 2) vastasfaasis, 3)  $P_1$  jääb  $P_2$ -st  $\pi/2$  võrra maha.

M212. Ainepunkt võtab üheaegselt osa kahest vastastikkü ristuvast harmoonilisest võnkumisest:  $x = 3 \cos \tilde{\omega} t$  ja  $y = 2 \cos \tilde{\omega} (t + 1/2)$ . Leida selle punkti trajektoori võrrand.

M213. Ainepunkt võtab üheaegselt osa kahest vastastikkü ristuvast harmoonilisest võnkumisest:  $x = 3 \sin t$ ;  $y = \cos t$ . Leida selle võnkumise trajektoor ning joonestada graafik mingis kindlas mastaabis.

M214. Üks matemaatiline pendel võngub, tehes  $n_1 = 12$  võnget ajavahemikus, milles teine teeb  $n_2 = 13$  võnget. Määrata nende pendlite pikkuste suhe.

M215. Peenike varb on riputatud üles nelja niidi abil, mille pikkused  $l = 80$  cm (joon. M-28). Kahe kinni-

tasaniidi vaheline nurk  $\alpha = 49^\circ$ . Määrata varva võnkeperiood.



Joon. M-28.

- M216. Lifti kabiinis ripub matemaatilise pendli mudel pikkusega 1 m. Milline on selle pendli võnkeperiood, kui lift 1) laskub, 2) tõuseb kiirendusega  $0,8 \text{ m/s}^2$ ?
- M217. Matemaatilise pendli mudel pikkusega 50 cm võngub lennuki kabiinis. Määrata tema võnkeperiood, kui lennuk 1) liigub ühtlaselt, 2) liigub horisontaalselt kiirendusega  $a = 2,5 \text{ m/s}^2$ , 3) planeerib alla  $\alpha = 15^\circ$  nurga all horisondiga.
- M218. Matemaatilise pendli mudel asub vedelikus, mille tihedus on  $n = 1,2$  korda väiksem kuulikesest aine tihedusest. Niidi pikkus on 10 cm. Määrata selle pendli võnkeperiood, jättes arvestamata vedeliku takistuse tema liikumisele.
- M219. Õhuke ristkülikukujuline plaat võngub ümber horisontaalse telje, mis asub plaadi tasapinnas ning on ristitud plaadi ühe küljega, mille pikkus on  $l$ . 1) Määrata võnkumiste periood, kui telg läbib plaadi ülemist serva. 2) Milline peab olema telje kaugus ülemisest servast, et võnkumiste periood oleks minimaalne? Määrata selle minimaalse perioodi väärtus.
- M220. Pendel koosneb seatinakuulist massiga 200 g, mis ripub 2 m pikkuse niidi otsas. Kuuli mõõtmeid võib pidada tähtsusetult väikesteks, võrreldes niidi pikkusega.
- a) Arvutada selle pendli võnkumiste periood väi-

keste hälvete korral.

- b) Maksimaalse hälbe korral on kuul 20 cm kõrgusel, arvates tema tasakaaluasendi nivoost. Milline on kuuli kineetiline energia ning tema kiirus tasakaaluasendi läbimise momendil?
- c) Oletame nüüd, et läbides vertikaalasendit, kohatab pendel üht naela, mis asub punktis  $O'$  üks meeter allpool niidi kinnituspunkti  $O$ . Kirjeldatakse pendli edasist liikumist. Milline on niidi pingete suhe pendli kahe äärmise asendi puhul?
- d) Määrata selle viimase liikumise periood väikeste hälvete korral.

M221. Määrata valgevasest pendli võnkeperioodi suhteline muutus temperatuuri tõustes 10 kraadi võrra. Kui palju jääb taha ööpäeva jooksul niisuguse pendliga varustatud kell, kui ta enne temperatuuri tõstmist käis täpselt?

M222. Seinakell on paigutatud vaakumküpli alla ning tema pendli võnkeperiood on seal täpselt 2 sekundit. Kuidas muutub selle kella käik, kui lasta kupli alla õhk? Ohutakistus pendli võnkumisele jätta arvestamata ning arvestada ainult Archimedese üleslüket, teades, et pendli materjali tihedus on  $8,5 \text{ g/cm}^3$ . Õhu tiheduseks võtta  $1,25 \text{ g/l}$ .

M223. Matemaatilise pendli mudel massiga  $m$  kallutatakse nurga  $\alpha$  võrra tema tasakaaluasendist ning lastakse vabaks. Avaldada selle pendli niidile mõjuv tõmbejõud massi  $m$ , amplituudi  $\alpha$  ning nurkhälbe  $\theta$  funktsioonina.

Vaadelda kahte erijuhtu: a)  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\theta = 0^\circ$ ;

b)  $\alpha = 60^\circ$ ;  $\theta = 0^\circ$ .

M224. 5-cm raadiusega kera on riputatud 10 cm pikkuse niidi otsa. Määrata sellise pendli võnkesagedus. Määrata viga, mille teeksime perioodi arvutamisel,

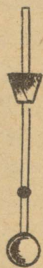
pidades kirjeldatud süsteemi matemaatiliseks pendliks pikkusega 15 cm.

M225. Peene varda otstel asuvad väikesed kuulikesed massiga 200 g ja 300 g. Varda mass on 400 g ning tema pikkus 30 cm. Kogu süsteem võngub varda keskpunkti läbiva horisontaalse telje ümber raskusjõu mõjul. Määrata võnkumiste periood.

M226. Metronoomi pendel koosneb tähtsusetult väikese massiga vardast AB, mis võngub ümber horisontaalse telje O ning mille alumises otsas A on raske kuulike massiga M kaugusel d teljest. Teisel pool telge saab mööda varrast liikuda ratsur massiga m, mille kaugus teljest x on soovikohaselt muudetav.

- Määrata niisuguse pendli võnkeperiood.
- Mis juhtub, kui  $x = d$ ?
- Millise x väärtuse korral on periood lõpmatult suur?

M227. Metronoomi pendel koosneb tähtsusetult väikese massiga vardast, mille alumises otsas A on raske kuulike massiga  $m = 65$  g kaugusel  $OA = 2$  cm horisontaalsest võnketeljest O (joon. M-29). Teisel pool võnketelge asub ratsur B massiga  $m' = 10$  g, mida saab nihutada mööda varrast.



Joon. M-29.

- Kuidas sõltub pendli massikeskme ja võnketelje vaheline kaugus a ratsuri asukohata määravast kaugusest x?
- Määrata selle pendli taandatud pikkus ja võnkumiste periood x-i funktsioonina.
- Millise x-i väärtuse puhul on võnkeperiood 2 sekundit?

M228. Peenikesest traadist pikkusega 4 l on painutatud ruudukujuline kontuur, mis saab võnkuda ühe külje AB üm-

ber, mis moodustab horisontaalse võnketelje XY.

Määrata sellise pendli võnkeperiood.

Traadi aine joonpaisumise tegur on  $10^{-5}$  1/deg ning traadi pikkus  $0^\circ$  juures 1 m. Arvutada võnkeperioodi muutus, kui temperatuuri tõsta 10 kraadi võrra.

M229. 24-cm raadiusega homogeenne ketas võngub raskusjõu mõjul horisontaalse telje ümber, mis läbib ketta raadiuse keskpunkti risti ketta tasapinnaga. Määrata võnkumiste periood.

M230. Peenest traadist rõngas raadiusega 1 m temperatuuril  $0^\circ\text{C}$  võngub raskusjõu mõjul ümber horisontaalse telje, mis läbib tema diameetri AA' otspunkti A risti rõnga tasapinnaga.

a) Määrata võnkumiste periood.

b) Kuidas muutub perioodi väärtus, kui temperatuur tõuseb kahe kraadi võrra? Metallil joonpaisumisteguriks võtta  $2 \cdot 10^{-5}$  1/deg.

c) Tõestada, et periood ei muutu, kui kinnitada rõngale diameetri otsas A' lisakoormus (ainepunkt) massiga m.

M231. Mingi keha võngub raskusjõu mõjul horisontaalse telje ümber perioodiga 0,5 s. Kui kinnitada selle keha külge 50-g koormus 10 cm allpool võnkumistelge, siis hakkab ta võnkuma perioodiga 0,6 s. Määrata keha inertsimoment võnkumistelje suhtes.

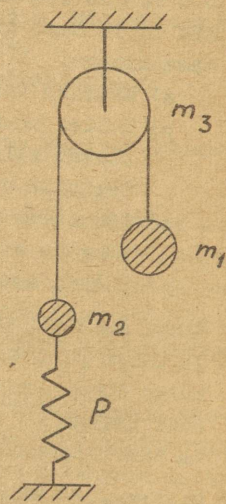
M232. Oletame, et maskera läbib kanal, mis kulgeb mööda tema diameetrit. Maskera võib pidada homogeenseks keraks tihedusega  $5,5 \text{ g/cm}^3$ . Kui palju aega kulub kehal liikumiseks Maa pinnalt tema tsentrini mööda sellist kanalit?

M233. Vedru otsa riputati kuulike, mille mõjul vedru pikeenes 10 cm võrra. Millise perioodiga hakkab võnkuma see kuulike vertikaalsihis, kui ta tasakaaluasendist välja viia?

M234. Vedru otsa riputatud kuulike võngub vertikaalsihis perioodiga  $0,6$  s. Määrata selle kuulikese kaal, kui on teada, et  $100\text{-G}$  keha sama vedru otsas võngub perioodiga  $0,4$  s.

M235. Vertikaalselt püsti pandud spiraalvedrule, mille massi võib pidada tähtsusetult väikeseks, asetatakse kuulike massiga  $m$ , mille raskuse mõjul vedru lüheneb  $a$  võrra. Tõestada, et süsteemi vedru - kuul võnkumised vertikaalsihis on sama sagedusega kui matemaatilisel pendlil pikkusega  $a$ .

M236. Süsteemi (joon. M-30) tasakaaluolekus on vedru  $P$   $\Delta l = 7$  cm välja venitatud. Plokk on homogeenne ketas massiga  $m_3 = 100$  g. Koormused  $m_1 = 300$  g;  $m_2 = 100$  g. Kui viia süsteem tasakaalust välja, hakkab ta võnkuma. Määrata nende võnkumiste periood. Hõõrdumine ploki teljel ja paela mass jätta arvestamata.



Joon. M-30.

M237. Vaguni vedrud painduvad  $1\text{-T}$  koormuse mõjul  $16$  mm võrra. Roobaste jätkukoha ületamisel saab vagun tõuke, mille tulemusena langeb vedrule koormus  $5,5$  T. Milline peab olema rongi kiirus, et vedrud painduksid maksimaalselt, kui roobaste pikkus on  $12,5$  m?

M238. Torsioonpendel koosneb homogeenest vardast  $AB$  pikkusega  $20$  cm, mis on keskkohast  $O$  riputatud traadi  $OO'$  külge ning viidud välja tasakaaluasendist, võngub horisontaaltasandis perioodiga  $8$  s. Kui kinnitada varda kumbagi otsa väikesed kuulikesed massiga kumbki  $10$  g, hakkab süsteem võnkuma perioodiga  $12$  s.

Määrata varda AB inertsimoment telje  $OO'$  suhtes ning traadi nihkemoodul.

M239. Areomeeter, mille silindrilise torukese läbimõõt on  $D$ , ujub vedelikus tihedusega  $\rho$  ning, saanud väikese vertikaalse tõuke, hakkab võnkuma. Määrata nende võnkumiste periood, kui areomeetri mass  $m$  on teada. Vedeliku liikumine ja samuti ka tema takistus areomeetri liikumisele jätta arvestamata.

M240. Määrata elavhõbeda võnkumiste periood ühtlase ristlõikega  $U$ -torus. Elavhõbeda mass on  $121$  g, toru ristlõike pindala  $0,3$  cm<sup>2</sup>.

M241. Joonisel M-31 kujutatud torusse on valatud vedelik, kusjuures vedeliku samba kogupikkus on  $l$ . Toru harud moodustavad horisondiga nurgad  $\alpha$  ja  $\beta$ . Kui viia vedelik tasakaalust välja, hakkab ta võnkuma. Määrata nende võnkumiste periood. Kapillaarjõud ja sisehõõrdumine jätta arvestamata.



Joon. M-31.

M242.  $1$  m pikkuse matemaatilise pendli mudeli võnkeamplituud väheneb  $10$  min jooksul kaks korda. Määrata võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement.

M243. Määrata  $0,8$  m pikkuse pendli võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement, kui tema võnkumiste amplituud  $5$  min jooksul vähenes  $5^{\circ}$ -st  $30'$ -ni.

M244. Pendli võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement on  $0,003$ . Kui palju täisvõnkeid peab pendel tegema, et tema amplituud väheneks poole võrra?

M245. Pendli võnkumiste algamplituud on  $3$  cm.  $10$  s pärast on amplituud  $1$  cm. Millise aja möödudes on amplituud  $0,3$  cm?

- M246. Helihargi võnkesagedus on 600 Hz, tema võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement 0,0008. Millise aja kestel väheneb võnkumiste energia  $10^6$  korda?
- M247. Seinakella pendli mass on 40 g, võnkeperiood 0,4 s ja tema masskeskme võnkeamplituud 7 mm. Kui kell on üles keeramata, siis pendli võnkeamplituud väheneb poole võrra kolme täisvõnke kestel. Määrata kasulik töö, mis tehakse kella üleskeeramisel nädalaks.
- M248. Antud süsteemi sundvõnkumiste kiiruse amplituudväärtused on võrdsed sundiva jõu kahe sageduse puhul ( $f_1 = 200$  Hz ja  $f_2 = 300$  Hz). Arvestades, et selle jõu amplituudväärtused on mõlemal korral võrdsed, määrata süsteemi kiiruse resonantssagedus.
- M249. Laine, mille periood  $T = 1,2$  s ning amplituud  $a = 2$  cm, levib elastses keskkonnas kiirusega  $v = 15$  m/s. Määrata laineallikast  $s = 45$  m kaugusel asuva punkti hälve, kiirus ja kiirendus ajamomendil  $t = 4$  s.
- M250. Elastses keskkonnas levivad 5 m pikkusega lained. Määrata kahe samal kiirel asuva keskkonna punkti võnkumiste faasivahe, kui nende vahemaa on 7 m.
- M251. Laine, mille periood on 2 s, levib elastses keskkonnas kiirusega 20 m/s. Määrata kahe ühel kiirel asuva punkti võnkumiste faasivahe, kui üks nendest on 20 m ning teine 30 m kaugusel laineallikast.
- M252. 25 m pikkuse nööri üks otspunkt võngub seaduse järgi:  

$$y = 3 \sin(125,6 t + \pi/3)$$
 ning on teada, et rist-  
 (cm) (s)  
 laine jõuab nööri teise otsa 2,5 sekundiga.  
 a) Milline on lainepikkus?  
 b) Määrata ajamomendil  $t = 2$  s allikast 3,5 m kaugusel oleva nööripunkti hälve ja kiirus, jättes arvestamata peegeldunud laine mõju.
- M253. Helihark, mille sagedus on 200 Hz, võngub pidevalt ning puudutab tema harude külge kinnitatud kahe tera-

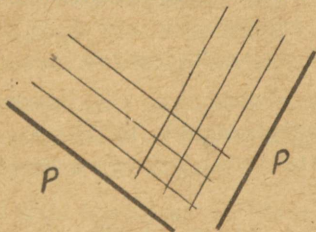
vikuga S' ja S'' elavhõbeda pinda. Teravikevaheline kaugus on 4,8 mm, nende võnkeamplituud 2 mm ning lainete levimise kiirus elavhõbeda pinnal 1,2 m/s.

Määrata:

- lõigu S'S'' keskpunkti O võnkumiste amplituud,
- punkti P hälbed ajamomentidel  $t_1 = 2$  s ja  $t_2 = 2,032$  s, kui punkt P asub sirgel S'S'' 1,6 cm kaugusel esimesest allikast teades, et ajamomendil null kummagi allika hälbed on nullid ning S' ja S'' liiguvad mõlemad ülespoole.
- Mitu interferentsriba tekib punktide S' ja S'' vahel?

M254. Kahe allika S' ja S'' (vahemaa on 20 cm) võnkesagedused on 50 Hz ning nende amplituudid 2 mm kummalgi, kusjuures võnkumised on samasihilised. Kummagi allika poolt tekitatud ristlained kohtuvad punktis M, kusjuures S'M = 80 cm ja S''M = 75 cm ning lained levivad keskkonnas kiirusega 1,2 m/s jääva amplituudiga. Kirjutada punkti M võnkumise võrrand.

M255. Kaks vertikaalset plaati  $P_1$  ja  $P_2$  võnguvad sünkroonselt vertikaalsihis ning puudutavad vedeliku pinda,



Joon. M-32.

tekitades sellel kaks süsteemi tasalaineid (joon. M-32).

- Leida maksimaalse amplituudiga võnkuvate punktide geomeetrilised kohad.
- Sama küsimus liikumatute punktide kohta.
- Kui plaadid  $P_1$  ja  $P_2$  on omavahel risti, nende võnkesagedused 20 Hz ning amplituudid 3 mm kummalgi, siis millise amplituudiga võnguvad vedeliku pinna punktid, mis on nurga  $P_1P_2$  poolitajast 2 mm kaugusel? Lainete levimise kiirus on 40 cm/s.

- M256. Samas suunas levib kaks sinusoidaalset tasalainet, mille levimiskiirused on  $v_1$  ja  $v_2$  ning lainepikkused  $\lambda_1$  ja  $\lambda_2$ . Millise kiirusega liiguvad ruumis punktid, kus mõlemale lainele vastavad võnkumised on samas faasis? Määrata kahe sellise punkti vahemaa.
- M257. Kundti toru terasvarda pikkus on 1 m. Teades, et selles vardas tekib pikilaine, mille sõlm on varda keskpäigas (kinnituskohas) ning kummaski otsas on paisud, määrata pikilainete levimise kiirus terases.
- M258. a) Kundti toru on täidetud õhuga temperatuuril  $15^\circ\text{C}$ . Varda võnkudes koguneb pulber 8 kuhjakesse, kusjuures äärmiste kuhjakeste keskpunktide vahemaa on 476 mm. Määrata varda võnkumiste sagedus, kui on teada, et hääle kiirus õhus temperatuuril  $15^\circ\text{C}$  on 340 m/s.
- b) Hiljem täidetakse sama toru vesinikuga samal temperatuuril ( $15^\circ\text{C}$ ) ning saadakse 3 pulbrikuhjakest. Äärmiste kuhjakeste keskpunktide vahemaa on nüüd 52 cm. Määrata hääle kiirus vesinikus antud temperatuuril.
- c) Täitnud toru argooniga, saadakse kahe naaberkuhjakese keskpunkti vahemaa 63 mm. Arvutada nendest andmetest argooni erisoojuste suhe  $c_p/c_v$ , teades, et argooni tihedus kuiva õhu suhtes on 1,38.
- M259. Kinniste otstega toru pikkus on 1,7 m. Arvutada torus oleva õhusamba omavõnkesagedused. Millistele sagedustele resoneerib selline toru, kui ta on ühest otsast lahti?
- M260. Vedelas heeliumis, mille tihedus  $4,2^\circ\text{K}$  juures on  $0,15 \text{ g/cm}^3$ , levib hääl kiirusega 220 m/s. Määrata vedela heeliumi adiabaatilise kokkusurutavus.
- M261. Kui pika aja jooksul levib pikilaine 30 m pikkuse koridori ühest otsast teise, kui koridor on täidetud kuiva õhuga normaaltingimustes ( $1 \text{ atm}$ ;  $0^\circ\text{C}$ )?

Kuidas muutub vastus, kui tõsta koridoris oleva õhu temperatuuri 2 kraadi võrra?

- M262. a) Ühest otsast lahtise toru teises otsas on flöödi huulik. Milline on selle toru pikkus, kui  $15^{\circ}\text{C}$  õhuvoolu puhul tema põhitooniks on  $\text{la}_3$  (435 Hz)? Sama küsimus, kui toru ots on suletud.
- b) Kui palju peab muutuma vilesse puhutava õhu temperatuur, et kõrv kuuleks selle tooni muutumist? On teada, et kõrv eraldab toone, mis erinevad  $1/80$  võrra nende sagedusest.
- M263. 45 cm pikkuse toru üks ots on kinnine, teises otsas on flöödi huulik. Milline on tekkiva hääle põhisagedus, kui torusse puhuda õhku temperatuuriga  $15^{\circ}\text{C}$ ? Teise samasugusesse torusse puhutakse lämmastikku temperatuuriga samuti  $15^{\circ}\text{C}$ . Milline on selle hääle põhisagedus? Arvutada kahe eelnevalt kirjeldatud vile põhitoonide intervall. Kas see on kuuldav? Milline efekt tekib, kui mõlemad torud helisevad samaaegselt?
- Kas on võimalik saavutada unissoni, lühendades ühte kirjeldatud torudest? Kumba? Kui palju?
- Kas on võimalik saavutada unissoni, soojendades ühte gaasi? Millist? Kui palju?
- Kuidas muutuvad kõigi eelnevate küsimuste vastused, kui avada kummagi toru huuliku vastasotsad?
- M264. Klaveri keel kaalub 4,75 G, tema pikkus on 1,21 m ning ta on pingutatud jõuga 40 kG. Määrata selle keele põhitooni sagedus.
- M265. Viilikeele massi joontihedus on 0,8 g/m ning tema kasulik pikkus 33 cm. Kuidas peab seda keelt pingutama, et ta annaks põhitoonina  $\text{la}_3$  sagedusega 435 Hz?
- Teades, et inimese kõrv eraldab sageduse muutumist  $1/80$  võrra, arvutada, kui palju võib vähendada keelt pingutavat jõudu, ilma et kõrv kuuleks tooni muutumist.
- M266. Keele põhitoon on sagedusega 250 Hz. Kuidas muutub see sagedus, kui keele kasulik pikkus väheneb kaks

- korda ning teda pingutav jõud kasvab kahekordseks?
- M267. Milline peab olema keele pikkus, et tema lühendamisel 10 cm võrra suureneks võnkesagedus poolteist korda?
- M268. Kaks ühesuguse pikkusega keelt on võrdselt pingutatud. Keeled on valmistatud samast materjalist, kuid ühe läbimõõt on kaks korda suurem teise omast. Kuidas suhtuvad nende omavõnkeperioodid?
- M269. Terastraat AB pikkusega 20 m ning läbimõõduga 0,5 mm on pingutatud jõuga 10 kG.
- Kui pika aja jooksul levib ristlaine traadi ühest otsast teise?
  - Kui traadi otpunkt A on ristlaine allikaks sagedusega 2 Hz, milline on siis traadis leviva laine pikkus? Kuidas muutub see lainepikkus, kui traati pingutav jõud väheneb 1% võrra?
  - Millise väärtuse peab saama sagedus, kui soovitakse, et traadi kaks punkti vahemaaga 2 m võnleksid vastasfaasides?
- M270. Kahest otsast kinnitatud  $l = 1,5$  m pikkuses pingulolevas terastraadis tekitatakse elektromagnetilise abil, mis paikneb  $1/3$  kaugusel traadi ühest otsast, kolme paisuga seisev laine.
- Määrata traadi pinge, kui selle läbimõõt on 0,25 mm.
  - Sagedust suurendatakse 1% võrra. Kuidas peab muutma traadi pikkust, et taastada eelmine olukord?
  - Kõrvaldanud elektromagnetilise, puudutatakse traati kergelt tema keskpunktis. Milline on nüüd madalaim võimalik võnkesagedus? Kuidas muutub see sagedus, kui traati lühendada 1 cm võrra, suurendades samal ajal tõmbejõudu 1% võrra?

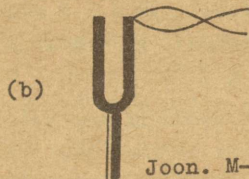
M271. a) Pingutatud traadi ( $l = 80$  cm;  $m = 2,8$  g) otspunkt



(a)

A pannakse võnkuma helihargi abil joonisel M-33 (a) näidatud viisil. Helihargi võnkesagedus on 200 Hz.

Traadis tekib nelja paisuga seisev laine. Määrata traati pingutav jõud.



(b)

Joon. M-33.

b) Muutmata traadi pinget, tekitatakse temas ristlained sama helihargi abil joonisel M-33 (b) näidatud viisil. Traadis tekib seisev laine, kuid seekord ainult kahe paisuga. Kuidas seda seletada?

M272. Ketas, mille servas on 10 ühtlaselt asetatud ava, pöörleb ühtlaselt, tehes 2325 pööret minutis. Ketta taha asetatud valgusallikas osutub niiviisi perioodiliselt kaetuks. Ketta ees asub 1 m pikkune 0,5-mm läbimõõduga pinguletõmmatud terastraat, mis võngub kolme paisuga ning tekitab heli sagedusega vahemikus 300 ja 500 Hz. Antud allika valguses näib traat liikumatuna.

- Milline on ristlainete levimise kiirus traadis?
- Kui suur on traati pingutav jõud?
- Kui suure sagedusega heli tekitaks see traat, kui ta võnguks ühe paisuga? kahe paisuga?
- Ketta pöörlemise sagedust muudetakse ning nüüd on see 2319 pööret minutis. Arvutada traadi võnkumiste näiv periood  $\theta$ , kui ta võngub kolme paisuga ning on valgustatud samast valgusallikast läbi pöörleva ketta.

Kujutada graafiliselt traadi asendid ajamomentidel  $t$ ;  $t + \theta/4$ ;  $t + \theta/2$ ;  $t + 3\theta/4$ ;  $t + \theta$ ; oletades, et ajamomendil  $t$  on traadi punktide hälbed maksimaalsed.

- M273. Udukogu spektris esineva vesinikujoone ( $H_{\alpha}$ ) lainepikkus osutus võrdseks 669,3 nm. Milline on selle udukogu ja Maa suhteline kiirus, kui paigalseisva allika puhul sama joone lainepikkus on 656,3 nm?
- M274. Kui suur peab olema punase valguse ( $\lambda = 630$  nm) allika ja vaatleja suhteline kiirus, et vaatleja näeks punast valgust rohelisena ( $\lambda = 510$  nm)?
- M275. Kaks autot A ja B liiguvad mööda sirget teed. Kummagi auto signaali helisagedus on 240 Hz. Kui A liigub B suunas kiirusega 108 km/h, siis millise sagedusega heli kuuleb kumbki juht
- enne kohtumist,
  - pärast kohtumist
- kolmel erineval juhul:
- B seisab paigal,
  - B liigub A suunas kiirusega 54 km/h,
  - B liigub samas suunas mis A kiirusega 54 km/h?
- Hääle kiiruseks õhus võtta 340 m/s.

## VII. ELASTSED DEFORMATSIOONID

- M276. 1,5 m pikkune traat, mille ristlõike pindala on 0,5 mm<sup>2</sup>, pikenes 4-kG jõu mõjul 1 mm võrra. Määrata selle traadi aine elastsusmoodul.
- M277. Malmsema kõrgus on 2,4 m, ristlõike pindala 150 cm<sup>2</sup>. Kui palju väheneb selle samba pikkus, kui teda surutakse kokku 10-T jõuga?
- M278. Kui suurt maksimaalset koormust võib kanda 1 m pikkune 0,8-mm läbimõelduga terastraat, ületamata elastsuse piiri (50 kG/mm<sup>2</sup>)? Kui suur on seejuures traadi absoluutne ja relatiivne pikenemine?
- M279. Kui riputada 1-mm läbimõelduga terastraadi otsa 20 kG raskune koormus, on selle traadi pikkus 5 m. Kui palju pikeneb see traat, kui lisada veel 10 kG koormust?

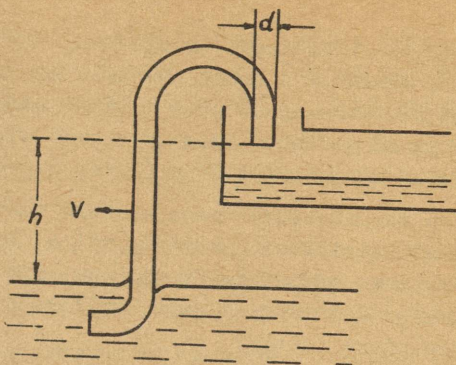
- M280. Kahe tugeva toe vahele on tõmmatud 2 m pikkune 1-mm läbimõõduga terastraat. Kui palju nihkub selle traadi keskpunkt, kui sinna riputada 300-G koormus?
- M281. Pika raudtoru seesmine läbimõõt  $d = 30$  cm ning seinapaksus  $b = 0,5$  cm. Kui palju suureneb selle toru kanali ristlõike pindala, kui suurendada rõhku toru sees  $\Delta p = 4,9 \cdot 10^6$  N/m<sup>2</sup> võrra, jättes välise rõhu endiseks? Toru seinapaksuse muutus jätta arvestamata.
- M282. Mitme kraadi võrra tuleks soojendada 1-mm<sup>2</sup> ristlõike pindalaga valgevasest traati, et see pikeneks niisama palju kui 5-kG venitava jõu mõjul?
- M283. Millist rõhku peab avaldama terassilindri otstele, et silindri pikkus ei muutuks temperatuuri tõustes 100 deg võrra?
- M284. Et kanda paigalseisvat lifti, peab terasköie läbimõõt olema 9 mm. Millise läbimõõduga peab olema terasköis, et see ei katkeks ka lifti järsul pidurdamisel, kui lifti kiirendus võib ületada raskuskiirenduse 8 korda?
- M285. Kui suur võib olla pliitraadi maksimaalne pikkus, et ta ei katkeks oma raskuse mõjul, olles ühte otsa pidi üles riputatud?
- M286. Kas oleks võimalik 300 m kõrgusel asuva aerostaadiga telefonside pidamiseks kasutada vabalt rippuvat pliikestaga peenikest vaskaablit?
- M287. Horisontaalne randvarb pikkusega  $l = 150$  cm pöörleb tema keskpunkti läbiva vertikaalse telje ümber. Millise sageduse juures varb katkeb?
- M288. Millise maksimaalse rõhu  $p$  võime tekitada 1) klaasitorus, mille seesmine läbimõõt on 7 mm ja välimine läbimõõt 8 mm ning 2) sfäärilises klaaskolvis, mille seesmine läbimõõt on 180 mm ja välimine läbimõõt 182 mm, kui kummalgi juhul välisrõhk  $p_0 = 1$  kg/cm<sup>2</sup>?

- M289. Terastraati, mille pikkus  $l = 4$  m ning läbimõõt  $d = 2$  mm, venitatakse jõuga  $F = 100$  kG. Kuidas muutub seejuures traadi 1) ruumala, 2) külgpindala?
- M290. Kui palju tööd tuleb teha, et venitada 1 mm võrra pikemaks terasvarb, mille pikkus on 1 m ning ristlõike pindala  $1 \text{ cm}^2$ ?
- M291. Vedru kokkusurumiseks 1 cm võrra on vaja rakendada 10 kG jõudu. Määrata selle vedru potentsiaalne energia, kui ta on 5 cm võrra elastselt kokku surutud.
- M292. Määrata potentsiaalse energia tihedus väljavenitatud terasvardas, kui selle suhteline pikenemine on 0,2%.
- M293. Millisel sügavusel on vee tihedus 1% võrra suurem tihedusest pinna läheduses? (Vee kokkusurutavuse koefitsient on  $4,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/at.}$ )
- M294. Kaalukangi ristlõige on ristkülik, mille horisontaalne külge  $a = 8$  mm ning vertikaalne külge  $b = 10$  mm. Kaalukangi kogupikkus  $l = 250$  mm. Kui suur on selle kangi maksimaalne läbipaindumine  $\lambda$ , kui kaal on arvestatud koormustele kuni  $P = 500$  G? Kaalukangi aine elastsusmoodul  $E = 15000 \text{ kG/mm}^2$ .

#### VIII. VEDELIKE JA GAASIDE VOOLAMINE

- M295. Veega täidetud paagis on külge pindalaga  $16 \text{ cm}^2$  5 m sügavusel, arvates vee pinnast. Määrata jõud, mis mõjub seda ava sulgevale korgile.
- M296. Määrata õhu (normaaltingimustes) üleslükke tolmuksülemekesele, mille raadius on  $10 \text{ } \mu\text{m}$ .
- M297. Õhurõhk mere pinnal on 75 cmHg, mäe tipus 59 cmHg. Määrata mäe kõrgus, kui õhu keskmine temperatuur on  $5^\circ\text{C}$ .

- M298. Ruudukujulise ristlõikega (ruudu külj 1) anuma seinas on ava kõrgusel  $h$  anuma põhjast. Kui suure horisontaalse kiirendusega  $a$  peab liikuma anum, et vesi avast välja ei voolaks? Paigalolevasse anumasse on vesi valatud kõrguseni  $H > h$  (suletud ava puhul).
- M299. Pürskkaevu varustatakse veega suurest vertikaalselt asetatud silindrilisest paagist, mille läbimõõt on 2 m. Pürskkaevu ava läbimõõt on 2 cm ning vesi voolab sellest välja kiirusega 12 m/s. Millise kiirusega langeb vee nivoo paagis?
- M300. Gaasi voolamisel on dünaamiline rõhk võrdne 5 cm kõrguse petrooleumisamba rõhuga. Määrata voolamise kiirus, võttes gaasi tiheduseks 1,43 g/l.
- M301. Pumba horisontaalse silindri läbimõõt on 20 cm. Kolb liigub silindris kiirusega 1 m/s, lükates vett silindrist välja läbi ava, mille läbimõõt on 2 cm. Millise kiirusega voolab vesi avast? Milline on vee rõhk silindris?
- M302. Horisontaalselt asetatud süstlas on 4 cm pikkune veesammas. Süstla kolvi pindala on 1,2 cm<sup>2</sup>, ava pindala 1 mm<sup>2</sup>. Kui kaua voolab vesi süstlast välja, kui suruda kolbi 0,5-kG jõuga?
- M303. Kui palju vett peab voolama anumasse 1 min jooksul, et vee nivoo anumal püsiks 50 cm kõrgusel, kui anuma põhjas on ava pindalaga 1 cm<sup>2</sup> ning väljuva joa kontraktsioonikoefitsient on 0,7?
- M304. Et vältida rongi peatamist veduri veetagavara täiendamiseks, kasutatakse järgmist võtet. Raudteeroobaste vahel on veega täidetud kraav, kust voolab vesi toru kaudu veduril olevasse paaki (joon. M-34). Millise kiirusega  $v$  peab rong liikuma, et vesi tõuseks kõrgusele  $h = 3,5$  m ning  $l = 1$  km pikkusel teel voolaks paaki  $V = 3$  m<sup>3</sup> vett, kui toru läbimõõt  $d = 10$  cm?

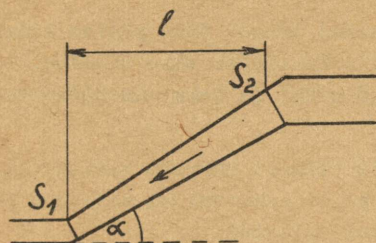


Joon. M-34.

- M305. 1,5 m kõrgune paak seisab põrandal ning on ääreni täidetud veega. 0,5 m kõrgusel põhjast on paagi seinas ava. Millisel kaugusel paagist langeb põrandale avast väljuv veejuga?
- M306. Horisontaalsel laual seisab veega täidetud anum, mille vertikaalses seinas on mitu ava üksteise kohal.
- 1) Tõestada, et kõikidest avadest väljuvad veejoad langevad lauale ühesuguse kiirusega.
  - 2) Tõestada, et kaks juga langevad laua ühte punkti, kui ühe ava kaugus veepinnast ja teise kaugus anuma põhjast on võrdsed.
  - 3) Kus peab asuma ava, et juga langeks lauale maksimaalsel kaugusel anumast?
- M307. Silindriline anum kõrgusega  $H$  ning põhja pindalaga  $S$  on täidetud veega. Anuma põhja tekib ava pindalaga  $S_1$ , avast väljuva joa kontraktsioonikoefitsient on  $\alpha$ . Kui pika aja möödudes langeb vee nivoo anumast kõrgusele  $0,5 H$ ? ( $H = 70 \text{ cm}$ ;  $S = 800 \text{ cm}^2$ ;  $S_1 = 1 \text{ cm}^2$ ;  $\alpha = 0,64$ .)
- M308. Tõestada, et Reynolds'i arv on dimensioonita suurus.
- M309. Määrata kriitiline kiirus 1) vee ja 2) glütseriini voolamisel 2-cm läbimõduga torus. Reynolds'i arv an-

tud tingimustes on 1160.

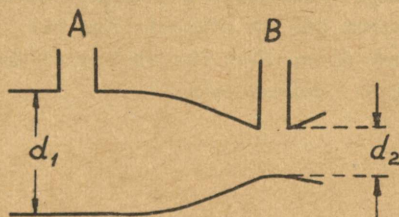
- M310. Joonisel M-35 kujutatud torus on statsionaarne veevool. Määrata nurk  $\alpha$  toru kaldosa  $S_1S_2$  ja horisondi vahel, kui ristlõikes  $S_1$  staatiline rõhk



$p_1 = 1,5$  at ja voolukiirus  $v_1 = 80$  cm/s ning ristlõikes  $S_2$   $p_2 = 2$  at ja  $v_2 = 50$  cm/s. Kaldtoru pikkus horisontaalsihis  $l = 10$  m.

Joon. M-35.

- M311. Gaasijuhet läbinud gaasihulga mõõtmiseks kasutatakse nn. Venturi toru (joon. M-36). Gaasi voolamise kiiruse üle otsustatakse rõhkude vahe järgi punktides A ja B. Määrata 1 tunni jooksul juhet läbinud gaasi hulk, kui  $d_1 = 50$  mm,  $d_2 = 40$  mm ning rõhkude  $p_1$  ja  $p_2$  vahe on 12 mm H<sub>2</sub>O. Gaasi tihedus  $\rho = 0,0014$  g/cm<sup>3</sup>. Hõõrdumine ja gaasi tiheduse muutus jätta arvestamata.

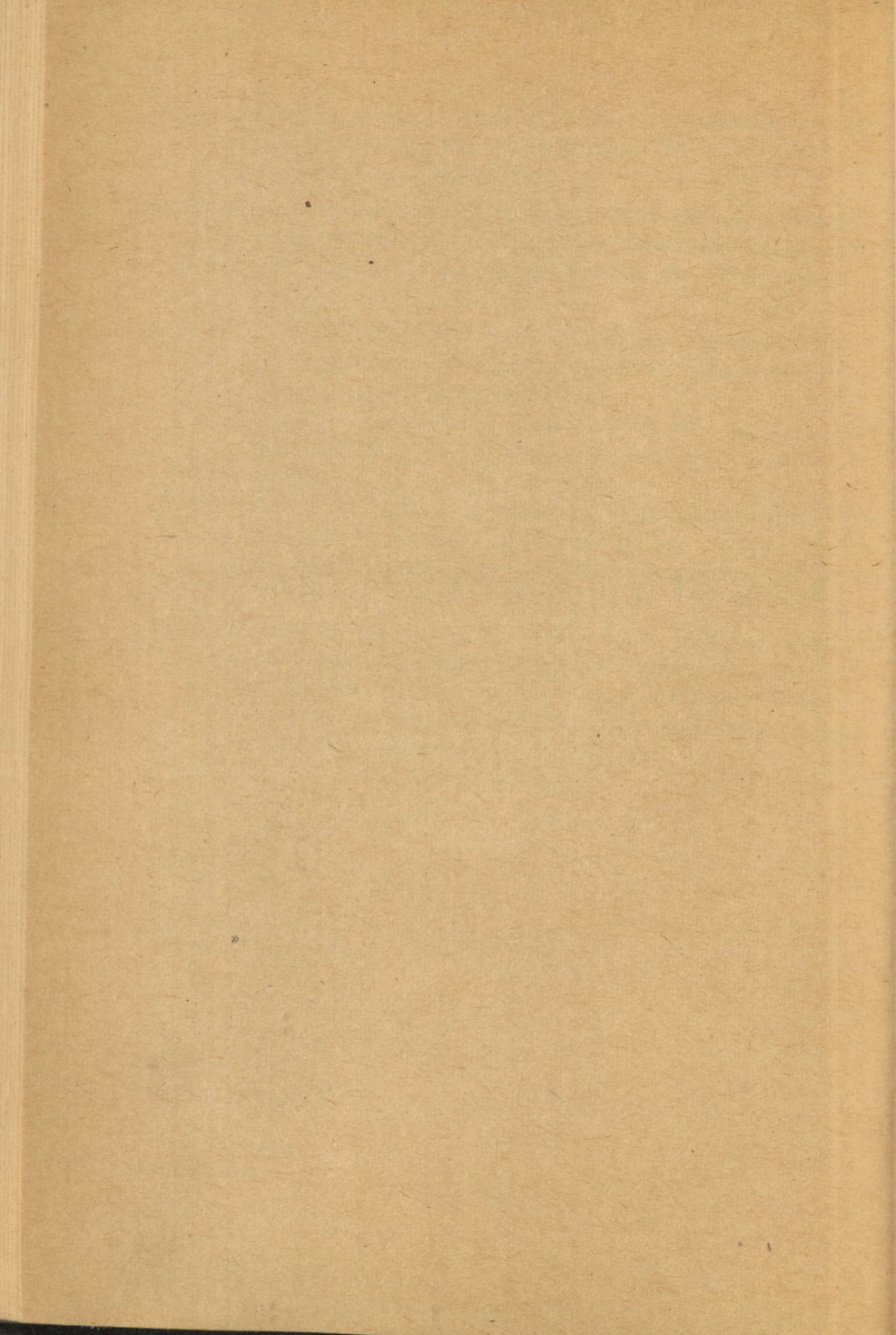


Joon. M-36.

- M312. Vee sisehõõrdeteguri määramisel mõõdeti kapillaarist läbivoolanud vee hulka (217 cm<sup>3</sup>) ning sellele vastavat aega (3 min). Arvutada sisehõõrdeteguri väärtus, kui on teada kapillaari pikkus (10 cm) ning tema kanali läbimõõt (1 mm). Rõhkude vahe on tekitatud veesambaga, mille kõrgus on 50 cm.

- M313. Glütseriinis langeb ühtlaselt 2-mm läbimõõduga teras-kuulike. 15 s jooksul läbib kuulike 20 cm. Määrata glütseriini sisehõõrdetegur.
- M314. 2-mm läbimõõduga kuulike langeb õlis püsiva kiirusega 10 cm/s. Määrata selle kuulikese aine tihedus, teades, et õli tihedus on  $0,9 \text{ g/cm}^3$  ja tema sisehõõrdetegur 2,4 puaasi.
- M315. a) Kasutades Stokes'i valemit määrata rasvakuulikeste liikumise kiirus koore lahutamisel seisvast piimast alljärgnevatel andmetel:  
lahuse tihedus  $1,034 \text{ g/cm}^3$ ; rasva tihedus  $0,94 \text{ g/cm}^3$ ; rasvakuulikeste läbimõõt  $2 \text{ mm}$ ; sisehõõrdetegur 0,011 puaasi.
- b) Lahendada sama ülesanne, kui piim tiirleb koorelahutajas 5 cm kaugusel pöörlemisteljest, tehes 100 tiiru sekundis. Kiiruse vertikaalne komponent jätta arvestamata.
- M316. Tõusvas õhuvoolus, mille kiirus on 2 cm/s, asub 0,01-mm läbimõõduga tolmukübemeke, mille tihedus on  $2,3 \text{ g/cm}^3$  võrra suurem õhu tihedusest. Kas see kübemeke tõuseb või laskub allapoole? Õhu voolamist ümber tolmukübemekese pidada laminaarseks.

MOLEKULAARFÜÜSIKA



## IX. GAASIDE KINEETILINE TEOORIA

- M317. Määrata väävelsüsiniku ( $CS_2$ ) molekuli mass.
- M318. Kui palju aatomeid sisaldab 1-mg elavhõbedatilk?
- M319. Millise osa gaasi all olevast ruumist täidavad 1) vesiniku, 2) süsihappegaasi molekulid normaalingimustes?
- M320.  $0,5 \text{ m}^3$  mahuga balloonis on 2 kg vesinikku. Balloon kannatab maksimaalselt  $100 \text{ at}^x$  rõhku. Millise minimaalse temperatuuri juures võib ta lõhkeda?
- M321. Gaasijuhet mööda voolab süsihappegaas 4-at rõhu all temperatuuril  $7^\circ\text{C}$ . Milline on gaasi voolamise kiirus torus, kui 10 min jooksul läbib  $5\text{-cm}^2$  toru ristlõiget 2 kg gaasi?
- M322. Milline on lämmastiku tihedus balloonis, kui gaasi rõhk on 10 at ja temperatuur  $15^\circ\text{C}$ ?
- M323. Leida niisuguse gaasi molekulkaal, mille omadused vastaksid 160 g hapniku ja 120 g lämmastiku segule.
- M324. 1 g vesiniku ja hapniku segu 1,9 l mahuga balloonis temperatuuril  $27^\circ\text{C}$  avaldab rõhku 820 mmHg. Määrata vesiniku hulk segus.
- M325.  $240\text{-cm}^3$  mahuga kolvis on vesiniku rõhk 380 mmHg ning temperatuur  $20^\circ\text{C}$ . Määrata gaasi molekulide arv kolvis.
- M326. Gaasi rõhk temperatuuril  $7^\circ\text{C}$  on  $0,01 \text{ mmHg}$ . Määrata  $1 \text{ cm}^3$ -s olevate molekulide arv.
- M327. Vesiniku ja lämmastiku segu tihedus  $47^\circ\text{C}$  ja 2 at juures on  $0,3 \text{ kg/m}^3$ . Kui palju vesiniku molekule on  $1 \text{ cm}^3$ -s?

<sup>x</sup> Tähistatakse siin ja edaspidi nn. tehnilist atmosfääri, s.o. rõhku  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

- M328. Milline rõhk tekib kerakujulises  $100 \text{ cm}^3$  mahuga anumal temperatuuril  $0^\circ\text{C}$ , kui seda ühtlaselt täidavad hapniku molekulid, mis varem katsid anuma seina monomolekulaarse kihina? Üks molekul katab pindala  $9 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2$ .
- M329. Elektriööglamp on täidetud lämmastikuga  $600 \text{ mmHg}$  rõhul. Kolvi ruumala on  $500 \text{ cm}^3$ . Kui palju vett siseneb lambi kolbi, kui vee all teha sellesse väike ava (murenda ära jootenibu)?
- M330. Kaks anumad on ühendatud kraaniga varustatud toru abil. Esimeses on gaasi rõhk  $760 \text{ mmHg}$ , teises praktiliselt null. Esimese anuma ruumala on  $2 \text{ l}$ , teise -  $7 \text{ l}$ . Milliseks kujuneb rõhk anumates, kui avada kraan? Temperatuur lugeda konstantseks. Lahendada sama ülesanne juhul, kui rõhk teises anumal on  $400 \text{ mmHg}$ .
- M331. Jalgrattapump surub ühe lükkega  $40 \text{ cm}^3$  õhku jalgrattakummi. Mitme lükkega saab täita  $2\text{-l}$  mahuga tühja kummi rõhuni, mis ratta koormuse puhul  $35 \text{ kG}$  (kaasa arvatud ka ratta kaal) annaks  $60\text{-cm}^2$  kokkupuutepinna ratta ja teekatte vahel? Õhurõhuks võtta  $760 \text{ mmHg}$ .
- M332. Soojenemisel ühe kraadi võrra jääval rõhul paisus gaas  $1/300$  võrra oma esialgsest ruumalast. Milline oli gaasi algtemperatuur?
- M333.  $20\text{-liitrisel}$  balloonis oli hapnik temperatuuril  $15^\circ\text{C}$ . Kui osa hapnikku ära tarvitati, langes rõhk balloonis  $5 \text{ at}$  võrra. Määrata äratarvitatud gaasi mass.
- M334.  $10\text{-liitrisel}$  balloonis on vesinik (rõhk  $50 \text{ at}$ , temperatuur  $7^\circ\text{C}$ ). Ventili rikke tõttu voolab osa gaasi balloonist välja. Mõne aja pärast (temperatuuril  $17^\circ\text{C}$ ) on rõhk balloonis endine. Kui palju gaasi on välja voolanud?
- M335.  $20\text{-liitrisel}$  mahuga balloonis on täidetud suruõhuga. Temperatuuril  $20^\circ\text{C}$  näitab manomeeter  $120 \text{ at}$ . Millise ruum-

ala vett võib selle õhu abil välja tõrjuda allveelae-  
va tsisternist, kui see on 30 m sügavusel ning vee tem-  
peratuur on  $5^{\circ}\text{C}$ ? Õhurõhk lugeda normaalseks.

- M336. Õhku pumbatakse kompressori abil reservuaari, mille  
ruumala on  $1,5 \text{ m}^3$ . Mitu lüket peab tegema kompressor,  
et tõsta rõhku reservuaaris 2 at võrra, kui ta haarab  
iga lükkega 4 l õhku ning välistemperatuur ja tempe-  
ratuur reservuaaris on vastavalt  $0^{\circ}\text{C}$  ja  $45^{\circ}\text{C}$ ?
- M337.  $V \text{ m}^3$  ruumalaga aerostaat täideti vesinikuga tempera-  
tuuril  $t = 15^{\circ}\text{C}$ . Päikese kiirguse mõjul tõusis aero-  
staadis oleva vesiniku temperatuur  $\Delta t = 22 \text{ deg}$  võr-  
ra. Et õhurõhk ei muutunud, siis osa vesinikku voolas  
aerostaadist klapi kaudu välja ning aerostaadi kogu-  
mass vähenes  $\Delta m = 6,05 \text{ kg}$  võrra. Määrata aerostaadi  
ruumala  $V$ , võttes vesiniku tiheduseks  $0^{\circ}\text{C}$  juures  
 $\rho_0 = 0,000089 \text{ g/cm}^3$ .
- M338. 4 l mahuga anumal on 0,6 g gaasi rõhul 2 at. Määrata  
gaasi molekulide ruutkeskmine kiirus.
- M339. Millisel temperatuuril on lämmastiku molekulide tõenäo-  
lisim kiirus 510 m/s?
- M340. Õhus hõljuvate üliväikeste kübemekete liikumine on  
sarnane suurte molekulide liikumisega. Määrata ühe sel-  
lise kübemekese liikumise keskmine kiirus, kui tema  
mass on  $10^{-12} \text{ g}$  ja õhu temperatuur  $300^{\circ}\text{K}$ .
- M341. Määrata gaasi molekulide tõenäolisim kiirus, kui selle  
gaasi rõhk ja tihedus on vastavalt 300 mmHg ja 0,3 g/l.
- M342. Leida  $1 \text{ cm}^3$ -s olevate lämmastiku molekulide arv, mille  
kiirused normaaltingimustes asuvad 99 m/s ja 101 m/s  
vahel.
- M343. Milline peaks olema lämmastiku temperatuur, et kiirus-  
tega 299-301 m/s ja 599-601 m/s liiguks sama arv mole-  
kule?
- M344. 10-liitrise mahuga balloonis on 1 g vesinikku. Määrata  
molekulide keskmine vabatee pikkus.

- M345. Nn. keskmise vaakumi puhul on gaasi molekulide keskmine vabatee pikkus ligikaudu võrdne anuma joonmõõtetudega. Milline peab olema rõhk hapnikku sisaldavas kerakujulises 10 cm läbimõõduga anumal, et seal oleks keskmine vaakum temperatuuril  $27^{\circ}\text{C}$ ?
- M346. Milline on hõrendatud vesiniku tihedus, kui molekulide vabatee pikkus on 1 cm?
- M347. Määrata süsihappegaasi molekulide keskmine kiirus ning ühe molekuli põrgete arv sekundis normaaltingimustes.
- M348. Leida hapniku molekulide vabalennu keskmine kestus, kui gaasi rõhk on 2 mmHg ja temperatuur  $27^{\circ}\text{C}$ .
- M349. Kuidas sõltuvad temperatuurist 1) gaasi molekulide ruutkeskmine kiirus, 2) vabatee pikkus ja 3) molekulide põrgete sagedus a) isochoorsete ning b) isobaarsete protsesside korral?
- M350. Kuidas muutub kaheaatomilise gaasi molekulide põrgete sagedus anuma seina pindalaühikule, kui gaasi ruumala suureneb adiabaatiliselt kahekordseks?
- M351. Kuidas muutub kaheaatomilise gaasi sisehõõrdumine, kui gaasi ruumala väheneb kaks korda, kusjuures protsess on 1) isothermiline, 2) isobaarne, 3) adiabaatiline? Gaasi olek on kauge vaakumist.

#### X. TERMODÜNAAMIKA

- M352. Määrata vingugaasi (CO) erisoojused  $c_p$  ja  $c_v$ .
- M353. 2 g süsihappegaasi on segatud 3 g lämmastikuga. Määrata selle segu erisoojused  $c_p$  ja  $c_v$ .
- M354. Kui palju lämmastikku sisaldab 5 g lämmastiku ja vesiniku segu, kui selle segu isobaarne erisoojus  $c_p = 9150 \text{ J/kg}\cdot\text{deg}$ ?

- M355. Kõrge temperatuuri tõttu on 40% vesiniku molekule lagunenud aatomiteks. Määrata niisuguse vesiniku erisoojuste suhe.
- M356. Milline on hapniku dissotsieerumise aste, kui tema isobaarne erisoojus  $c_p = 1050 \text{ J/kg.deg}$ ?
- M357. Määrata heeliumi, hapniku ja veeauru molekuli kineetiline energia  $400^\circ\text{K}$  temperatuuril.
- M358. Määrata 10 l ideaalse vesiniku siseenergia, kui gaasi rõhk on 3 at.
- M359. Balloonis on 10 g vesinikku temperatuuril  $7^\circ\text{C}$ . Määrata selle gaasi molekulide kulgliikumise summaarne kineetiline energia.
- M360. Gaasi ruumala on 10 l, rõhk 4 at. Määrata selle gaasi molekulide kulgliikumise summaarne kineetiline energia.
- M361. Kui suur on 1 kg lämmastikus sisalduvate molekulide pöörlemise energia temperatuuril  $7^\circ\text{C}$ ?
- M362. Ruumis, mille maht on  $90 \text{ m}^3$ , vahetub õhk täielikult 2 tunni jooksul. Kui palju soojust kulub õhu soojendamiseks selles ruumis ööpäeva kestel, kui temperatuur ruumis peab olema  $18^\circ\text{C}$ , väljas oleva õhu temperatuur on aga  $-5^\circ\text{C}$ ? Õhu keskmiseks tiheduseks võtta  $1,25 \text{ g/l}$ .
- M363. Balloonis on 128 g hapnikku, mille temperatuur on  $15^\circ\text{C}$  ja rõhk 2 at. Jahtumisel langes gaasi rõhk 0,2 at võrra. Kui palju soojust andis gaas ära?
- M364. Mingi hulga lämmastikku sisaldav anum liigub kiirusega  $100 \text{ m/s}$ . Kui palju tõuseb gaasi temperatuur anumas, kui see äkki seisma jääb? Soojuse kadu seinte kaudu jätta arvestamata.
- M365. Anum, mis sisaldab teatud hulga gaasi, liigub kiirusega  $v$ . Kui palju suureneb gaasi molekulide ruutkeskmise kiiruse ruut, kui anum jääb järsku seisma ja kogu kineetiline energia läheb gaasi soojendamiseks? Vaadelda

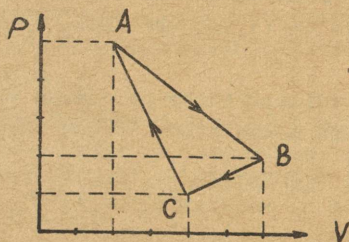
- kahte juhtu: 1) gaas on üheaatomiline, 2) gaas on kaheaatomiline.
- M366. Kui palju soojust kulub 200 g vesiniku soojendamiseks  $0^{\circ}\text{C}$ -st  $100^{\circ}\text{C}$ -ni jääval rõhul? Kui suur on seejuures siseenergia juurdekasv ning paisumisel tehtud töö?
- M367. Hapnik tegi paisudes 427 kGm tööd. Kui palju soojust anti gaasile, kui paisumine toimus 1) jääval rõhul, 2) jääval temperatuuril?
- M368. Määrata heeliumi siseenergia juurdekasv, kui see gaas paisub isobaarselt  $2 \text{ kG/cm}^2$  rõhul 5 liitrist 10 liitriini.
- M369. Süsihappegaas on 20,5 l mahuga balloonis, kusjuures gaasi rõhk ja temperatuur on vastavalt 5 at ja  $-23^{\circ}\text{C}$ . Millisteks kujunevad need parameetrid, kui gaasile anda 3 kcal soojust?
- M370. Antud gaasi algparameetrid on 120 at ja 1 l. Gaas paisub isotermiliselt 5 liitriini. Määrata gaasi rõhu lõppväärtus ning paisumisel tehtud töö.
- M371. Kolviga suletud silindris on õhusamba kõrgus 15 cm. Kui palju tööd peavad tegema välised jõud, et tõsta kolbi 10 cm võrra, kui välisrõhk on 760 mmHg ja kolvi pindala  $10 \text{ cm}^2$ ? Protsessi pidada isotermiliseks.
- M372. Tõestada, et hääle levimise kiirus ideaalses gaasis sõltub ainult temperatuurist.
- M373. Hääle kiirus õhus temperatuuril  $0^{\circ}\text{C}$  on 332 m/s. Määrata hääle kiirus vesinikus samal temperatuuril.
- M374. Balloonis on vesinik 10 at rõhu all temperatuuril  $18^{\circ}\text{C}$ . Pool gaasi hulgast lastakse välja. Arvestades, et gaasi paisumine balloonis toimub adiabaatilisel, määrata rõhu ja temperatuuri lõppväärtused.
- M375. Kui kõrgele tõuseb temperatuur sisepõlemismootori silindris, kui gaasi algtemperatuur on  $27^{\circ}\text{C}$  ning kokkusurumisel tema ruumala vähenet 10 korda?

- M376. Adiabaatilisel kokkusurumisel kasvas gaasi rõhk kaheksakordseks, temperatuur tõusis seejuures  $15^{\circ}\text{C}$ -st  $210^{\circ}\text{C}$ -ni. Määrata selle gaasi erisoojuste suhe.
- M377. Õhk, mille algrõhk oli 1 at, suruti kokku adiabaatiliselt 10 at rõhuni. Milliseks kujuneb rõhk, kui gaas jahutada algtemperatuurini, säilitades seejuures saavutatud ruumala?
- M378. 1 kg õhku ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 1$  at) surutakse kokku 10 at rõhuni. Määrata gaasi kokkusurumisel tehtud töö, kui kokkusurumise protsess on 1) isothermiline, 2) adiabaatiline.
- M379. Määrata 4 g vesiniku adiabaatilise paisumise töö, kui paisumisel langes gaasi temperatuur 10 deg võrra.
- M380. Milline on polütroobi astmenäitaja, kui protsess oma iseloomult on lähedane 1) adiabaatilisele, 2) isothermilisele, 3) isobaarsele protsessile?
- M381. Ideaalne gaas paisub seaduse järgi  $pV^2 = \text{const}$ . Kuidas muutub selle gaasi temperatuur paisumisel?
- M382. Gaas paisub polütroopselt seaduse järgi  $pV^3 = \text{const}$  ruumalast  $V_1 = 1$  l ruumalani  $V_2 = 3$  l. Tema algrõhk  $p_1 = 20$  at. Temperatuur gaasi paisumisel on selline, et isohoorne moolsoojus  $C_V = 3 R/2$ . Määrata selle gaasi siseenergia muutus ning neelatud soojuse hulk.
- M383. Gaasiga teostatakse Carnot' ringprotsess. Soojusallika temperatuur on  $100^{\circ}\text{C}$ . Milline on jahutaja temperatuur, kui gaas annab ära jahutajale  $3/4$  soojusallikast saadud soojusest?
- M384. Soojusmasin töötab Carnot' tsükli järgi. Soojusallika ja jahutaja temperatuurid on seejuures vastavalt  $127^{\circ}\text{C}$  ja  $7^{\circ}\text{C}$ . Isothermilisel paisumisel teeb gaas 50 kGm tööd. Kui palju tööd teevad välised jõud gaasi isothermiliselt kokku surudes?
- M385. Gaasiga teostatakse Carnot' ringprotsess. Gaasi algruumala  $V_1 = 44$  l, isothermilise protsessi lõpul gaasi

ruumala oli  $V_2 = 56$  l ning adiabaatilise paisumise lõpul  $V_3 = 878$  l. Määrata gaasi ruumala  $V_4$  isotermlise kokkusurumise lõpul.

- M386. Aurumasin tarvitab 0,8 kg kivisütt tunnis hobujõu kohta. Katla temperatuur on  $200^\circ\text{C}$ , jahutaja temperatuur  $40^\circ\text{C}$ . Määrata masina kasutegur. Kui suur oleks ideaalse soojusmasina kasutegur sama temperatuuride vahe puhul?

M387.



Joon. M-37.

Gaasiga teostatud ringprotsessi kujutab graafik (joon. M-37), kus üks jaotis rõhuteljel tähendab 10 l ning üks lõik püstteljel 2 at. Arvutada protsessi tulemusena saadud töö.

- M388. Määrata entroopia muutus 10 g hapniku isobaarsel soojenemisel  $17^\circ\text{C}$ -st  $127^\circ\text{C}$ -ni.
- M389. Määrata entroopia muutus 20 g lämmastiku isotermlisel paisumisel 25 liitrist 100 liitrini.
- M390. Määrata entroopia muutus, mis toimub 100 g vee soojendamisel  $0^\circ\text{C}$ -st  $100^\circ\text{C}$ -ni ning selle täielikul aurustumisel.

## XI. MOLEKULAARJÕUD VEDELIKES JA GAASIDES

- M391. Kirjutada van der Waalsi võrrand  $n$  kilomooli gaasi kohta.
- M392. Milline on konstandi  $a$  dimensioon van der Waalsi võrrandis?
- M393. Määrata seos rõhu, ruumala ja temperatuuri vahel kriitilises punktis gaasi puhul, mis allub van der Waalsi võrrandile.

- M394. Leida hapniku kriitiline rõhk ja kriitiline temperatuur. Van der Waalsi konstandid hapniku puhul on:  $a = 1,30 \text{ At}^{\times} \cdot \text{l}^2/\text{mool}^2$ ;  $b = 0,031 \text{ l/mool}$ .
- M395. Määrata van der Waalsi konstandid süsihappegaasi jaoks, teades selle kriitilist rõhku ( $P_k = 73,0 \text{ At}$ ) ja kriitilist temperatuuri ( $t_k = 31,1^{\circ}\text{C}$ ).
- M396. Süsihappegaasi kriitiline temperatuur on  $+31^{\circ}\text{C}$ , kriitiline rõhk  $73 \text{ At}$ . Määrata ühe kilomooli kriitiline ruumala.
- M397. Vee puhul van der Waalsi konstant  $a = 5,47 \text{ At} \cdot \text{m}^6/\text{kmool}^2$ . Määrata siserõhk.
- M398. 1 g lämmastiku ruumala kasvab 1 l-st 5 l-ni. Leida seesmiste jõudude töö sellel paisumisel. Lämmastiku puhul van der Waalsi konstant  $a = 1,35 \text{ J} \cdot \text{m}^3/\text{kmool}^2$ .
- M399. Ühes liitris vees on lahustatud 34 g pilliroosuhkrut ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) temperatuuril  $27^{\circ}\text{C}$ . Määrata osmootne rõhk.
- M400. 2,92 g keedusoola on lahustatud liitris vees temperatuuril  $27^{\circ}\text{C}$ . Missugune osa soola molekulidest on disotsieerunud ioonideks, kui osmootne rõhk on  $1,9 \text{ At}$ ?
- M401. Määrata naftaliini ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) osmootne rõhk, kui 8 g naftaliini on lahustatud 110 g bensoolis temperatuuril  $17^{\circ}\text{C}$ .
- M402. Kuidas kasvab osmootne rõhk lahustatud aine molekulide disotsieerumise tagajärjel, kui oletada, et  $\text{N}_2$ -dik osa kõikidest molekulidest on lagunened 1 osaks?
- M403. Määrata vee tihedus 500 m sügavusel pinnast, võttes tiheduseks pinna lähedal  $1 \text{ g/cm}^3$  ning vee kokkusurutavuse koefitsiendiks  $4,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/at}$ .
- M404. 2 m<sup>3</sup> mahuga katel on täidetud veega rõhul 300 at. Kui palju vett voolab välja, kui katla kaanesele tekib mõra?

<sup>x</sup> Tähise At all mõistetakse siin ja edaspidi nn. normaalatmosfääri, s.o. rõhku 760 mmHg.

- Vee kokkusurutavuse koefitsient on  $4,6 \cdot 10^{-5}$  /at.
- M405. 2 m sügavusel vees on õhumull  $10\text{-}\mu\text{m}$  läbimõõduga. Lei-  
da rõhk mullis, kui atmosfääri rõhk on 760 mmHg.
- M406.  $2\text{-}\mu\text{m}$  läbimõõduga õhumullike asub veepinna ligidal.  
Määrata õhu tihedus mullikeses, kui atmosfääri rõhk on  
76 cmHg ja vee temperatuur  $20^{\circ}\text{C}$ .
- M407. Milline on vee tihedus  $10^{-6}$  cm raadiusega tilgas tem-  
peratuuril  $4^{\circ}\text{C}$ ? Vee kokkusurutavuse koefitsient on  
 $4,6 \cdot 10^{-5}$  /at.
- M408. Kui palju tööd on tehtud 14-cm läbimõõduga seebi-  
mulli väljapuhumisel, kui protsess oli isothermiline  
ning temperatuur  $20^{\circ}\text{C}$ ? Milline on lisarõhk selle mul-  
li sees?
- M409. Kui palju tööd tuleb teha, et jaotada pooleks 3-mm  
läbimõõduga elavhõbedatilk? Jaotamise protsess on iso-  
termiline ning elavhõbeda pindpinevuse koefitsient sel-  
lel temperatuuril 490 dyn/cm.
- M410. Kui palju energiat vabaneb väikeste vihmapiiskade  
( $r = 2 \cdot 10^{-3}$  mm) ühinemisel suuremasse ( $R = 2$  mm)?  
Protsessi pidada isothermiliseks.
- M411. Klaasist U-toru ühe haru läbimõõt on 1 mm, teise 3 mm.  
Milline on vee nivoode vahe neis harudes?
- M412. Kaks vertikaalselt asetatud klaastoru ( $d_1 = 0,2$  mm;  
 $d_2 = 0,3$  mm) on ühendatud kummivoolikuga ja täidetud  
veega. Missugusel tingimusel on vee nivood torudes  
ühesugusel kõrgusel?
- M413. Ühe klaastoru otsas on 5-cm raadiusega seebimull, tei-  
se otsas 10-cm raadiusega mull. Kumb mullidest hakkab  
kasvama, kui ühendada torud kummivoolikuga?  
Kui palju muutub väiksema mulli raadius, kui suure-  
ma raadius muutub 1 mm võrra?  
Kuidas muutub seejuures mõlema mulli pinnaenergia?

- M414. Elavhõbedaga täidetud 0,4 cm seesmise läbimõõduga baromeetritoru on asetatud lahtist otsa pidi elavhõbedakaussi. Elavhõbede nivoode vahe torus ja lahtises anumal on 758 mm. Määrata nendest andmetest atmosfääri rõhk, arvestades, et toru ja elavhõbede puhul on tegemist absoluutse mittemärgamisega ning elavhõbede pindpinevuse koefitsient antud temperatuuril on 540 dyn/cm.
- M415. Kui kõrgele tõuseb vesi kahe vertikaalselt asetatud paralleelse klaasplaadi vahel, kui nendevaheline kaugus on 0,5 mm? Arvestada, et märgamine on täielik.
- M416. 2 mm seesmise läbimõõduga klaastorusse on asetatud kokaaksiaalselt 1,5-mm läbimõõduga klaaspulk. Kui kõrgele tõuseb vesi mööda niisugust kanalit? Arvestada, et märgamine on täielik.
- M417. 0,6-mm läbimõõduga vertikaalselt asetatud klaastoru on täidetud veega. Osa vett ripub toru alumise otsa küljes tilgana, mille raadius on 3 mm. Määrata veesamba pikkus torus. Vee pindpinevuse koefitsiendiks võtta 70 dyn/cm ning märgamine lugeda täielikuks.
- M418. 20 cm pikkune ühest otsast kinnine klaastoru, mille seesmine läbimõõt on 0,2 mm, asetatakse lahtist otsa pidi vette. Kui sügavale peab asetama toru, et vee niivõrd torus ja anumal oleksid samal kõrgusel? Õhurõhk on 750 mmHg.
- M419. a) 20 cm pikkune klaastoru, mille seesmine läbimõõt on 1,5 mm, asetatakse horisontaalselt elavhõbedasse 10 cm sügavusele nii, et temas olev õhk ei pääseks välja. Milliseks kujuneb õhusamba pikkus torus? Õhurõhk on 76 cmHg, äärenurk  $138^{\circ}$ .
- b) Lahendada sama ülesanne, kui sügavus on 0,5 cm.
- M420. U-toru harud on kapillaarid seesmiste läbimõõdudega 0,1 mm ja 0,3 mm. Torusse on valatud vesi, mille temperatuur on  $20^{\circ}\text{C}$ . Läbimõõdu erinevuse tõttu on vee niivõrd harudes erinevatel kõrgustel. Kuidas muutub niivõõde kõrguste vahe, kui vee temperatuuri tõsta

70°C-ni? Vee pindpinevuse koefitsiendi sõltuvus temperatuurist on antud valemiga:  $\alpha = (70 - 0,15 t)$  dyn/cm, kus  $t$  on vee temperatuur Celsiuse skaala järgi. Märkamise lugeda täielikuks.

ELEKTER JA MAGNETISM

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

## XII. ELEKTROSTAATIKA

- E1. Arvutada jõud, millega tõukuvad kaks samanimelist ning 1-kulonilise laenguga kera, millede tsentritevaheline kaugus on 1 km.
- E2. Kahe ühesuguse väikese metallkera laengud on  $\pm 1$  CGSE<sub>q</sub>. Milline peab olema nende kerade mass, et elektriline tõukejõud oleks võrdne gravitatsioonilise tõmbejõuga?
- E3. Elementaarse teooria järgi tiirleb elektron vesiniku aatomis ümber prootoni mööda ringorbiite. Milline peab olema elektroni kiirus aatomi põhiolekus, kui orbiidi raadius on  $5,3 \cdot 10^{-9}$  cm?
- E4. Millises tasakaaluolekus saab olla kahe ühesuguse punktlaengu vahele paigutatud kolmas punktlaeng? Äärmiste punktlaengute märk võib olla kas sama- või erinimeline kolmanda laengu märgiga.
- E5. a) Kolm ühesugust laengut  $q$  asetsevad võrdkülgse kolmnurga tippudes. Milline laeng  $Q$  tuleb paigutada kolmnurga keskpunkti, et selle mõju tasakaalustaks laengutevahelised tõukejõud?
- b) Lahendada analoogiline ülesanne eeldusel, et laengud asetsevad ruudu tippudes, tasakaalustav laeng  $Q$  aga paigutatakse ruudu keskpunkti.
- E6. Kaks ühesugust 0,1-g kuulikest ripuvad kumbki 10 cm pikkuse niidi otsas, mis on kinnitatud ühes punktis. Saanud võrdsed laengud, tõukuvad kuulikesed nii, et niidid moodustavad 60°-se nurga. Määrata kuulikeste laengud.
- E7. Määrata punkt, milles kahe teineteisest kaugusel  $d$  asetseva punktlaengu  $q_1$  ja  $q_2$  elektrivälja tugevus on null. Punktlaengud võivad olla nii sama- kui erimärgilised.
- E8. Kaks punktlaengut  $+100$  CGSE<sub>q</sub> asetsevad teineteisest 8 cm

- kaugusel. Määrata elektrivälja tugevus ja potentsiaal punktis, mis on kummastki laengust 5 cm kaugusel.
- E9. Kolm ühesugust punktlaengut  $q = 10^{-9} \text{C}$  asetsevad täisnurkse kolmnurga tippudes. Leida elektrivälja tugevus täisnurga tipust hüpoteenuusile tõmmatud rist sirge lõikepunktis hüpoteenuusiga, kui kolmnurga kaatetid on  $a = 40 \text{ cm}$  ja  $b = 30 \text{ cm}$ .
- E10. Vee molekuli võib vaadelda dipoolina, mille elektriline moment  $p_e = 1,85 \cdot 10^{-18} \text{ CGSE}_p$ .
- Määrata dipooli öla pikkus, lugedes dipooli koosseisu kuuluvad laengud võrdseks elektroni laenguga.
  - Määrata dipooli elektrivälja tugevus dipooli teljel ning dipooli keskrist sirgel  $3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$  kaugusel dipooli keskpunktist.
  - Vee molekul ning vesiniku ioon asetsevad teineteisest  $3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$  kaugusel. Määrata dipooli ja iooni vaheline maksimaalne ning minimaalne mõjujõud ja dipoolile mõjuva maksimaalse ning minimaalse pöördemomendi väärtused.
- E11. Arvutada ühtlaselt laetud ketta elektrivälja tugevus ketta teljel kaugusel  $h$  selle tsentrist. Ketta raadius on  $R$  ning tema laeng  $q$ .
- E12. Suur plaat on laetud ühtlaselt laengu pindtihedusega  $\sigma$ . Plaadi keskel on ümmargune ava. Ava raadius  $R$  on väike, võrreldes plaadi mõõtmetega. Määrata elektrivälja tugevus ava keskpunkti läbival ning plaadiga risti oleval sirgel kaugusel  $h$  sellest.
- E13. Ühtlaselt laetud ketta raadius on 25 cm. Millisel piirkaugusel kettast piki ketta telge võib ketta elektrivälja vaadelda ühtlaselt laetud lõpmatu ulatusega tasapinna elektriväljana? Tehtav viga ei tohi ületada 5%.
- E14. Küllalt suurte mõõtmetega vertikaalne plaat on laetud ühtlaselt laengu pindtihedusega  $\sigma = 10 \text{ CGSE}_\sigma$ . Plaadi külge kinnitatud niidi otsas ripub laetud kerake massiga  $m = 1 \text{ g}$ . Niit on kõrvale kaldunud vertikaal-

sihist nurga  $\varphi = 30^\circ$  võrra. Määrata kerakese laeng  $q$ .

- E15. Leida kahe ühtlaselt laetud lõpmatult suure ning teineteisega risti oleva tasapinna elektrivälja tugevus, kui tasapindade laengute pindtihedused on  $+6$  ja  $+26$ .
- E16. Peenikese 5-sentimeetrise raadiusega ühtlaselt laetud rõnga laeng  $q = 50 \text{ CGSE}_q$ . Määrata: a) elektrivälja tugevus rõnga tsentris, b) elektrivälja tugevus rõnga teljel  $h = 10 \text{ cm}$  kaugusel rõnga tasandist, c) maksimaalne elektrivälja tugevus rõnga teljel.
- E17. Peenikesel  $10 \text{ cm}$  pikkusel õhus asetseval sirgjuhtmel jaotub ühtlaselt laeng  $0,3 \mu\text{C}$ . Arvutada väljatugevus ja potentsiaal punktis, mis asetseb juhtmega samal sirgel  $10 \text{ cm}$  kaugusel lähemast otsast.
- E18. Arvutada ühtlaselt laetud pika ja peenikese sirge niidi elektrivälja tugevus kaugusel  $d$  niidist. Niidi laengu joontihedus on  $\tau$ .
- E19. Esitada ühel ja samal joonisel sõltuvus elektrivälja tugevuse ning kauguse vahel intervallis  $1 \leq r \leq 5 \text{ cm}$  järgmiste elektriväljade puhul: a) punktlaeng suurusega  $100 \text{ CGSE}_q$ , b) lõpmatult pikk ühtlaselt laetud niit laengu joontihedusega  $1,67 \cdot 10^{-8} \text{ C/cm}$ , c) lõpmatult suur ühtlaselt laetud tasapind, mille laengu pindtihedus on  $2,5 \cdot 10^{-9} \text{ C/cm}^2$ .
- E20. Millist jõudu avaldab ühtlaselt laetud lõpmatult suur tasapind temaga paralleelse ühtlaselt laetud lõpmatult pika niidi igale meetripikkusele lõigule, kui niidi laengu joontihedus on  $3 \cdot 10^{-8} \text{ C/cm}$ , tasapinna laengu pindtihedus aga  $2 \cdot 10^{-9} \text{ C/cm}^2$ ?
- E21. Ühtlaselt laetud peenikese varva laeng on  $600 \text{ CGSE}_q$ . Määrata elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb varva otstest  $R = 300 \text{ cm}$ , selle keskpunktist aga  $R_0 = 10 \text{ cm}$  kaugusel.
- E22. Ühtlaselt laetud niidi pikkus on  $25 \text{ cm}$ . Millisel piirkaugusel niidist piki niidile tõmmatud keskristsirget

võib niidi elektrivälja vaadelda lõpmatult pika niidi elektriväljana? Niisuguse asenduse juures tehtav viga ei tohi ületada 5%.

- E23. Kaks pikka samanimeliselt laetud paralleelset niiti asetsevad teineteisest  $a = 10$  cm kaugusel. Niitude laengu joontihedused  $\tau_1 = \tau_2 = 10^{-7}$  C/cm. Määrata elektrivälja tugevuse suund ja suurus mõlemast niidist 10 cm kaugusel asetsevas punktis.
- E24. Kaks pikka peenikest paralleelset ühtlaselt laetud sirget traati asetsevad teineteisest kaugusel  $d$ . Laengute joontihedused on  $+\tau$  ja  $-\tau$ . Määrata elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb traatide sümmeetriasandil kaugusel  $x$  traatide tasapinnast.
- E25. Milline tõukejõud mõjub kahe ühtlaselt laetud lõpmatult pika niidi iga ühe meetri pikkuse lõigu vahel, kui niitude laengu joontihedus on  $3 \cdot 10^{-8}$  C/cm, nendevaheline kaugus aga 2 cm? Millist tööd tuleb teha niidi iga meetri kohta, et lähendada niidid teineteisest 1 cm kaugusele?
- E26. Määrata ühtlaselt laetud peenikese poolrõnga elektrivälja tugevus rõnga kõverustsentris. Poolrõnga raadius on  $R$  ning selle laeng  $q$ .
- E27. Määrata elektrivälja tugevus tasapinnalise poolrõnga tsentris, kui selle välisraadius on 1 m, siseraadius aga 90 cm. Laengu pindtihedus rõngal on  $10^{-5}$  C/cm<sup>2</sup>.
- E28. Arvutada ühtlaselt laetud poolsfääri elektrivälja tugevus selle keskpunktis.
- E29. Milline võib olla maksimaalne laeng õhus asetseval metallkeral raadiusega  $R = 15$  cm, kui õhu elektriline läbilöötk toimub väljatugevusel  $E = 30$  kV/cm?
- E30. Dielektrikust kera, mille raadius on 2 cm, laeti ühtlaselt laengu ruumtihedusega  $0,7$  CGSE. Leida elektrinihe ühe ja kolme cm kaugusel kera tsentrist.

- E31. Tasaparalleelne dielektrikukiht on laetud ühtlaselt laengu ruumtihedusega  $\rho = 0,8 \text{ CGSE}$ . Plaadi paksus  $d = 0,5 \text{ cm}$ , aine suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 2$ . Milline on elektrivälja tugevus:
- kihi sisemuses  $0,1 \text{ cm}$  kaugusel välispinnast,
  - kihi keskel,
  - väljaspool kihti?
- E32. Kaks punktlaengut  $+10^{-7} \text{ C}$  ja  $-10^{-8} \text{ C}$  asetsevad teineteisest  $1 \text{ cm}$  kaugusel. Kui palju tööd tuleb teha ühe laengu eemaldamiseks teisest 1) lõpmata kaugele ja 2)  $1 \text{ m}$  kaugusele?
- E33. Punktlaeng  $q = 2 \text{ CGSE}$  asub  $4 \text{ cm}$  kaugusel pikast ühtlaselt laetud peenest niidist. Elektrivälja mõjul hakkab see laeng liikuma mööda jõujoont, kusjuures  $2 \text{ cm}$  pikkuse tee läbimisel tehakse  $5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$  tööd. Määrata niidi laengu joontihedus.
- E34. Kaugusel  $R$  punktlaengust asetseb vaba elektridipool momendiga  $p_e$ . Millist tööd peavad tegema elektrivälja jõud dipooli eemaldamiseks punktlaengust lõpmatult kaugusele?
- E35. Joonestada kahe punktlaengu potentsiaalse energia graafiline sõltuvus laengutevahelisest kaugusest intervallis  $2 \leq r \leq 10 \text{ cm}$ . Laengute suurused  $q_1 = 10^{-9} \text{ C}$ ,  $q_2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ;  $\epsilon = 1$ . Graafikud joonestada nii sama- kui erimärgiliste laengute jaoks.
- E36. Elektrivälja tugevus välja teatud osas sõltub ainult koordinaadist  $x$ , kusjuures sõltuvus on järgmine:
- $$\varphi = -\frac{ax^2}{2} + C; \text{ a ja C on konstantsed suurused. Leida elektrivälja tugevus. Millise laengute jaotuse puhul selline väli tekib?}$$
- E37. Peenikese rõnga raadius on  $10 \text{ cm}$  ja laengu joontihedus  $0,3 \text{ } \mu\text{C/m}$ . Arvutada töö, mis tuleb teha laengu  $0,005 \text{ } \mu\text{C}$  viimiseks rõnga keskpunktist piki rõnga telge  $20 \text{ cm}$  kaugusele.

- E38. Peenikesest traadist rõnga raadius  $R = 5$  cm ja selle laeng  $q = 50$  CGSE. Määrata:
- rõnga keskristsirgel asetseva punkti potentsiaali sõltuvus kaugusest rõnga tasandini,
  - elektrivälja tugevus kui potentsiaali gradient,
  - potentsiaal rõnga keskel ning kaugusel  $h = 10$  cm rõnga tasandist.
- E39. Kolm suurt ühesugust paralleelset plaati asetsevad üksteisest 1 mm kaugusel. Millised on pinged plaatide vahel, kui plaadid on laetud ühtlaselt laengute pindtihedusega  $\sigma_1 = +0,2$  CGSE,  $\sigma_2 = +0,4$  CGSE ja  $\sigma_3 = -0,6$  CGSE ühikut?
- E40. Koaksiaalkaabli soone raadius on  $R_1$  ning katte siseradius  $R_2$ . Määrata raadiuse  $R_1$  väärtus, mille puhul antud pinge  $U$  ja dielektriku suhtelise läbitavuse  $\epsilon$  jaoks kaabli vastupidavus läbilöögile on maksimaalne.
- E41. Kaks erimärgilist punktlaengut, millede laengute suhe on  $n$ , asetsevad teineteisest kaugusel  $d$ . Tõestada, et potentsiaalile  $O$  vastav ekvipotentsiaalipind on sfäär. Määrata sfääri raadius ning selle keskpunkti kaugus a väiksema laengu asukohast.
- E42. Kaks ühtlaselt ja erimärgiliselt laetud pikka paralleelset peenikest niiti asetsevad teineteisest kaugusel  $d$ . Laengute joontihedused on  $\tau$  ja  $-\tau$ . Tõestada, et juhul, kui niitidevaheline kaugus on küllalt suur:
- on ekvipotentsiaalipinnad ringsilindrid, millede teljed asetsevad paralleelselt niitidega ning viimastega samal tasapinnal;
  - elektrivälja tugevuse jooned asetsevad niitide risttasandil ja on ringjooned, millede keskpunktid asetsevad niitide järgi ühendaval keskristsirgel.
- E43. Metallkera, mille raadius  $R_1$  ning laeng  $Q$ , on ümbritsetud teise, seest õõnsa kontsentrilise metallkeraga, mille siseradius on  $R_2$  ning välisraadius  $R_3$ . Välise

kera laeng on null. Joonestada elektrivälja tugevuse graafiline sõltuvus kaugusest  $r$  kera tsentrini. Määrata kerade potentsiaalid lõpmatuse suhtes. Kas nad muutuvad, kui väline kera maandada?

- E44. Kahe kontsentrilise metallsfääri raadiused on  $R$  ja  $2R$ . Sfäärid on laetud samamargiliselt, kusjuures nende laengud on vastavalt  $1 \mu C$  ja  $2 \mu C$ . Kaugusel  $3R$  sfääride tsentrist on potentsiaal  $30 \text{ CGSE}_\phi$ . Määrata  $R$ .
- E45. Kahe kontsentrilise metallsfääri raadiused  $R_1 = 10 \text{ cm}$  ja  $R_2 = 20 \text{ cm}$ . Kummagi sfääri laeng  $q = +50 \text{ CGSE}_q$ . Milline on sfääride potentsiaalide vahe ning kui suur on elektrivälja tugevus sfääride sisemuses ja väljaspool?
- E46. Metallkera raadius on  $10 \text{ cm}$  ja potentsiaal  $300 \text{ V}$ . Kera ümbritseti kontsentrilise metallsfääriga, mille raadius on  $15 \text{ cm}$ , ning ühendati lühiajaliselt sisekeraga. Milline on nüüd sisekera potentsiaal?
- E47. Kahe koaksiaalse lõpmatult pika silindri raadiused  $R_1 = 10 \text{ mm}$  ja  $R_2 = 10,5 \text{ mm}$ . Silindrid on laetud samamargiliselt, kusjuures sisemise silindri laengu pindtihedus on  $1 \text{ CGSE}_\sigma$ , välimise  $2 \text{ CGSE}_\sigma$ . Arvutada silindrite potentsiaalide vahe ning elektrivälja tugevus väljaspool silindreid.
- E48. Tõestada, et punktlaengu  $+q$  ja sellest kaugusel  $d$  asetseva lõpmatult suure metallplaadi vaheline mõjujõud on võrdne sama punktlaengu ning temaga plaadi suhtes sümmeetriliselt asetseva, kuid negatiivse punktlaengu vahelise mõjujõuga.
- E49. Kaugusel  $h$  lõpmatult suurest metallplaadist asetseb punktlaeng  $+q$ . Määrata elektrivälja tugevus punktis, mis asetseb nii punktlaengust kui ka plaadist kaugusel  $h$ .
- E50. Väga väike kuulike laenguga  $+q$  asetseb suurest metallplaadist väikesel kaugusel  $h$ . Määrata elektrivälja

tugevus:

- 1) kuulikese tsentrist plaadile tõmmatud ristsirge jälje juures;
- 2) kaugusel 2 h plaadist samal ristsirgel.

- E51. Metallkera, raadiusega  $R$ , on ühendatud peenikese traadi abil Maaga. Kera tsentrist kaugusel  $d = 2 R$  asetseb punktlaeng  $+q$ . Milline on kera negatiivne laeng  $q'$ ? Maa pinna ning kõik teised kehad võib lugeda asetsevateks lõpmatult kaugel. Ühendustraadi mõju lugeda tühiselt väikeseks.
- E52. Sfääril raadiusega  $R$  on ühtlaselt jaotunud laeng  $q$ . Arvutada laengute olemasolust tingitud lisarõhk sfääri pinnale.
- E53. Kerakujulise seebimulli raadius on  $R$  ning ta viibib tasakaaluolekus. Mulli laadimisel laenguga  $Q$  tekib lisarõhk, mis püüab mulli viia uude tasakaaluolekusse raadiusega  $R_1 > R$ . Milline laeng  $q$  tuleks paigutada seebimulli keskpunkti, et see tasakaalustaks lisarõhu mulli raadiuse endisel väärtusel?
- E54. Kaks õhukest plaati on laetud samamärgiliste laengutega, millele pindtihedused on  $\sigma_1 = +1$  CGSE  $\sigma$  ja  $\sigma_2 = +2$  CGSE  $\sigma$ . Plaatidevaheline kaugus  $d_0 = 1$  cm on tühiselt väike, võrreldes plaadi lineaarmõõtmetega. Plaatide vahel asetseb nendega paralleelselt parafiinikiht ( $\epsilon = 2$ ) paksusega  $d_2 = 5$  mm. Milline on plaatide potentsiaalide vahe? Kui suur on elektrivälja tugevus:
- a) plaatide vahel, kuid väljaspool dielektrikut  $E_1$ ?
  - b) dielektrikus  $E_2$ ?
- Kui suur on plaadi igale pinnahikule mõjuv jõud?
- E55. Dielektrikus, mille suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon$ , tekitati homogeenne elektrivälja väljatugevusega  $E$ . Dielektrikusse on tehtud kerakujuline õõnsus. Määrata õõnsuse pinnale ilmunud polarisatsioonilaengute elektrivälja tugevus  $E'$  õõnsuse keskpunktis, lugedes polarisatsioonivektori  $P$  väljaspool õõnsust konstant-

seks suuruseks. Milline on resultantvälja tugevus samas punktis?

- E56. Sfääriline kondensaator, mille katete raadiused on 1 cm ja 4 cm, laeti pingeni 3 kV. Määrata selle kondensaatori mahtuvus ning elektrivälja tugevus 3 cm kaugusel tsentrist.
- E57. 10-cm raadiusega metallkera ühendati peene traadi abil teise metallkeraga, mille raadius on 2 cm. Saadud süsteemile anti laeng  $180 \text{ CGSE}_q$ . Määrata kummagi kera laeng ja potentsiaal.
- E58. Juhi laengut võib määrata elektromeetri abil, mis mõõdab potentsiaalide vahet. Selleks tuleb esmalt mõõta juhi ja maapinna potentsiaalide vahe  $\varphi_1$ . Edasi ühendatakse elektromeetriga tuntud mahtuvusega kondensaator  $C_0$ , mille üks kate on maandatud, ning mõõdetakse uuesti potentsiaalide vahe  $\varphi_2$ . Kuidas niisugustest mõõtmistest määrata laeng? Millest sõltub laengu määramise täpsus?
- E59. Milline on elektrivälja tugevus  $E$  plaatkondensaatori õhuvahemikus, kui potentsiaalide vahe katetel  $U = 200\text{V}$ ? Katetevaheline kaugus  $d = 0,2 \text{ cm}$  ning sinna on paigutatud plaatidega paralleelne klaasplaat ( $\epsilon = 7$ ) paksusega  $d_k = 0,1 \text{ cm}$ .
- E60. Plaatkondensaatori katetevaheline kaugus on  $d$  ning ta on täidetud kahe erineva dielektriku kihiga. Ühe dielektriku suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon_1$  ning selle paksus  $d_1$ . Teise dielektriku kihi vastavad karakteristikud on  $\epsilon_2$  ja  $d_2$ . Kummagi katte pindala on  $S$ . Määrata kondensaatori mahtuvus.
- E61. Plaatkondensaatori katetevaheline kaugus on  $d$  ning ta on täidetud dielektrikuga. Määrata kondensaatori mahtuvus  $C$  kahel juhul: a) dielektrik koosneb kahest võrdse paksusega plaadist, millede suhtelised dielektrilised läbitavused on  $\epsilon_1$  ja  $\epsilon_2$ , kusjuures plaadid asetse-

vad paralleelselt kondensaatori katetega; b) pool kondensaatorist on täidetud ühe, ülejäänud osa teise dielektrikuga, kusjuures dielektrikute lahtuspind on risti katetega. Katete pindala on  $S$ . Ääreefekt servadel jätta arvestamata. Näidata, et esimesel juhul on kondensaatori mahtuvus alati väiksem kui teisel.

- E62. Plaatkondensaatori katetevaheline kaugus on 2 mm, pinget 1800 V. Plaatidevahelise ruumi täidab klaasplaat ( $\epsilon = 6$ ). Määrata klaasi dielektriline vastuvõtlikkus ja klaasil tekkinud polarisatsioonilaengute pindtihedus.
- E63. Plaatkondensaatori katetevaheline ruum on täidetud dielektrikuga ( $\epsilon = 6$ ). Katete kaugus teineteisest on 4 mm. Kondensaator on laetud pingeni 1200 V. Määrata 1) väljatugevus dielektrikus, 2) laengu pindtihedus kondensaatori plaatidel, 3) polarisatsioonilaengute pindtihedus ja 4) aine dielektriline vastuvõtlikkus.
- E64. Kondensaator koosneb kahest metallplaadist, millele vahele on asetatud klaasplaat ( $\epsilon = 8$ ). Millist rõhku avaldavad klaasile kondensaatori plaadid enne läbilööki, kui antud klaasi läbilöögitugevus on 30 kV/mm?
- E65. Kuidas muutub elektrivälja tugevus plaatkondensaatori katete vahel, kui ühe katte laengut suurendada kaks korda?
- E66. Plaatkondensaatori mahtuvus on 600 pF. Kuidas muutub kondensaatori mahtuvus, kui katete vahele paigutada paralleelselt nendega metallplaat, mille paksus moodustab  $\frac{1}{4}$  katetevahelisest kaugusest? Kas sõltub tulemus plaadi asukohast?
- E67. 5-cm raadiusega metallkera on ümbritsetud tihedalt 1 cm paksuse dielektrikukihiga ( $\epsilon = 7$ ) ning paigutatud 7-cm siseraadiusega kontsentrisse metallsfääri. Kui suur on niisuguse kondensaatori mahtuvus?
- E68. Kaabli soone diameeter  $d_1 = 1$  cm ning seatinast väliskatte diameeter  $d_3 = 2,6$  cm. Kaabli dielektriku suhte-

line dielektriline läbitavus  $\epsilon_2 = 4$ . Määrata, millise pinge puhul kaabli soone ning väliskatte vahel algab 0,2 mm paksusega koaksiaalses õhuvahemikus elektrilähendus. Ülesanne lahendada kahe erineva juhu jaoks:

- õhuvahemik asetseb soone vahetus läheduses;
- õhuvahemikku piirab ühest küljest väliskatte.

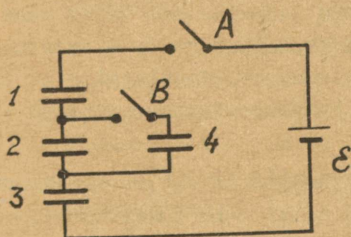
Õhu läbilöögtugevus  $E_{ll} = 30 \text{ kV/cm}$ .

E69. Kaabli tsentraalse soone raadius on 1,5 cm, kesta raadius 3,5 cm, nende vahele rakendatud pinge 2300 V. Määrata elektrivälja tugevus 2 cm kaugusel kaabli teljest ning kaabli jooksva meetri elektriline mahtuvus.

E70. Silindrilises kondensaatoris on kaks dielektrikukihti: lakiga immutatud paber ( $\epsilon_1 = 4$ ;  $r_1 = 2 \text{ cm}$ ;  $r_2 = 2,3 \text{ cm}$ ) ja klaas ( $\epsilon_2 = 7$ ;  $r_2 = 2,3 \text{ cm}$ ;  $r_3 = 2,5 \text{ cm}$ ). Kumb dielektrikutest saab esimesena läbilöögi, kui pinget kondensaatoril pidevalt tõsta? ( $E_{1\text{max}} = 120 \text{ kV/cm}$ ;  $E_{2\text{max}} = 100 \text{ kV/cm}$ ). Millise pinge juures toimub läbilööki?

E71. Paralleelselt ühega viiest järjestikku ühendatud ühesugusest kondensaatorist lülitati staatiline voltmeeter, mille mahtuvus on kaks korda väiksem kui iga järjestikku ühendatud kondensaatori mahtuvus. Voltmeetri näit on 500 volti. Milline on pinge patarei klemmidel?

E72. Neli ühesugust kondensaatorit on ühendatud nii, nagu näidatud joonisel E-1. Algul on lüliti B avatud ja lüliti A suletud. Siis



Joon. E-1.

avatakse lüliti A ning suletakse lüliti B. Milline on potentsiaalide vahe igal kondensaatoril, kui patarei elektromotoorne jõud on 9V?

Lahendada sama ülesanne tingimusel, et lüliti A suletakse ja avatakse lüliti B suletud asendis.

- E73. Plaatkondensaatori katted asetsevad üksteisest 0,5 mm kaugusel. Kuidas muutub kondensaatori mahtuvus tema paigutamisel isoleeritud metallkarpi, mille seinte kaugus katetest on 0,25 mm? Ääreefekt kondensaatori servadel jätta arvestamata. Kuidas muutub niisuguse kondensaatori mahtuvus ühe plaadi ühendamisel metallkarbiga?
- E74. Trioodi elektroodide vahelise mahtuvuse mõõtmiseks toimitakse järgmiselt: lühistatakse võre ning anood ja mõõdetakse katoodi ning teiste elektroodide vaheline mahtuvus  $C_1$ ; nüüd lühistatakse katood ning anood ja mõõdetakse jälle võre ning teiste elektroodide vaheline mahtuvus  $C_2$ ; lõpuks lühistatakse võre ja katood ning mõõdetakse anoodi ja ülejäänud elektroodide vaheline mahtuvus  $C_3$ . Kuidas mõõdetud  $C_1$ ,  $C_2$  ja  $C_3$  väärtuste järgi arvutada elektroodidevahelised mahtuvused  $C_{af}$ ,  $C_{ag}$  ja  $C_{gf}$ ?
- E75. Plaatkondensaatori katete vaheline kaugus on  $d$  ning ta on ühendatud konstantset potentsiaalide vahet  $U$  hoidva vooluallikaga. Katete vahele paigutatakse kogu ruumi täitev dielektrik, mille suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon$ . Kuidas muutub katete laengu pindtihedus?
- E76. Kondensaator on ühendatud alalispinge allika klemmidega. Kas muutub elektrivälja tugevus kondensaatoris, kui plaatidevaheline ruum täita dielektrikuga?
- E77. Plaatkondensaatori katted on ühendatud alalispinge allikaga. Katete eemaldamiseks teineteisest tuleb teha tööd. Kuidas muutub plaatidevahelise kauguse suurenemisega tarvitatav võimsus, oletades, et liikumine on ühtlane? Milleks kulutatakse kondensaatorisse esialgu salvestatud energia?
- E78. Plaatkondensaatori katete laengud on  $+q$  ja  $-q$ . Plaadi pindala on  $S$ . Millist tööd tuleb teha katetevahelise kauguse vähendamisel  $d_0$ -st  $d$ -ni. Millise energia arvel saab seda teha?

- E79. Plaatkondensaatori katete vaheline kaugus on 0,1 cm ning ühe katte pindala  $200 \text{ cm}^2$ . Katete vahel asetseb tihedalt klaasplaat ( $\epsilon = 5$ ). Kuidas muutub kondensaatori energia klaasplaadi eemaldamisel? Ülesanne lahendada kahel tingimusel: 1) kondensaator on pidevalt ühendatud 300-voldise alalispingeallikaga; 2) kondensaator oli algul ühendatud eespool nimetatud pingeallikaga, hiljem aga lahutati sellest ning alles siis eemaldati klaasplaat. Arvutada mehaaniline töö plaadi eemaldamisel ühel ja teisel juhul.
- E80. Kondensaatori plaatide vaheline ruum ( $20 \text{ cm}^3$ ) on täidetud dielektrikuga ( $\epsilon = 5$ ). Kondensaator on ühendatud pingeallikaga. Polariseerimise laengu pindtihedus dielektrikus on seejuures  $8,35 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$ . Kui palju tööd tuleb teha, et eemaldada dielektrik kondensaatorist? Lahendada ülesanne kahel juhul: 1) dielektriku eemaldamisel on kondensaator ühendatud pingeallikaga, 2) dielektriku eemaldamisel on kondensaator lahutatud pingeallikast.
- E81. Öhkkondensaator, mille plaatidevaheline kaugus on 3 mm, laeti pingeni 1000 V. Hiljem täideti kondensaator dielektrikuga, mille läbitavus on 7. Leida 1) polariseerimise laengu pindtihedus, 2) laengu pindtiheduse muutus kondensaatori plaatidel. Lahendada ülesanne kahel juhul:
- täitmine toimub jääval pingel;
  - täitmise ajal on kondensaator pingeallikast lahutatud.
- E82. 150 cm mahtuvusega kondensaator laeti pingeni 1,2 kV ning seejärel lahutati pingeallikast. Pärast seda ühendati paralleelselt selle kondensaatoriga teine laadimata kondensaator, mille mahtuvus on 50 cm. Kui palju energiat vabaneb kondensaatorite ühendamisel tekkiva sädeme tõttu?
- E83. Öhktaidisega vertikaalne plaatkondensaator laeti potentsiaalide vaheni U ning lahutati pingeallikast. Katte pindala on S ning katetevaheline kaugus d. Alt lähenda-

takse kondensaatorile anum vedela dielektrikuga, mille suhteline dielektriline läbitavus on  $\epsilon$ , ning tõstatakse seni, kuni dielektrik pole täitnud poole plaatidevahelisest ruumist. Milline on kondensaatori mahtuvus? Milline on elektrivälja tugevus nii õhu kui dielektrikuga täidetud katetevahelises ruumis? Kuidas jaotub laeng kondensaatori katte ulatuses? Määrata kondensaatori energia muutus  $\Delta W$  ning selgitada, milleks see kulutati. Dielektriku tase kondensaatoris lugeda horisontaalseks.

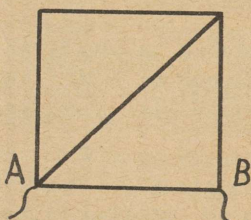
- E84. Sfäärilise õhkkondensaatori kummagi katte laeng  $|q| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ . Katete raadiused  $R_1 = 5 \text{ cm}$  ja  $R_2 = 10 \text{ cm}$ . Määrata elektrivälja energia ning katetele mõjuvad jõud.
- E85. Laetud plaatkondensaatori katetevaheline mõjujõud on  $0,05 \text{ N}$ . Kummagi plaadi pindala on  $200 \text{ cm}^2$ . Milline on elektrivälja energia ruumtihedus, kui dielektrikuks on õhk?
- E86. Plaatkondensaatori plaadid pindalaga  $100 \text{ cm}^2$  tõmbuvad jõuga  $3 \text{ G}$ . Plaatidevaheline ruum on täidetud vilgukiviga ( $\epsilon = 6$ ). Määrata laeng plaatidel, väljatugevus ja energia ruumtihedus vilgukivis.
- E87.  $6\text{-cm}$  läbimõõduga metallkera laeng on  $2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ . Kera asetseb petrooleumis. Määrata elektrivälja energia ruumtihedus punktides, mis asetsevad  $2 \text{ cm}$  ja  $4 \text{ cm}$  kaugusel kera tsentrilt.
- E88. Laetud metallkera A raadiusega  $2 \text{ cm}$  viiakse kokkupuutesse laadimata metallkeraga B, mille raadius on  $3 \text{ cm}$ . Pärast kerade eemaldamist teineteisest on kera B energia  $0,4 \text{ J}$ . Milline oli kera A laeng enne kerade kokkuvii mist?
- E89. Kahesentimeetrise diameetriga sirgjuhet ümbritseb neljasentimeetrise diameetriga koaksiaalne metallsilinder, kusjuures silindritevaheline ruum on täidetud dielektrikuga, mille  $\epsilon = 6$ . Väline silinder on maandatud, sise-mise potentsiaal Maa suhtes on  $600 \text{ V}$ . Määrata kummagi juhi laengu joontihedus, pindtihedus ning elektrivälja energia, kui silindrite pikkused on  $1 \text{ m}$ .

- E90. Neli võrdset laengut à +100 CGSE<sub>q</sub> asetsevad ruudu tipudes, mille külje pikkus on 10 cm. Määrata laengute süsteemi energia.
- E91. Lugesdes vesiniku aatomis prootonit ja elektroni punktlaenguteks, milledevaheline kaugus on  $5 \cdot 10^{-9}$  cm, määrata elektrivälja energia tihedus neid ühendava sirglõigu keskpunktis.
- E92. Sfäärilisele vaakumkondensaatorile ( $R_1 = 1$  cm;  $R_2 = 4$  cm) on rakendatud pinge 3 kV. Millise kiiruse saavutab elektron, liikudes kondensaatori elektriväljas 3 cm kauguselt 2 cm kaugusele, arvates sfääri tsentrist?
- E93. Laetud õlipiisake, mille mass on  $5 \cdot 10^{-11}$  g, asetseb horisontaalse kondensaatori plaatide vahel. Laadimata kondensaatoris langeb piisake õhutakistuse tõttu jääva kiirusega. Kui kondensaator laadida pingeni 600 V, väheneb piisakese langemiskiirus poole võrra. Määrata piisakese laeng, kui kondensaatori plaatide vaheline kaugus on 1 cm.
- E94. Silindrilisele vaakumkondensaatorile ( $R_1 = 1,5$  cm,  $R_2 = 3,5$  cm) on rakendatud pinge  $U = 2,3$  kV. Millise kiiruse saavutab elektron kondensaatori elektriväljas, liikudes jõujoont mööda kauguselt 2,5 cm kauguseni 2 cm, arvates silindri teljest?

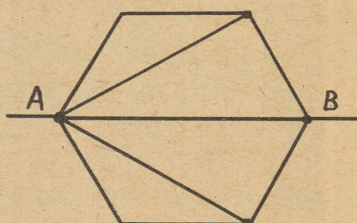
### XIII. ALALISVOOLU SEADUSED

- E95. Kera 2-mm läbimõõduga vasktraati kaalub 28 kG. Määrata selle traadi takistus.
- E96. Arvutada joonisel E-2 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui 1 m pikkuse traat

di takistus on 10 oomi ja ruudu külje pikkus 10 cm.

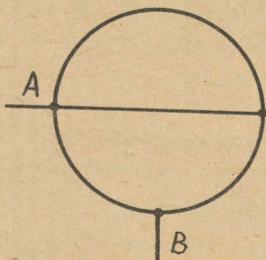


Joon. E-2.

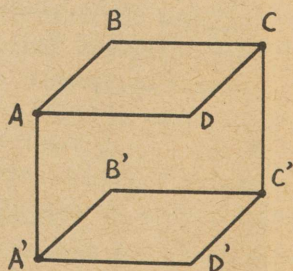


Joon. E-3.

- E97. Leida joonisel E-3 kujutatud juhtmestiku takistus  $R_{AB}$  arvestades, et iga sirglõigu takistus on  $r$ .
- E98. Arvutada joonisel E-4 kujutatud traatraamistiku takistus punktide A ja B vahel, kui 10 cm pikkuse traaditüki takistus on 1 oom ja ringi raadius 10 cm.
- E99. Ühtlasest 50 cm pikkusest ja 10-oomise takistusega traadist valmistati rõngas. Kuidas tuleb rõngaga ühendada vooluallika juhtmed, et rõnga takistus oleks 1 oom? Arvutada vastavate rõnga lõikude takistused ning pikkused.



Joon. E-4.



Joon. E-5.

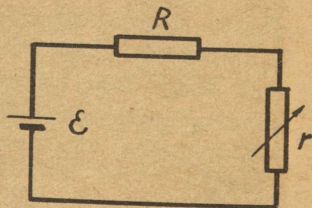
- E100. Traatkarkass (joon. E-5) koosneb kahest horisontaalsest ruudust, mis on omavahel ühendatud kahe vertikaalse traadiga, mille pikkused on võrdsed ruudu küljega. Määrata karkassi takistus punktide a) A ja C';

b) A ja C; c) B ja D' vahel. Ruudu külje takistus on 1 oom.

- E101. Kuubikujulise traatkarkassi iga serva takistus on 0,6 oomi. Milline on takistus kuubi mis tahes kahe tipu vahel?
- E102. Määrata 1 km pikkuse alumiiniumkihiga kaetud raudtraadi takistus, kui traadi välisdiameeter on 6 mm, raudsüdamiku diameeter aga 2 mm. Raua eritakistus on  $15 \cdot 10^{-6}$  oom.cm, alumiiniumil  $3,1 \cdot 10^{-6}$  oom.cm.
- E103. Suhteliselt halval elektrijuhi on silindrilise toru kuju. Toru pikkus on l, raadiused  $R_1$  ja  $R_2$ , materjali eritakistus  $\rho$ . Toru silindrilised pinnad on kaetud õhukese ideaalse elektrijuhi kihiga ning ühendatud vooluallikaga. Määrata toru takistus niisuguse ühenduse korral.
- E104. Sfäärilise kondensaatori katete raadiused on  $R_1$  ja  $R_2$ , katetevaheline ruum on täidetud ainega, mille eritakistus on  $\rho$ . Arvutada katetevahelise kerakihi takistus.
- E105. Ristkülikukujulise ristlõikega vasest poolrõnga sise- ja välisraadiused on vastavalt 10 ja 20 cm. Ristlõike pindala on  $5 \text{ cm}^2$ , potentsiaalide vahe rõnga otstel 5 mV. Määrata poolrõnga takistus, voolutugevus rõngas ning voolutihedus punktis, mis asetseb rõnga teljest 15 cm kaugusel. Ekvipotentsiaalpinna lageda rõnga telge läbivateks radiaalseteks tesapindadeks.
- E106. Teatud potentsiaalini laetud kera, mille raadius on  $R_0$ , ühendati juhi vahendusel maaga. Juhi takistus on  $100 \text{ CGSE}_T$ . Juhi laengu neutraliseerumise käigus vähendatakse kera raadiust nii, et tema potentsiaal jääb konstantseks. Millise kiirusega peab muutma kera raadiust?
- E107. Milline on volframhõõgniidi temperatuur võimenduslambris, kui külmas olekus ( $\sim 10^\circ\text{C}$ ) on niidi takistus

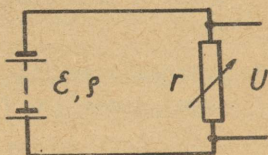
0,53 oomi ja hõõgumisel 6,22 oomi?

- E108. 3-oomise takistusega alumiiniumtraat ja 2-oomise takistusega raudtraat on ühendatud järjestikku. Kuidas sõltub niisuguse ahela takistus temperatuurist?
- E109. Sõepulk on ühendatud järjestikku sama jämeda raudpulgaga. Kuidas peavad suhtuma nende pulkade pikkused, et sellise süsteemi takistus ei sõltuks temperatuurist?
- E110. Kuidas tuleks projekteerida pika koridori valgustus ühe lambi abil, et selle võiks sisse ja välja lülitada ükskõik millisest otsast koridori sisenedes või sellest väljudes?
- E111. Elektronlambis kulgeb vool metallsilindrilt niidile, mis moodustab silindri telje. Määrata elektrivoolu tihedused silindri ja niidi vahetus läheduses, kui voolutugevus on 3 mA, niidi ja silindri pikkus 2,5 cm, niidi läbimõõt 0,02 mm ning silindri läbimõõt 1 cm.
- E112. Vooluahel koosneb kolmest järjestikku ühendatud juhtmest, mis on valmistatud samast ainest ning on ühepikkused, kuid nende ristlõigete pindalad on  $1 \text{ mm}^2$ ,  $2 \text{ mm}^2$ ,  $3 \text{ mm}^2$ . Pinge niisuguse ahela otstel on 12 V. Määrata pinge iga juhtme otstel.
- E113. 17,5-oomise takistusega tarbija asub 50 m kaugusel generaatorist, mille klemmpinge on 110 V. Pinge tarbija klemmidel on 100 V. Määrata tarbijat generaatoriga ühendavate vaskjuhtmete ristlõike pindala.
- E114. Vooluring on kujutatud joonisel E-6. Joonestada graafik, mis näitab voolutugevuse sõltuvust takistusest  $r$ . Määrata selle graafiku tõus, kui  $r = 0$ . Vooluallika sisetakistus lugeda tühiselt väikeseks.



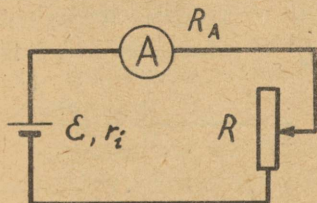
Joon. E-6.

E115. Galvaanielementide patarei, mille elektromotoorne jõud on  $\mathcal{E}$  ning sisetakistus  $\rho$ , on ühendatud takistiga  $r$  (joon. E-7). Joonestada graafik, mis väljendab sõltuvust välistakistil tekki-va pinge ning takistuse  $r$  vahel. Määrata kõvera tõus, kui  $r = 0$ .



Joon. E-7.

E116. Muutuva suurusega takistuse  $R$  mõõtmiseks koostati joonisel E-8 kujutatud vooluring. Vooluallika elektromotoorne jõud on  $\mathcal{E}$ , sisetakistus  $r_i$ ; ampermeetri takistus on  $R_a$ . Hinnata takistuse  $R$  mõõtmise täpsust ning leida seos voolu mõõtmise täpsuse  $\Delta i$  ja takistuse mõõtmise täpsuse  $\Delta R$  vahel, kui skaala jaotised on võrdelised voolu tugevusega  $i$ .



Joon. E-8.

takistus on  $R_a$ . Hinnata takistuse  $R$  mõõtmise täpsust ning leida seos voolu mõõtmise täpsuse  $\Delta i$  ja takistuse mõõtmise täpsuse  $\Delta R$  vahel, kui skaala jaotised on võrdelised voolu tugevusega  $i$ .

E117. Milline šunt tuleb ühendada paralleelselt osutigalvanomeetriga, kui selle skaala jaotiste arv on 100, jaotise hind  $10^{-6}$  A, sisetakistus 150 oomi ning riista on vaja kuni 1 mA tugevuse voolu mõõtmiseks?

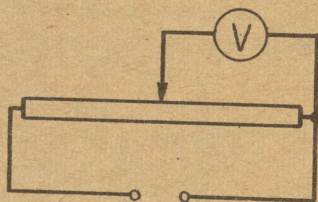
E118. Mõõteriista sisetakistus on 100 oomi, skaala jaotiste arv 100 ning jaotise hind  $10^{-5}$  A. Mis tuleb teha, et riista oleks võimalik kasutada kuni 100-V pinge ja teisel juhul kuni 1 A tugevuse voolu mõõtmiseks?

E119. Galvaanielement ( $\mathcal{E} = 1,5$  V;  $r = 0,2$  oomi) on ühendatud ampermeetriga ning see näitab voolu 5 A. Kui suurt voolu näitab sama ampermeeter, kui paralleelselt riistaga ühendada šunt takistusega 0,1 oomi?

E120. 100-V skaalaga voltmeetri sisetakistus on 100 oom/V. Kui suurt pinget saab mõõta selle riistaga, kui temaga ühendada 90-kilo-oomine eeltakisti?

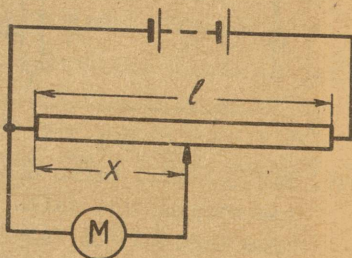
E121. Tarbija (takistusega  $R$ ) toitmiseks kasutatakse kahest järjestikku ühendatud elemendist ( $\mathcal{E}_1, r_1$  ja  $\mathcal{E}_2, r_2$ ) koosnevat patareid. Leida tingimus, mil sellisest patareist saadud vool on väiksem kui vool, mille saaks tarbija, kui kasutada ainult ühte elementidest ( $\mathcal{E}_1, r_1$ )?

E122. Potentsiomeetrile kogutakistusega 2000 oomi on raketatud pinge 100 V (joon. E-9). Potentsiomeetri ühe otsa ja liugkontakti vahele on lülitatud voltmeeter, mille takistus on 500 oomi. Millist pinget näitab voltmeeter, kui liugkontakt on potentsiomeetri keskpunktis?



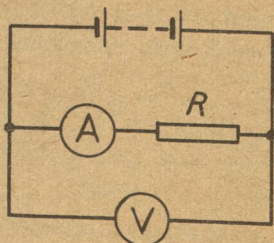
Joon. E-9.

E123. Joonisel E-10 kujutatud potentsiomeetri pikkus on  $l$ , takistus  $R$  ning tema otstele rakendatud pinge  $U$ . Voolu tarbiva riista  $M$  takistus on  $r$ . Määrata selle riista klemmpinge  $U_1$  sõltuvus liugkontakti kaugusest  $x$  potentsiomeetri otsani.



Joon. E-10.

E124.

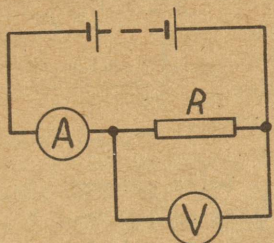


Joon. E-11.

Takistust  $R$  mõõdetakse voltmeetri ja ampermeetri abil joonisel E-11 näidatud skeemil järgi. Ampermeetri takistus on 0,03 oomi. Määrata  $R$ , kui ampermeetri lugem on 0,32 A ja voltmeetri lugem 9,6 V. Milline on tulemuse suhteline viga, kui jätta

ampermeetri takistus arvestamata?

E125. Takistust  $R$  mõõdetakse voltmeetri ja ampermeetri abil

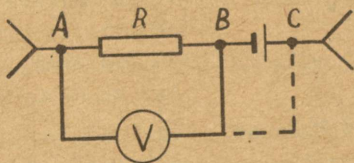


joonisel E-12 näidatud skeemi järgi. Voltmeetri takistus on 1000 oomi. Määrata  $R$ , kui ampermeetri lugem on 2,4 A ja voltmeetri lugem 7,2 V. Milline on tulemuse suhteline viga, kui jätta arvestamata voltmeetrit läbiv vool?

Joon. E-12.

E126. Galvaanielementide patarei sisetakistus on 5 oomi. Patarei klemmipinget mõõdetakse voltmeetriga, mille takistus on 1000 oomi. Mitu protsenti selle patarei elektromotoorse jõu täpsest väärtusest moodustab tehtud viga, kui lugeda voltmeetri näitu elektromotoorse jõu väärtuseks?

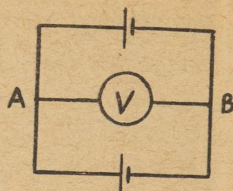
E127. Vooluringi ühe osa takistus on  $R$  ning sellega on järjestikku ühendatud elektromotoorse jõu allikas, mille  $\mathcal{E} = 2,2$  V (joon. E-13). Vooluallika sisetakistus on tühiselt väike. Voltmeeter, mille 0 asetseb skaala keskel, on ühendatud punktidega A ja B. Voltmeetri osuti on kaldunud paremale ning näitab 0,5 V; ka voolu suund on vasakult paremale. Mida näitab voltmeeter, kui parempoolne juhe ühendada punktiga C?



Joon. E-13.

E128. Joonisel E-14 kujutatud skeemi on lülitatud kaks ühesugust galvaanielementi ( $\mathcal{E} = 1,5$  V;  $r = 2$  oomi).

Määrata elemente läbiva voolu tugevus ja voltmeetri lugem. Juhtmete takistus lugeda tühiselt väikeseks.

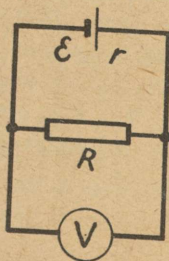


Joon. E-14.

- E129. Patareiga, mille elektromotoorne jõud on  $\mathcal{E}$  ja sisetakistus  $r$ , ühendati kaks paralleelselt lülitatud reostaati takistusega  $R_1$  ja  $R_2$ . Leida patareid ja reostaati  $R_1$  läbiv vool  $I_1$ . Kuidas muutub vool  $I_1$ , kui katkestada reostaat  $R_2$ ? (Vaadelda erijuhtu, kui  $r \ll R_1$ )

- E130. Kümme ühesugust elementi ( $\mathcal{E} = 1,5$  V;  $r = 0,25$  oomi) on ühendatud kahte patareisse: ühes kuus, teises neli elementi järjestikku. Patareid on ühendatud paralleelselt ning toidavad koormust takistusega 10 oomi. Määrata pinge koormusel.

- E131. Vooluringi moodustab pingevallikas ning takistus  $R$  (joon. E-15). Pingevallika klemmidega ühendatud voltmeeter näitas 50 V; teine voltmeeter ühendatult samade klemmidega näitab 51 V, kuna elektrostaatilise voltmeetri näit on 52 V. Avatud vooluringi korral on elektrostaatilise voltmeetri näit 65 V. Määrata vooluringi välistakistus, vooluallika sisetakistus ning teise voltmeetri takistus, kui esimese takistus on 6500 oomi.

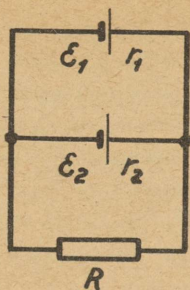


Joon. E-15.

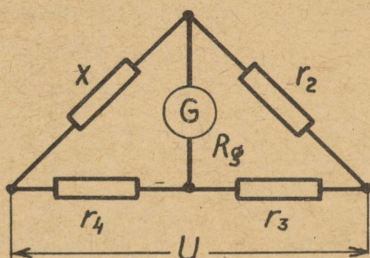
- E132. Ekslikult ühendati vooluringi paralleelselt kaks galvanielementi, millede elektromotoorsed jõud  $\mathcal{E}_1 = 1,9$  V ja  $\mathcal{E}_2 = 1,1$  V ning sisetakistused  $r_1 = 0,1$  oomi ja  $r_2 = 0,8$  oomi (joon. E-16). Elementid on ühendatud välistakistiga  $R = 10$  oomi. Kui suured on

voolutugevused  $\mathcal{E}_1$  ja  $\mathcal{E}_2$  läbi kummagi elemendi ning milline on pingelang takistil  $R$ ?

- E133. Wheatstone'i silla otstele on rakendatud pinge  $U$  (joon. E-17). Galvanomeetri takistus on  $R_g$  ning teda läbiv vool  $i$ . Silla õlgade takistused on  $x$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$ . Määrata otsitava takistuse väärtus  $x$ .

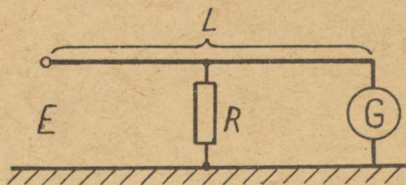


Joon. E-16.



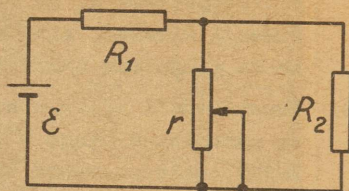
Joon. E-17.

- E134. Ühejuhtmelses telegraafiliinis on tekkinud rike maandustakistusega  $R$  (joon. E-18). Tõestada, et mõõteriistaga ühendatud liini otsas on vool  $i$  minimaalne, kui rike asetseb liini keskel. Mõõteriista takistus on tühiselt väike võrreldes liini teiste osade takistusega.



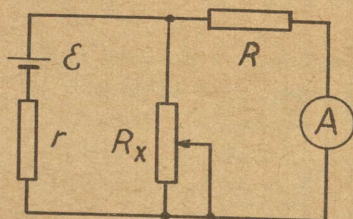
Joon. E-18.

- E135. Vooluringi skeem on esitatud joonisel E-19. Kujutada graafiliselt läbitakisti  $R_1$  kulgeva voolutugevuse sõltuvus takistusest  $r$ . Suurused  $\mathcal{E}$ ,  $R_1$  ja  $R_2$  on antud. Määrata kõvera tõus, kui  $r = 0$ .



Joon. E-19.

- E136. Milline peab olema joonisel E-20 kujutatud vooluringi

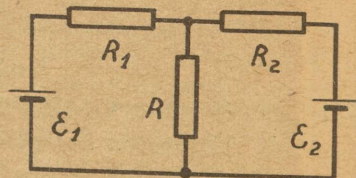


Joon. E-20.

- E137. Joonisel E-21 kujutatud vooluringi elementide andmed on järgmised:

$$\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ V}, \mathcal{E}_2 = 1 \text{ V}, \\ R = 100 \text{ oomi}; R_1 = 50 \\ \text{oomi}; R_2 = 80 \text{ oomi}.$$

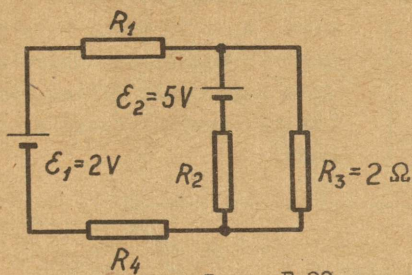
Määrata voolutugevus läbi takistuse  $R$ . Milline peab olema seos vooluallikate elektromotoorsete jõudude ning takistuste vahel, et vooluallikat 2 vool ei läbiks?



Joon. E-21.

- E138. Kaks järjestikku ühendatud patareid elektromotoorsete jõududega 10 ja 15 volti ning sisetakistusega vastavalt 1 ja 2 oomi on ühendatud järjestikku 10-oomise takistiga. Takisti keskpunkt on ühendatud patareide ühise klemmiga läbi 5-oomise takisti. Arvutada voolutugevused kõikides vooluringi osades.

E139. Vooluring on kujutatud joonisel E-22. Selle elemendid

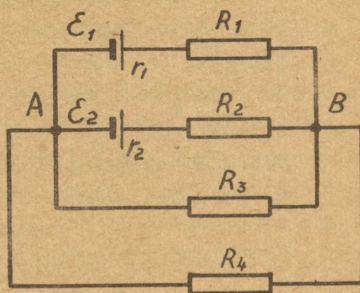


Joon. E-22.

on valitud nii, et vool läbi vooluallika  $\mathcal{E}_1$  puudub. Milline on pinge  $U_2$  takisti  $R_2$  otsel ning voolutugevus  $i_3$  läbi takisti  $R_3$ ? Elementide sisetakistus jätta arvestamata.

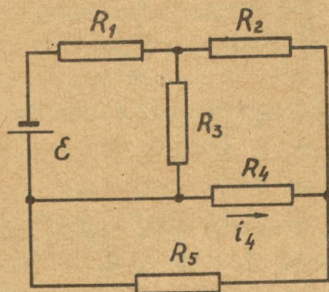
Millised on takistused  $R_2$ ,  $R_1$  ja  $R_4$ ?

E140. Joonisel E-23 kujutatud vooluringi andmed on järgmised:  $R_1 = R_4 = 2$  oomi,  $R_2 = R_3 = 4$  oomi,  $\mathcal{E}_1 = 10$  V,  $\mathcal{E}_2 = 4$  V. Vooluallika sisetakistus on tühiselt väikesed. Määrata voolu tugevused kõikides harudes.



Joon. E-23.

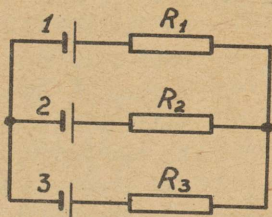
E141.



Joon. E-24.

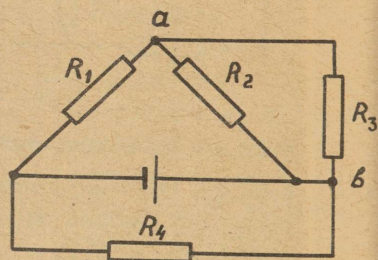
Joonisel E-24 kujutatud vooluringi kõik takistused ning voolutugevus  $i_4$  läbi takisti  $R_4$  on antud. Määrata vooluallika emf.  $\mathcal{E}$ . Vooluallika sisetakistus jätta arvestamata.

E142. Joonisel E-25 kujutatud skeemis on vooluallikate elektromotoorsed jõud  $\mathcal{E}_1 = 22$  V,  $\mathcal{E}_2 = 8$  V;  $\mathcal{E}_3 = 12$  V;



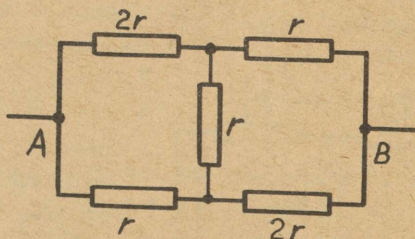
Joon. E-25.

- E143. Joonisel E-26 kujutatud skeemis on teada takistuste  $R_1$ ,  $R_2$  ja  $R_3$  väärtused, vooluallikat läbiva voolu tugevus  $i$  ja punktide  $a$  ja  $b$  vaheline pinge  $U$ . Leida takistus  $R_4$ .



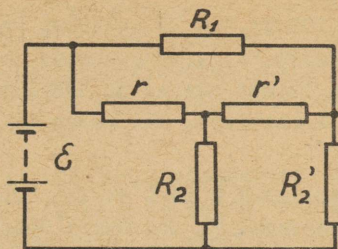
Joon. E-26.

- E144. Määrata takistus  $R$  joonisel E-27 kujutatud vooluringi punktide  $A$  ja  $B$  vahel.



Joon. E-27.

- E145. Vooluring on kujutatud joonisel E-28. Selle elementide andmed on järgmised:  $\mathcal{E} = 10$  V,  $R_1 = 5$  oomi,  $R_2 = R_2' = 1$  oom.  $r = r' = 3$  oomi, patarei sisetakistus on tühiselt väike. Määrata voolutugevused kõikides harudes.



Joon. E-28.

#### XIV. VOOLU TÖÖ JA VÕIMSUS

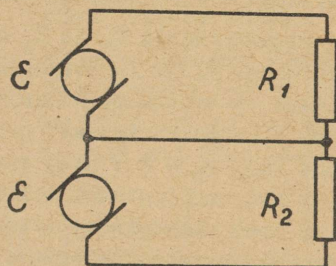
- E146. Raudtraadi otstele rakendatud pinge on 10 V. Traadi pikkus on 1,5 m ning diameeter 0,6 mm. Arvutada:  
 a) traadis eralduv võimsus; b) soojushulk, mis eraldub traadis ühe tunni jooksul; c) elektrivoolu tihedus; d) elektronide hulk, mis läbib traadi ristlõiget ühe sekundi jooksul; e) elektronide suunatud liikumise keskmine kiirus, lugedes juhtivuselektronide kontsentratsiooni võrdseks aatomite kontsentratsiooniga.
- E147. Hõõglambile on kirjutatud 120 V, 60 W. Kuumutamata niidi takistust mõõdeti Wheatstone'i silla abil ning leiti, et see on 20 oomi. Milline on niidi normaalne töötemperatuur, kui niidi aine  $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ?
- E148. Kaks 120-V pingele arvestatud elektrilampi on ühendatud järjestikku 220-V vooluvõrku. Ühe lambi võimsus on 90 W, teisel 40 W. Milline nendest helendub intensiivsemalt?
- E149. 110-V pingele arvestatud 25-W elektrilamp lülitati 120-V vooluvõrku üle eeltakisti. Kuidas muutub lambi klemmpinge, kui temaga ühendada paralleelselt veel kolm niisugust lampi? (Lambi takistus lugeda seejuures sõltumatuks temperatuurist.)

- E150. Hõõglambi (100 W; 120 V) takistus on töörežiimis kümme korda suurem kui külmas olekus. Määrata selle lambi takistus külmas olekus ja hõõgniidi takistuse temperatuuri koefitsient, kui hõõgumistemperatuur on  $2000^{\circ}\text{C}$ .
- E151. 110-V pingevallikas toidab ahelat, mis koosneb ahjust ja temega järjestikku ühendatud 5-oomise takistusega reostaadist. Kui suur peab olema ahju takistus, et temas eralduv võimsus oleks 400 W?
- E152. Galvaanielemendi elektromotoorne jõud on 1,5 V ja sisetakistus 1 oom. Milline peab olema ahela välisosa takistus, et selles eralduv võimsus oleks 0,5 W? Kui suur on sel juhul voolutugevus?
- E153. Elektrikeetjal on kaks küttekeha. Ühe sisselülitamisel läheb vesi keetjas keema 10 min jooksul, teise puhul 20 min jooksul. Milline ajavahemik kulub vee keemaaajamiseks, kui lülitada sisse üheaegselt mõlemad kehad 1) järjestikku, 2) paralleelselt? Pinge, kasutegur, vee hulk ja selle algtemperatuur on kõikidel juhtudel samad.
- E154. Mitu keerdu nikeliintraati peab mähkima 1,5-cm läbimõõduga portselansilindrile, et saada küttekeha keetja jaoks, milles 10 min jooksul läheks keema 1,2 liitrit  $10^{\circ}\text{C}$  algtemperatuuriga vett? Keetja kasutegur on 60%, traadi läbimõõt 0,2 mm, pinge 100 V.
- E155. 5 cm pikkusele pliitraadile rakendatakse pinge 100 V. Millise aja möödudes hakkab traat sulama? Traadi algtemperatuuriks võtta  $0^{\circ}\text{C}$ , plii sulamistemperatuur on  $327^{\circ}\text{C}$ . Soojuse kaod ja erisoojuse muutus soojenemisel jätta arvestamata.
- E156. Lenz kasutas voolu soojusliku toime uurimiseks piiritusega täidetud anumad, millesse oli asetatud plaatinspiraal. Juhtides läbi spiraali voolu ja mõttes aega, mille jooksul temperatuur tõusis 1 deg võrra, võib määrata eraldunud soojushulga. Leida tempera-

tuuri tõusu kiirus niisuguses seadmes, kui spiraali pikkus on 40 cm, traadi läbimõõt 1 mm, pinge 1,1 V ja piirituse hulk 1 kg. Plaatina eritakistus töötingimustes on  $1,2 \cdot 10^{-5}$  oom.cm. Anuma soojusmahtuvus jätta arvestamata.

- E157. On antud kolm hõõglampi võimsusega 50 W, 50 W ja 100 W pingele 110 V. Missuguse skeemi kohaselt tuleks need lambid lülitada 220-V pingega võrku, et nad põleksid normaalselt? Millise tugevusega voolud läbivad lampe?
- E158. Võrrelda kahe vooluallika klemmpingeid  $U_1$  ja  $U_2$  ning nende voolude kasulikke võimsusi  $P_1$  ja  $P_2$  järgmistel tingimustel: 1) vooluallikaks on viiekümnest järjekordset ühendatud ühesugusest elemendist koosnev patarei, kusjuures iga elemendi emj  $\mathcal{E}_0 = 2$  V ning sisetakistus  $r_0 = 0,2$  oomi; patarei on ühendatud välis- takistiga  $R_1 = 200$  oomi; 2) vooluallikaks on mitmekettaline elektrofoormasin, mis kerakonduktoritel tekitab potentsiaalide vahe 100 000 V ning on  $10^8$ -oomise sisetakistusega; pingeaallikas on ühendatud takistiga  $R_2 = 10^5$  oomi. Kuidas muutuvad voolu tugevused ja voolu võimsused välistakistil, kui viimaste suurus kahekordistada?
- E159. Milline on lühisvool tarbijat vooluallikaga ühendavates juhtmetes, kui tarbijaks on vaheldumisi kaks plii- ti takistustega 200 ja 500 oomi ning nendes eralduvad võimsused on mõlemal juhul 200 W?
- E160. Mitmekordselt tuleb suurendada pinget generaatori klemmidel, et voolukadusid liinis vähendada 100 korda? Oletatakse, et vooluvõrku suunatav võimsus on ühesugune mõlemal juhul.
- E161. Jõuallikast, mille võimsus on 5 kW ja klemmpinge 110 V, soovitakse 5 km kaugusele anda elektrienergiat. Milline peab olema vaskjuhtmete ( $\rho_{Cu} = 0,017 \cdot 10^{-4}$  oom.cm) minimaalne diameeter, et energiakaod juhtmetes ei ületaks 10% jõuallika võimsusest?

- E162. Vene elektrotehnik Dolivo-Dobrovolski soovitas alalisvoolu edasi anda joonisel E-29 kujutatud kolmejuhtmelise süsteemi abil. Niisuguse süsteemi eeliste väljaselgitamiseks arvutada: 1) juhtmeteks kasutatava vase kaalu suhteline vähenemine D.-D. süsteemi kasutamisel võrreldes tavalise kahejuhtmelise süsteemiga oletusel, et liinid on koormatud ühtlaselt ( $R_1 = R_2$ ) ning nii üleantavad kui ka liinides eraldatavad võimsused on



Joon. E-29.

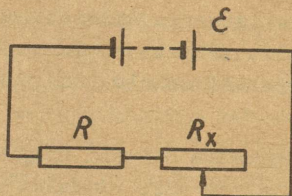
mõlema süsteemi puhul ühesugused; 2) võimsuste kadude suhe liinides mõlema süsteemi jaoks liinide ebasümmeetrilisel koormamisel, lähtudes eelmistest tingimustest ning sellest, et mõlema süsteemi generaatorid on ühesuguse võimsusega. Määrata võimsuste kadude suhe, kui voolutugevuste suhte

$d = i_1/i_2$  funktsioon.

- E163. Patarei, mille elektromotoorne jõud  $\mathcal{E} = 40$  V ja sisetakistus  $r = 5$  oomi, ühendatakse reostaadiga, mille takistust  $R$  saab muuta 0 kuni 35 oomini. Joonestada ühes teljestikus välis-, sise- ning vooluringi kogutakistuses eralduvate võimsuste sõltuvused välistakistuse väärtusest.
- E164. Kui suurt maksimaalset võimsust võib anda välisahelasse element, mille elektromotoorne jõud on 2 V ning sisetakistus 0,1 oomi?
- E165. Vooluallikas koosneb viiest ühesugusest järjestikku ühendatud elemendist, igaüks elektromotoorse jõuga  $\mathcal{E}_1 = 1,5$  V ning sisetakistusega  $r_1 = 0,3$  oomi. Millise välistakistusega tuleks ühendada vooluallikas, et selles eralduv võimsus oleks maksimaalne? Milline on seejuures voolu tugevus? Kui suur on siis vooluallika koguvõimsus?

- E166. Vooluring koosneb patareist, mille elektromotoorne jõud on 10 V, ja 3-oomise takistusega välisahelast. Voolutugevus on seejuures 2 A. Määrata vooluringi kasutegur. Kui suur peaks olema välisahela takistus, et kasutegur oleks 100%?
- E167. Hõõglamp on projekteeritud pingele U volti ning võimsusele P vatti. Selle lambi niiti võib vaadelda silindrina, mille pikkus on l ning raadius r. Millise pikkuse ning raadiusega tuleb valida samast materjalist niit, et pingel U' volti tarbiks ta võimsust P' vatti? Mõlemal juhul lugeda kuumutatud niidi temperatuuri ühesuguseks ning sellest eralduva soojuste võrdeliseks niidi pindalaga.
- E168. Elektronlambi hõõgkatoodi kuumutamiseks on vajalik küttepinge 3,8 V, seejuures läbib niiti 0,65 A tugevune vool. Niidi materjali aurustumise tõttu väheneb selle läbimõõt 10% võrra. Millise pingega peab rakendama niidile, et tema hõõgumistemperatuur püsiks endisena? Kui suur on nüüd küttevoolu tugevus?
- E169. Elektrolüüsivanni elektroodidele on rakendatud konstantne pinge U. Elektrolüüdi takistuse sõltuvust temperatuurist väljendab valem:  $R_T = \frac{R_0}{1 + \alpha T}$ , elektrolüüdi jahtumine allub Newtoni seadusele -  $Q = k(T - T_0)t$ , kus  $T_0$  on ümbruskonna temperatuur. Millise väärtuse juurde jääb püsima elektrolüüdi temperatuur eeldusel, et elektrolüüdi mass ja erisoojus ei muutu?
- E170. Määrata töö, mida teeb vool, kui tema tugevus ja pinged kasvavad ühtlaselt ajavahemiku t jooksul nullist väärtusteni I ja U.
- E171. Patarei, mille elektromotoorne jõud  $\mathcal{E} = 40$  V ja sisetakistus  $r = 5$  oomi, ühendatakse reostaadiga, mille takistus  $R = 35$  oomi. Milline soojushulk eraldub niisuguses vooluringis, kui reostaadi liugkontakti nihutada ühtlaselt reostaadi ühest otsast teise  $t = 5$  s jooksul?

E172. Joonisel E-30 kujutatud vooluringis vooluallika elektromotoorne jõud  $\mathcal{E} = 7,5 \text{ V}$ ,



Joon. E-30.

tema sisetakistus  $r = 0,5$  oomi, koormuse takistus  $R = 9,5$  oomi. Reostaadi takistust  $R_x$  muudetakse 10 s jooksul 15 oomist 5 oomini. Kui palju soojust eraldub selle aja kestel takistis  $R$ ?

#### XV. JUHTIVUSMEHCHANISM METALLIDES, VEDELIKES JA GAASIDES

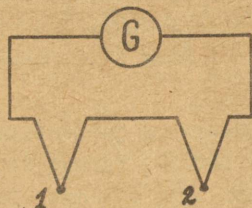
- E173. Voolu tihedus vaskjuhtmes on  $1 \text{ A/mm}^2$ . Määrata elektronide suunatud liikumise keskmine kiirus, oletades, et vabade elektronide arv on võrdne vase aatomite arvuga.
- E174. Raudjuhtme pikkus on 1,5 m, läbimõõt 0,6 mm. Määrata juhtme ristlõiget sekundi jooksul läbinud elektronide arv ning nende suunatud liikumise keskmine kiirus, kui juhtmele on rakendatud pinge 10 V. Vabade elektronide arv lugeda võrdseks aatomite arvuga.
- E175. Arvutada elektronide liikumishulk ühejuhtmelises 10 km pikkuses sirges alalisvoolu liinis, kui voolu tugevus on 50 A.
- E176. Arvestades, et vabade elektronide arv vases on võrdne aatomite arvuga, teha järgmised arvutused vaskjuhtme kohta, mille pikkus on 15 km, ristlõike pindala  $1 \text{ mm}^2$  ning sellele rakendatud pinge 7 V:
- 1) Määrata aeg, mille kestel vaba elektron liigub juhtme ühest otsast teise.
  - 2) Leida kõikidele vabadele elektronidele mõjuvate elektriliste jõudude summa.

E177. Metallmähisega silindriline pool pandi kiiresti pöörlema oma telje ümber. Pooli otsad olid ühendatud ballistilise galvanomeetriga. Pärast pooli järsku pidurdamist läbis galvanomeetrit laeng  $4 \cdot 10^{-9} \text{C}$ . Juhtme pikus on 1000 m ja takistus 10 oomi. Kui suur oli pooli mähise pöörlemise joonkiirus?

E178. Termopaari ( $\alpha = 9,2 \cdot 10^{-5} \text{ V/deg}$ ,  $r = 5$  oomi) jootekohad on asetatud üks veeauru, teine jää ja vee segu-se. Missugust voolu näitab termopaari vooluringi lülitatud 110-oomise takistusega galvanomeeter? Juhtmete takistus lugeda tühiselt väikeseks.

E179. Termopaari juurde kuulub galvanomeeter, mille tundlikkus on  $10^{-9} \text{ A/jaot}$ . ja sisetakistus 100 oomi. Määrata termopaari konstant, kui tema abil on võimalik mõõta temperatuuride vahet 0,002 deg. Termopaari ja juhtmete takistus lugeda tühiselt väikeseks.

E180. Määrata termoelemendiga ( $\alpha = 0,04 \text{ mV/deg}$ ) mõõdetav temperatuuride vahe  $T_1 - T_2$  (joon. E-31), kui termoelemendi ja juhtmete takistus on kokku 40 oomi, galvanomeetri sisetakistus 320 oomi ning galvanomeetri lugem  $0,078 \mu\text{A}$ .



Joon. E-31.

E181. Kui suur on teoreetiliselt võimalik maksimaalne elektrihulk, mis läbib termopaari vooluringi, kui selle kuum kontakt neelab 1 cal soojust? Termopaari kontaktide temperatuurid on  $0^\circ\text{C}$  ja  $100^\circ\text{C}$  ning termoelektromotoorne jõud  $0,76 \text{ mV}$ .

E182. Määrata elektroni väljumistöö elektronlambi hõõgniidist, kui selle temperatuuri tõustes  $2000^\circ \text{K}$ -st  $2001^\circ \text{K}$ -ni küllastusvool suureneb 1% võrra.

- E183. Määrata küllastusvoolu tugevus volframhõõgniidiga elektronlambis alljärgnevatel andmetel: hõõgniidi pikkus 3 cm, läbimõõt 0,1 mm; hõõgumistemperatuur 2700<sup>o</sup>K; konstant A Richardson-Dushmani valemis  $6,02 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2 \cdot \text{deg}^2$  ning väljumistöö  $e\phi = 4,53 \text{ eV}$ .
- E184. Metalleseme nikeldamine kestis 4 tundi, voolutihedus seejuures oli 0,006 A/cm<sup>2</sup>. Määrata tekkinud niklikihi paksus.
- E185. Määrata vase iooni erilaeng vasevitrioli vesilahuse elektrolüüsi andmetest.
- E186. Kui palju elektrienergiat kulub 1 kg elektrolüütilise vase saamiseks, kui pinge vanni klemmidel on 6 V ning vask kahevalentne?
- E187. Vasevitrioli- (CuSO<sub>4</sub>-) lahusesse paigutatud vaskplaat sisaldab 12% lisandeid. Kasutades elektrolüüsil nimetatud elektroodi anoodina, saame katoodil puhta vase, kuna aga anood lahustub. Kui palju läheb maksma niisuguse vase iga kilogrammi elektrolüütiline puhastus, kui pinge elektroodidel on 6 V ning elektrienergia hind on 4 kop/kWh?
- E188. Kaks elektrolüüsvanni on ühendatud järjestikku. Ühes vannidest on elektrolüüdiks FeCl<sub>2</sub><sup>-</sup>, teises FeCl<sub>3</sub>-vesilahus. Milline raua ja kloori hulk eraldub elektroodidel, kui läbi vannide juhtida 1 tunni jooksul 1 A tugevust voolu? Mitu raua ja kloori grammaatomit ning aatomeid eraldub esimeses vannis?
- E189. CuSO<sub>4</sub>-vesilahusega täidetud elektrolüüsvann on ühendatud järjestikku hõbeda voltameetriga, milles voolu läbiminekul eraldus 1 g hõbedat. Samal ajal lahkus CuSO<sub>4</sub>-lahusest 0,21 g vaske. Määrata katiooni Cu<sup>++</sup> ja aniooni SO<sub>4</sub><sup>---</sup> liikuvuste suhe.
- E190. Väävelhappe elektrolüüsil liigub kation H<sup>+</sup> 5,4 korda kiiremini kui anioon SO<sub>4</sub><sup>---</sup>. Määrata kummagi iooni ülekandearvud.

- E191. Läbi KCl-lahuse juhiti 10 min kestel 0,43 A tugevust voolu. Pärast seda selgus, et lahusest on lahkunud 0,09964 g KCl. Määrata kaaliumi iooni ülekandearv.
- E192. Millise ruumala võtab normaaltingimustes enese alla vesinik, mis saadakse hapestatud vee elektrolüüsil, kui lahust läbinud elektrihulk on 5 ampertundi?
- E193. Lämmastikhappe vesilahus sisaldab 0,064 g hapet 1 cm<sup>3</sup> lahuse kohta. Lahuse dissotsiatsioonitegur on 0,824. Määrata selle lahuse elektrijuhtivus, kui katiooni ja aniooni liikuvused on vastavalt  $3,26 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{V.s}$  ja  $0,64 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{V.s}$ .
- E194. Määrata elektroni minimaalne vaba tee pikkus, et liikumisel elektriväljas tugevusega 1000 V/cm tema kineetiline energia oleks küllaldane elavhõbeda aatomi ioniseerimiseks ( $\varphi_i = 10,5 \text{ V}$ ). Oletada, et elektroni kineetiline energia kulub ainult ioniseerimistööks.
- E195. Puhta maalähedase atmosfääriõhu iga kuupsentimeeter, nagu näitavad mõõtmised, sisaldab ligikaudu 800 ioonipaari. Määrata õhu eritakistus, kui positiivsete ja negatiivsete ionide liikuvused on vastavalt 1,2 cm<sup>2</sup>/V.s ja 1,8 cm<sup>2</sup>/V.s.
- E196. Röntgenikiirtega ioniseeritava õhu erijuhtivus on  $8 \cdot 10^{-11} \text{ 1/oom.cm}$ . Tekkivad ioonid kannavad ühte elementaarlaengut ja nende liikuvused on  $K_+ = 1,4 \text{ cm}^2/\text{V.s}$  ning  $K_- = 1,9 \text{ cm}^2/\text{V.s}$ . Mitu ioonipaari on 1 cm<sup>3</sup>-s õhus tasakaalutingimustel?
- E197. Atmosfääriõhu iga kuupsentimeeter sisaldab keskmiselt 700 ioonipaari. Positiivsete ning negatiivsete ionide liikuvused on vastavalt 1,4 cm<sup>2</sup>/V.s ja 1,9 cm<sup>2</sup>/V.s. Arvutada vertikaalse elektrivoolu tihedus, kui Maa elektrivälja tugevus on 130 V/cm. Ioonide laengud lugeda võrdseks ühe elementaarlaenguga.
- E198. Plaatkondensaatori elektrivälja läbis  $\alpha$ -osake, liikudes paralleelselt plaatidega võrdse kaugusel kum-

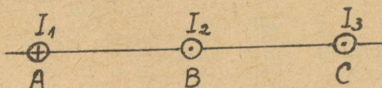
mastki plaadist ning tekitas rea ioone. Millise aja möödudes need ioonid jõuavad plaatideni, kui plaatidevaheline kaugus on 3 cm, kondensaatori pinge 6 kV ja kõikide ionide liikuvused  $2 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ?

- E199. Määrata positiivsete ja negatiivsete atmosfääriioonide kiirused 2 cm kaugusel pikast sirgjuhtmest, mille laengu joontihedus on  $10^{-10} \text{ C/cm}$ . Ioonide liikuvused on vastavalt  $1,2 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  ja  $1,8 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ .
- E200. Plaatkondensaatori katetel on 300-voldine pingeline. Katetevahelist õhuga täidetud ruumi kiiritatakse UV-kiirgusega. Kondensaatori vooluringi ühendatud galvanomeeter registreerib  $10^{-8} \text{ A}$  tugevust voolu, kusjuures küllastus pole veel saanud. Arvutada ionide kontsentratsioon, kui katte pindala on  $200 \text{ cm}^2$ , katetevaheline kaugus 4 cm, positiivsete ja negatiivsete ionide liikuvused vastavalt  $1,2 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  ja  $1,8 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ .
- E201. Plaatkondensaatori katte pindala on  $200 \text{ cm}^2$  ja katetevaheline kaugus 5 cm. Kondensaator on pingestatud ja sellega on ühendatud järjestikku galvanomeeter tundlikkusega  $10^{-8} \text{ A/jaotis}$ . Katetevahelist ruumi, mis on täidetud õhuga, kiiritatakse röntgenikiirgusega. Küllastusvoolule vastav galvanomeetri näit osutub võrdseks 19,2 jaotisega. Määrata kuupsentimeetris ühe sekundi jooksul röntgenikiirguse tagajärjel tekkinudioonipaaride arv.
- E202. Ionisatsioonikambri kummagi plaatelektroodi pindala on  $100 \text{ cm}^2$  ning nendevaheline kaugus 6,2 cm. Määrata küllastusvoolu tugevus teades, et ionisaator tekitab 1 s jooksul igas kuupsentimeetris  $10^9$  ühevalentsetioonipaari. Milline on voolutugevus, kui plaatide potentsiaalide vahe on 20 V ja on teada, et küllastuseks pole see piisav? Ioonide liikuvused  $K_+$  ja  $K_- = 1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  ja rekombinatsioonikoefitsient  $\delta = 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$ .

- E203. Võib arvestada, et kokkupõrkunud ioonid rekombineeruvad. Kuidas muutub õhu ioonide põrgete arv, võrreldes neutraalsete molekulidega, temperatuuril  $17^{\circ}\text{C}$ ? Õhu molekulide läbimõõtu  $d = 3 \cdot 10^{-8}$  cm. Rekombinatsioonikoefitsient  $\delta = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/cm}^3 \cdot \text{s}$ .

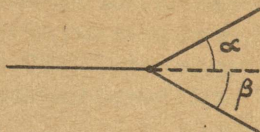
## XVI. VOOLU MAGNETVÄLI

- E204. Kahte pikka paralleelset juhet läbivad vastassuunalised voolud, kumbki tugevusega 50 A. Juhtmetevaheline kaugus on 10 cm. Määrata magnetvälja induksioon punktis, mis asub kummastki juhtmest 10 cm kaugusel.
- E205. Joonisel E-32 on kujutatud kolme pika juhtme lõikumine lehe tasapinnaga. Pikkus  $AB = BC = 5$  cm;  $I_1 = I_2 = I$  ja  $I_3 = 2I$ . Määrata punkt sirgel AC, milles kõigi kolme voolu tekitatud magnetvälja tugevus on võrdne nulliga.



Joon. E-32.

- E206. Pikka vertikaalset juhet läbib 8 A tugevune vool suunaga ülalt alla. Maa magnetvälja horisontaalne komponent on 0,2 Gs. Millises punktis on summaarne magnetväli suunatud vertikaalselt üles?
- E207. 20 A tugevune vool läbib pikka juhet, mis moodustab täisnurga. Määrata magnetvälja induksioon selle nurga poolitajal 10 cm kaugusel nurga tipust.
- E208. Joonisel E-33 on kujutatud voolude sümmeetriline haarunemine ( $\alpha = \beta$ ). Kõik juhtmed on lõpmatult pikad sirgjuhtmed ning asetsevad ühes ja samas tasandis. Arvutada magnetilise induksiooni väärtus sirgel,



Joon. E-33.

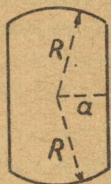
mis on risti voolude tasandiga ning läbib voolude haarumispunkti. Voolutugevused kummaski harus on  $i$ .

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

- E209. Määrata magnetilise induksiooni väärtus täisnurga all murtud lõpmatult pika vooluga juhtme sümmeetria-tasandi ning juhtme tasandi lõikejoonel ja sirgel, mis on risti juhtmete tasandiga ning läbib murdepunkti.
- E210. Määrata magnetilise induksiooni väärtus ristküliku-kujulise kontuuri keskpunktis, kui ristküliku külgede pikkused on  $a$  ja  $b$  ning kontuuris kulgeva voolu tugevus  $i$ .
- E211. Vooluallika klemmid ühendati ruudukujulise traatkontuuri vastastippudega. Milline on magnetilise induksiooni väärtus ruudu keskpunktis?
- E212. Juhe moodustab ruudu, mille külje pikkus on 20 cm. Juhet läbib 6 A tugevune vool. Määrata magnetvälja induksioon ruudu keskpunktis.
- E213. Milline on magnetilise induksiooni väärtus võrdkülgse kolmnurga kujulise kontuuri keskpunktis, kui kolmnurga külje pikkus on  $a$  ning selles kulgeva voolu tugevus  $i$ ?
- E214. Määrata magnetvälja induksioon ühtlasest traadist valmistatud võrdkülgse kolmnurga tsentris, kui selle kahele tipule on rakendatud alalispinge.
- E215. Ümmarguse traatrõnga kahele sama diameetri otstes asuvale punktile A ja B on rakendatud alalispinge. Määrata magnetvälja induksioon selle diameetri mis tahes punktis C.
- E216. Traaditükist moodustati ümmargune keerd raadiusega  $R$  ning ühendati alalispingeallikaga. Kuidas muutub mag-

netvälja induktsioon keeru tsentris, kui sellest traadist moodustada kahekordne keerd raadiusega  $\frac{R}{2}$  ning ühendada sama pingesallikaga?

- E217. Määrata magnetilise induktsiooni väärtus joonisel E-34



kujutatud tasapinnalise kontuuri keskpunktis, kui selles kulgeva voolu tugevus on  $i$ . Kontuur koosneb kahest kaarest raadiusega  $R$  ning kahest sirgjuhtmest, millevaheline kaugus on  $2a$ .

Joon. E-34.

- E218. Kahel juhtmekeerul raadiusega  $R = 4$  cm on ühine telg ning nendevaheline kaugus  $2a = 0,1$  m. Mõlemat keerdu läbivad ühesuunalised voolud tugevusega  $i = 2$  A. Määrata magnetvälja induktsioon kummagi keeru tsentris ja tsentreid ühendava sirglõigu keskpunktis.

- E219. Puitkerale raadiusega  $R$  on keritud peenike traat nii, et keerud kulgevad piki suurringjooni, lõikudes ühe ja sama diameetri mõlemates otstes. Keerdude arv on kuus, kusjuures naaberkeerdude tasapindade vahelised nurgad on  $30^\circ$ . Juhtmes kulgeva voolu tugevus on  $i$ . Määrata magnetilise induktsiooni väärtus kera tsentris.

- E220. Puitsilindrile ( $D, h$ ) on mähitud neli keerdu juhet, mille tasapinnad moodustavad omavahel  $45^\circ$ -sed nurgad. Iga keerd on ristkülik pikkusega  $h$ , laiusel  $D$ . Mähis algab ja lõpeb ühe põhja tsentris. Määrata magnetvälja induktsioon silindri telje keskpunktis, kui mähist läbib vool tugevusega  $I$ .

- E221. Magnetnõel on asetatud juhtmekeeru tsentrisse. Juhtmekeeru raadius on 20 cm ning tema tasapind moodustab Maa magnetilise meridiaani tasapinnaga nurga  $40^\circ$ . Millise nurga võrra pöördub magnetnõel, kui keerdude juhtida 6,4 A tugevune vool? Maa magnetvälja horison-

- taalse komponendi väärtuseks võtta 0,2 Gs.
- E222. Kondensaator, mille mahtuvus  $C = 1 \mu\text{F}$ , ühendatakse mehaanilise ümberlüüti abil sagedusega  $n = 100$  korda sekundis pingevalika klemmidega ning tühjendatakse sama sagedusega läbi tangensgalvanomeetri mähise. Pingevalika klemmipinge  $U = 120 \text{ V}$ , tangensgalvanomeetri pooli keerdude arv  $N = 100$  ning keeru raadius  $R = 15,7 \text{ cm}$ . Maa magnetvälja horisontaalkomponent  $B = 0,2 \text{ Gs}$ . Määrata magnetnõela pöördenurk.
- E223. Vooluringi moodustab akupatarei, sellega järjestikku ühendatud reostaat, mille takistus  $R_1 = 10$  oomi, ning tangensgalvanomeeter. Nõela pöördenurk  $\alpha_1 = 60^\circ$ . Vooluringi takistust suurendatakse  $R_2 = 10$  oomi võrra, mille tagajärjel osuti kõrvalekalle väheneb  $\alpha_2 = 45^\circ$ -ni. Määrata tangensgalvanomeetri takistus, lugedes pingevalika takistuse tühiselt väikeseks.
- E224. Kahe vertikaalse, teineteisega risti asetseva ja ühise tsentriga ringjoonekujulise juhtmekeeru raadiused on  $R_1$  ja  $R_2$ , kusjuures esimese keeru tasapind ühtib Maa magnetvälja meridiaani tasapinnaga. Keerdude ühises tsentris asetseb lühike, horisontaaltasandis pöörelda võiv magnetnõel. Voolutugevused keerdudes on vastavalt  $i_1$  ja  $i_2$ . Nõela pöördenurk on seejuures  $\varphi_1$ . Kui muuta voolu  $i_2$  suunda, on pöördenurk  $\varphi_2$ . Arvutada voolu tugevus  $i_2$ . Määrata Maa magnetvälja horisontaalkomponent.
- E225. 5 A tugevune vool kulgeb piki koaksiaalkaabli sisejuhet ning tuleb tagasi väliskatte kaudu. Väliskatte ja sisejuhtme raadiused on vastavalt 10 ja 2 mm. Kaabli pikkus on 10 m. Arvutada magnetvoog, mis läbib kaabli poolt pikilõiget.
- E226. Milline peab olema amperkeerdude arv, et tekitada raudsüdamikuga 120 cm pikkuse ja  $3 \text{ cm}^2$  ristlõike pindalaga solenoidis magnetvoog 42 000 Mx?

- E227. Raudsüdamikuga solenoid koosneb 1000 keerust. Kuidas peab muutma keerdude arvu, et südamiku eemaldamisel magnetvälja induktsioon poolis jääks endiseks? Raua suhteliseks magnetiliseks läbitavuseks võtta 400.
- E228. Pika solenoidi südamiku moodustab raudvarb. Solenoidi keerdude arv ühe sentimeetri kohta on 8 ning seda läbi-va voolu tugevus 2 A. Määrata raua magnetiline vastu-võtlikkus.
- E229. Raudrõngale on mähitud ühe kihina 500 keerdu juhet. Rõnga keskmine läbimõõt on 25 cm. Kui juhtida läbi niisuguse pooli vool tugevusega 2,5 A, tekib rõngas magnetväli, mille induktsioon on 14 000 Gs. Määrata raua suhteline magnetiline läbitavus antud tingimustes.
- E230. Raudrõngale on keritud kaks mähist. Kummagi mähise keerdude arv  $N = 50$  ning takistus  $R = 10$  oomi. Rõnga keskmine diameeter  $D = 16$  cm ning ristlõike pindala  $S = 10$  cm<sup>2</sup>. Määrata induktsioonivoog läbi südamiku ristlõike ja südamiku materjali suhteline magnetiline läbitavus järgmistel tingimustel: 1) ühe pooli ühendamisel pingeallikaga, mille klemmipingega  $U = 64$  V; 2) poolide järjestikusel ühendamisel sama pingeallikaga; 3) poolide paralleelsel ühendamisel pingeallikaga.
- E231. 50,2 cm pikkusele õhupiluga raudrõngale on keritud 20 keerust koosnev mähis. Kui tugeva voolu peab juhtima läbi selle mähise, et 0,1 cm paksuses õhupilus magnetiline induktsioon oleks 1,2 T?
- E232. Kitsa piluga raudrõngale on keritud mähis. Millised on magnetilise induktsiooni ja magnetvälja tugevuse väärtused nii raas kui ka õhupilus? Voolu magnetvälja tugevus on  $H_0$ , keskkondade suhtelised magnetilised läbitavused  $\mu_{Fe}$  ja  $\mu_0$ .

## XVII. VOOLUGA JUHE MAGNETVÄLJAS

- E233. 5 cm pikkune sirge juhe, mida läbib 30 A tugevune vool, asub homogeenses 100 Oe tugevuses magnetväljas. Määrata voolu ja magnetvälja suundade vaheline nurk, kui juhtmele mõjub jõud 1,5 G.
- E234. Määrata trollibussi juhtmete vahel mõjuv jõud, kui juhtmete pikkus on 1,5 km, nendevaheline kaugus 0,5 m ning kumbagi juhet läbib 200 A tugevusega vool.
- E235. Ruudukujulise jäiga raami iga külje pikkus on 10 cm ning takistus 1 oom. Raami diagonaal on valmistatud samast traadist. Raami ülejäänud kaks vastastippu on ühendatud pingeallikaga, mille klemmpinge on 2 V. Raam asetseb homogeenses magnetväljas, mis on risti raami tasandiga ning mille induksioon on 5000 Gs. Määrata raamile mõjuv jõud. Määrata jõud, kui sama pingeallikas on ühendatud tippudega, mida seob diagonaalne juhe.
- E236. 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.
- E237. Horisontaalse pika varva küljes ripub kahe vedru vahendusel sirgjuhe. Vedrude kõvadustegur on k, juhtme pikkus l, varva ning juhtme vaheline kaugus h. 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.
- E238. Kahest 20 cm pikkusega juhtmest on valmistatud kaks kontuuri, üks ringi-, teine ruudukujuline. Kumbagi kontuuri läbib 2 A tugevune vool. Milline pöörde-

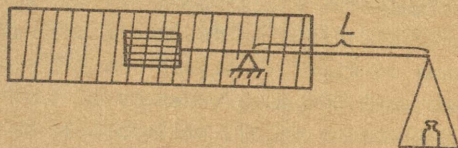
moment mõjub nii ühele kui teisele kontuurile, kui nad asetada homogeensesse magnetvälja induktsiooniga 1000 Gs nii, et kontuuride tasapinnad moodustavad magnetvälja suunaga  $45^\circ$ -se nurga?

E239. 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 püsimagneti pooluste vahel, millede kuju on selline, et magnetvälja pooli mis tahes asendis võib lugeda radiaalseks pooli pöörlemisteljega ning magnetilist induktsiooni võrdseks 1000 Gs-ga. Millise nurga võrra pöörduv pool, kui teda läbib 0,1 mA tugevune vool? Milline vool kutsub esile valguslaigu ühemillimeetrise nihke galvanomeetri peeglist 1 m kaugusel asetseval skaalal?

E240. Ruudukujuline N keerust koosnev pool võib pöörelda vertikaalse telje ümber, mis läbib horisontaalselt asetsevate vastaskülgede keskpunkte. Raam asetseb horisontaalses magnetväljas, mille induktsioon on B. Läbi pooli kulgeva voolu tugevus on i. Määrata voolu suund pooli püsiva tasakaaluasendi puhul. Määrata pooli väikeseamplituudiliste võnkumiste periood nimeetatud tasakaaluasendi suhtes, kui raami inertsimoment on I ja külje pikkus a.

E241. Pika solenoidi keskel, mille keerdude arv pikkusühiku kohta on n, asetseb N keerust koosnev lühike pool ristlõike pindalaga S (joon. E-35). Pooli telg on asetatud vertikaalselt ning ristlõike solenoidi teljega. Pool on kinnitatud kaalukangi ühe ääri külge ning kaal on voolu puudumisel tasakaalus. Kui mõlemasse pooli juhtida vool tugevusega i, tuleb kaalu tasakaalustamiseks asetada kangi teisele ääri kinnitatud vaekausile koormus P. Kangi selle ääri pikkus on L. Määrata voolutugevus i.

Kuidas mõjub solenoidi märgatav lühendamine tasakaalustamiseks vajaliku koormuse suurusel? Kas võib kirjeldatud riista kasutada vahelduvvoolu tugevuse mõõtmiseks? On ta kasutatav vattmeetrina?



Joon. E-35.

- E242. 10 cm pikkune juhe, mida läbib 100 A tugevune vool, on asetatud homogeensesse 1000 Oe tugevusse magnetvälja risti selle jõujoontega. Millist tööd tuleb teha, et nihutada seda juhet risti magnetväljaga 5 cm võrra?
- E243. Kaks pikka sirget juhet asetsevad teineteisest 10 cm kaugusel. Juhtmeid läbivad paralleelsed voolud tugevusega 10 A ja 30 A. Kui palju tööd tuleb teha juhtmete iga meetripikkuse lõigu kohta nende eemaldamiseks teineteisest 20 cm kaugusele?
- E244. 1 m pikkune sirgjuhtmelõik liigub ühtlaselt magnetväljas, mille induktsioon 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 võrdne 10 J?
- E245. Ruudukujuline traadist kontuur külje pikkusega 10 cm ning vooluga 6 A ripub vabalt homogeenses magnetväljas, mille induktsioon on 10 000 Gs. Millist tööd tuleb teha, et pöörata kontuuri  $180^\circ$  võrra ümber magnetväljaga risti asetseva telje? Voolutugevus kontuuri pöördumise käigus lugeda konstantseks.
- E246. Pika sirgjuhtme lähedal asetseb ristkülikukujuline kontuur. Kontuur ning juhe asetsevad samas tasandis,

kusjuures kaks pikemat külge pikkusega 3 cm on paralleelsed juhtmega. Nende külgede kaugused juhtmest on 4 ja 6 cm. Ristkülikus kulgeva voolu tugevus on 3 A, kuna voolu tugevus sirgjuhtmes on 100 A. Millist tööd tuleb teha kontuuri nihutamiseks piki tema enda tasan-dit, nii et kontuuri tšenter eemalduks juhtmest piki ristsirget juhtmele 8 cm võrra?

E247. Kaks antiparalleelset ringvoolu tugevusega 2 ampri asetsevad teineteisest 10 cm kaugusel, kusjuures ringvoolude raadiused on samuti 10 cm. Ühe ringvoolu tšentris asetseb väike juhtmekeer, milles kulgeva voolu tugevus on 0,1 A. Millist tööd tuleb teha juhtmekeeru üleviimiseks teise ringvoolu tšentrisse? Nii liikumise alg- kui lõppmomentil on kõigi kolme kontuuri tasapinnad teineteisega paralleelsed. Juhtmekeeru pindala on  $0,1 \text{ cm}^2$ .

E248. Ruudukujuline raam, milles kulgeva voolu tugevus on 2 A, asetseb homogeenses magnetväljas, mille indukt-sioon on 1 T, nii, et raami tasapind on risti magnetväljaga. Raamile rakendatakse väljastpoolt jõupaar, mille moment jääb edaspidi konstantseks ning võrdseks 0,1 kGm. Millise nurkkiiruse omandab raam pärast seda, kui ta on pöördunud  $180^\circ$  võrra? Raami inertsimoment on  $10^5 \text{ g}\cdot\text{cm}^2$ , pindala  $10^3 \text{ cm}^2$ . Voolu tugevus hoitakse liikumise käigus konstantsena.

E249. Solenoid, mille amperkeerdude arv ühe sentimeetri kohta piki solenoidi telge on 500 ning mille ristlõike pindala on  $100 \text{ cm}^2$ , tõmbab enese poole aksiaalset, 10 keerust koosnevat pooli, milles kulgeva voolu tugevus on 1 A. Pooli ristlõike pindala on  $1 \text{ cm}^2$  ning kaal 6 G. Mõjuvate jõudude tagajärjel liigub pool kiirenevalt, saavutades maksimaalse kiiruse solenoidi keskel. Mää-rata pooli maksimaalne kiirus, lugedes poolis eraldu-nud soojushulga tühiselt väikeseks.

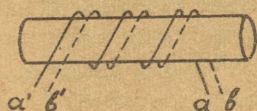
### XVIII. ELEKTROMAGNETILINE INDUKTSIOON

- E250. Lennuk lendab horisontaalselt kiirusega 360 km/h. Määrata tema tiibade otste potentsiaalide vahe, kui nende ulatus on 30 m ja Maa magnetvälja vertikaalne komponent 0,5 Gs.
- E251. Elektromagneti pooluste vahele, kus magnetvälja tugevus on 4000 Oe, on asetatud 10-cm läbimõõduga traatsilmus, kusjuures silmuse tasapind on risti väljaga. Määrata selles silmuses indutseeritava elektromotoorse jõu keskmine väärtus magnetpooluste ümberlülitamisel, kui see kestab 0,2 s.
- E252. Dünamo pooluste vahel oleva magnetvälja induktsioon on 8000 Gs. Ankur koosneb 100 keerust, kusjuures iga keeru pindala on 500 cm<sup>2</sup>. Mitu pööret minutis teeb ankur, kui temas indutseeritava elektromotoorse jõu maksimaalne väärtus on 200 V?
- E253. Kulgegu raudtee paralleelselt magnetilise meridiaani tasandiga. Olgu relsid isoleeritud nii maast kui ka teineteisest. Raudteel liigub rong kiirusega 60 km/h. Relssidevaheline kaugus on 1,2 m ja Maa magnetvälja vertikaalkomponent 0,5 Gs. Mida näitab relsside vahele ühendatud millivoltmeeter rongi lähenemisel riistale, rongi eemaldumisel sellest või siis, kui mõni ratta telgedest asetseb riista kohal? Kas mõjustab saadud tulemust magnetvälja horisontaalkomponent, kui raudteel on ka käänakuid?
- E254. Ristkülikukujuline raam külgede pikkustega a ja b liigub lõpmatult pika vooluga 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 elektromotoorne jõud ning induktsioonivoolu suund.

- E255. Ristkülikukujuline raam külgede pikkustega  $a$  ja  $b$  pöörleb nurkkiirusega  $\omega$  ümber külje  $a$ . Raam asetseb homogeenses, siinuse seaduse kohaselt muutavas magnetväljas, mille nurksagedus on  $\omega'$  ja mis on risti raami pöörlemisteljega. Määrata raamis indutseeritud emj. 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.
- E256. Homogeenses magnetväljas, mille tugevus 100 Oe, pöörleb ühtlaselt nurkkiirusega 100 rad/s metallvarb pikkusega 0,2 m. Määrata elektromagnetilise induktiooni tulemusena varva otstel tekkinud potentsiaalide vahe märkning suurus, kui pöörlemistelg läbib varva ühte otsa ning on paralleelne jõujoontega.
- E257. 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.
- E258. 20 cm pikkune sirge juhe asub homogeenses magnetväljas, mille induktioon on 10 000 Gs, risti välja jõujoontega. Selle juhtme otsad ühendatakse traadiga, mis asub väljaspool magnetvälja. Saadud vooluringi takistus on 0,1 oomi. Millist jõudu tuleb rakendada, et nihutada juhet magnetväljas risti selle jõujoontega kiirusega 25 m/s? Kui suur on seejuures kulutatav võimsus?

- E259. Kondensaator, mille mahtuvus on  $C$ , ühendati kahe vertikaalse ning paralleelse, teineteisest  $l$  ühiku kaugusel asetseva vasklati ülemiste otstega. Homogeenne horisontaalne magnetväli, mille induktsioon on  $B$ , asetseb risti lattide tasandiga. Piki latte langeb algkiiruseta 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.
- E260. Mitu keerdu isoleeritud traati läbimõelduga  $0,4$  mm peab mähkima kartongist silindrile läbimõelduga  $2$  cm, et saada ühekihiline pool induktiivsusega  $1$  mH? Keerud asetatakse tihedalt üksteise vastu.
- E261. Pooli, mille keerdude arv on  $500$ , läbib  $1$  A tugevune vool, ning magnetvoog poolis on seejuures  $200$  Mx. Määrata pooli induktiivsus.
- E262. Solenoid on mähitud vasktraadist, mille ristlõike pindala on  $1$  mm<sup>2</sup> ning kogutakistus  $0,2$  oomi. Solenoidi pikkus on  $25$  cm. Määrata solenoidi induktiivsus.
- E263. Rauast valmistatud rõngale on keritud toroidaalne mähis keerdude arvuga  $500$ . Rõnga keskmine diameeter  $D = 20$  cm, ristlõike pindala  $S = 12$  cm<sup>2</sup>. Mähises kulgeva voolu tugevus  $i = 0,5$  A. Luges magnetvälja rõngas homogeenseks, arvutada selle energia.
- E264. Ühesugune vool kulgeb kahes pikas paralleelses juhtmes vastassuundades. Juhtmete raadius  $r = 2$  mm ning nende vaheline kaugus  $d = 2$  cm. Määrata süsteemi induktiivsus pikkusühiku kohta, luges magnetvälja erinevaks nullist ainult väljaspool juhtmeid.
- E265. Kahe ühe ja sama südamikuga toroidaalse mähise induktiivsused  $L_1 = 0,5$  H ja  $L_2 = 0,7$  H. Määrata mähiste vastastikuse induktsiooni koefitsient.

- E266. Pikale silindrile on keritud tihedalt kaks mähist (a, a') ja (b, b') (joon. E-36). Kummagi mähise induktiivsus on 0,05 H. Milline on kogu



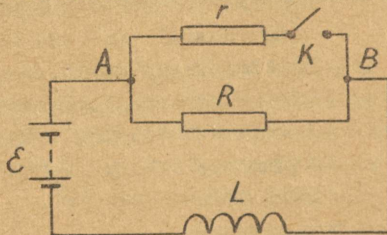
mähise induktiivsus, kui ühendada mähiste otsad a' ja b', a ja b' või a' ja b' ning a ja b?

Joon. E-36.

- E267. Õnksüdamikuga poolis kasvab vool ühtlaselt kiirusega 100 A/s. Määrata poolis tekkiv omainduktsiooni elektromotoorne jõud, kui pooli keerdude arv on 1000, tema pikkus 40 cm ja ristlõike pindala 5 cm<sup>2</sup>.

- E268. Kuidas muutub ajast sõltuvalt voolutugevus suure induktiivsusega pooli ühendamisel vooluallikaga? Analüüsida sõltuvust voolu algstaadiumidel, lugedes oomise takistuse seejuures tühiselt väikeseks.

- E269. Joonisel E-37 kujutatud vooluringi andmed on järgmised:  $\mathcal{E} = 24$  V,  $R = 2400$  oomi,  $L = 10$  H,  $r = 2400/99$  oomi. Kirjeldada vooluringis toimuvaid nähtusi lülitik K sulgemisel ja avamisel. Leida avaldis punktide A ja B vahelise pingearvutamiseks. Milline see on vahetult pärast vooluringi avamist?



Joon. E-37.

- E270. Lühistatud pool, mille keerdude arv on 100 ning iga keeru pindala 5 cm<sup>2</sup>, asub magnetväljas tugevusega 120 Oe, kusjuures pooli telg ühtib välja suunaga. Milline laeng läbib pooli ristlõiget, kui ta eemaldada magnetväljast? Pooli takistus on 2 oomi.

- E271. Vaskrõngas ( $m = 5$  kg) asub magnetilise meridiaani tasapinnas. Milline laeng läbib rõnga ristlõiget, kui seda pöörata ümber vertikaaltelje 90° võrra?

- E272. 2-oomise takistusega ning  $40\text{-cm}^2$  pindalaga juhtmekeerd on asetatud homogeenesse  $1000\text{-Gs}$  induktiooniga magnetvälja, kusjuures keeru tasapind on paralleelne välja jõujoontega. Milline laeng läbib keeru ristlõiget, kui seda pöörata  $30^\circ$  võrra ümber magnetväljaga risti asetseva diameetri?
- E273.  $1400\text{-cm}^2$  pindalaga raamike koosneb 100 keerust ning selle takistus on  $4,7$  oomi. Raamike asub vertikaaltasapinnas ja on ühendatud ballistilise galvanomeetriga, mille tundlikkus on  $2 \cdot 10^{-6}$  C/jaot. ning takistus  $9,4$  oomi. Raamikest pööratakse kiiresti ümber diameetri, mis moodustab Maa magnetväljaga  $30^\circ$ -se nurga, nii et tema tasapind saab paralleelseks magnetväljaga. Määrata galvanomeetri hälve.
- E274. Ristkülikukujuline raam külgedega pikkustega  $a$  ja  $b$  asetseb lõpmatult pika vooluga sirgjuhtmega samas tasandis, kusjuures küljed  $b$  on paralleelsed juhtmega ning lähemal asetseva külje kaugus juhtmest  $d > a$ . Milline laeng läbib raami moodustava juhtme mis tahes ristlõiget raami pööramisel ümber juhtmele lähemal asetseva külje  $180^\circ$  võrra? Sirgvoolu tugevus on  $i$ , raami moodustava juhtme ristlõike pindala  $S$  ja materjali eritakistus  $\rho$ .
- E275. Vaakumseadeldiste metallosadele adsorbeerunud gaaside eemaldamiseks kuumutatakse neid osi Foucault' vooludega, mis tekitatakse kõrgsagedusgeneraatoriga ühendatud pooli abil. Kuumutatavaks detailiks on radiolambi anood. Selleks on nikkelsilinder, mille diameeter  $D = 8$  mm, kõrgus  $h = 2$  cm ning seinapaksus  $a = 0,1$  mm. Anood asetseb koaksiaalselt jämedast traadist valmistatud pooliga, mille keerdude arv  $N = 15$  ning millest läbi juhitava kõrgsagedusliku ( $\nu = 10^5$  Hz) voolu tugevus  $I_e = 50$  A. Nikli eritakistus  $\rho = 7 \cdot 10^{-6}$  oom.cm, pooli kõrgus  $H = 10$  cm. Jättes arvestamata Foucault' voolude magnetvälja olemasolu, arvutada silindris iga sekundi jooksul eralduv soojusthulk  $Q$ .

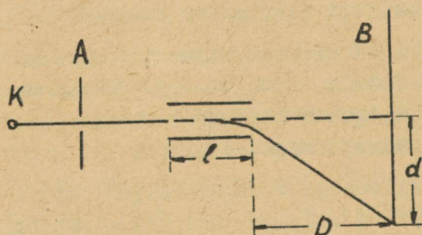
E276. Eelmises ülesandes kirjeldatud pooli sisemuses asetseb plaatinast ketas, mille telg ühtib pooli teljega ning mille diameeter  $D = 2 \text{ cm}$ , paksus  $h = 0,5 \text{ mm}$ . Jättes arvestamata Foucault' voolude magnetvälja olemasolu, arvutada kettas iga sekundi jooksul eraldunud soojushulk  $Q$ .

### XIX. LAETUD OSAKESTE LIIKUMINE ELEKTRI- JA MAGNETVÄLJAS

E277. Kondensaatori plaatide vaheline kaugus on  $1 \text{ cm}$ . Ühelt plaadilt hakkavad elektrivälja mõjul üheaegselt liikuma prooton ja  $\alpha$ -osake. Kui pika tee on läbinud  $\alpha$ -osake momendil, mil prooton jõuab teisele plaadile?

E278. Prooton ja  $\alpha$ -osake, olles läbinud ühesuguse potentsiaalide vahe, satuvad plaatkondensaatori elektrivälja, liikudes algmomendil paralleelselt plaatidega. Määrata nende osakeste kõrvalekalduumiste suhe kondensaatori väljas.

E279. Katoodist  $K$  suhteliselt väikese kiirusega väljunud elektronid kiirendatakse anoodi  $A$  väljas, mille potentsiaal katoodi suhtes on  $U$  (joon. E-38). Läbinud kondensaatori, mille plaatide pikkus on  $l$ , satuvad elektronid fluorestseeruvale ekraanile  $B$ , mis asub kondensaatorist kaugusel  $D$ . Kui kondensaatoris



Joon. E-38.

tekitada elektrivälja, nihkub helenduv punkt ekraanil  $d$  võrra. Määrata elektrivälja tugevus  $E$  kondensaatoris.

E280. Elektron satub plaatkondensaatori välja, liikudes kiirusega  $10\,000 \text{ km/s}$  paralleelselt plaatidega samal kaugusel kummastki plaadist. Plaatidevaheline kaugus

on 2 cm, nende pikkus 10 cm, kondensaatori pinge 20 V. Millisel kaugusel positiivsest plaadist väljub elektron kondensaatori elektriväljast?

- E281. Määrata sirgjooneliselt liikuva elektroni magnetvälja tugevuse maksimaalne väärtus  $10^{-7}$  cm kaugusel trajektoorist, kui elektroni kiirus on  $10^8$  cm/s.
- E282. Elektron, olles läbinud elektrivälja, mille äärmiste ekvipotentsiaalide potentsiaalide vahe  $U = 1$  kV, satub homogeensesse magnetvälja, mille suund on risti elektroni kiirusega. Milline on elektroni trajektoor, kui magnetvälja induksioon on  $10^{-5}$  T?
- E283. Barlow' katses kasutatava ketta raadius on 0,1 m, voolutugevus ketta vooluringis 6 A, magnetilise induksiooni keskmine väärtus poolustevahelises ruumis 0,1 T. Millises suunas pöörleb ketta, 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.
- E284. Elektron tiirleb homogeenses 120 Oe tugevusega magnetväljas mööda ringjoont, mille tasapind on risti väljaga. Määrata elektroni tiirlemise periood.
- E285. 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.
- E286. Elektron liigub kiirusega  $v$  magnetväljas, mille induksioon on  $B$ , risti väljaga. Määrata elektroni liikumishulga moment.
- E287. Elektron, mille kiirus  $v = 4 \cdot 10^7$  m/s, satub homogeensesse magnetvälja ( $B = 10^{-3}$  T) risti jõujoontega. Määrata elektroni tangentsiaalne ja normaalne kiirendus magnetväljas.

- E288. Elektron liigub kiirusega  $v$  magnetväljas, mille induksioon on  $B$ , risti väljaga. Määrata selle elektroniga ekvivalentse voolu magnetmoment.
- E289. Ühesuguse kiirusega ning 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 energia on ühesugused?
- E290. Prooton, liikudes kiirusega  $20 \text{ km/s}$ , satub homogeensesse  $30 \text{ Oe}$  tugevusesse magnetvälja, kusjuures tema kiirus moodustab välja suunaga  $30^\circ$ -se nurga. Määrata prootoni trajektoori-kruvijoone raadius ja kruvisamm.
- E291. Tõestada, et elektroni liikumisel magnetväljas aeg, mis kulub temal spiraali ühe keeru läbimiseks, ei sõltu algkiirusest  $v_0$  ega nurgast  $\alpha$ , mille see moodustab magnetvälja suunaga.
- E292. Elektrostaatiline  $800 \text{ V/cm}$  tugevusega väli ja  $50 \text{ Oe}$  tugevusega magnetväli on teineteisega risti. Millise kiirusega peab liikuma elektron, et läbida selline väli sirgjooneliselt, liikudes risti kummagi välja jõujoontega?
- E293. Punktis  $C$  asetseb prootonite allikas, millede kiirused on ühesugused, kuid suunatud kahes võimalikus sihis, kusjuures nende sihtide vaheline nurk  $\delta = 10^\circ$ . Tasapind  $CD$ , mis on risti vektoriga  $\vec{v}_1$ , moodustab fluorestseeriva ekraani. Ülalpool ekraani on tekitaatud vektoritega  $\vec{v}_1$  ja  $\vec{v}_2$  ristsihiline homogeenne magnetväli, mille tugevus  $H = 5 \text{ Oe}$ . Prootonite liikumise tulemusena tekib ekraanil kaks punktikujulist hellenduvat jälge. Määrata jälgedevaheline kaugus, kui  $v_1 = v_2 = 10^5 \text{ cm/s}$ .
- E294. Elementaarosakeste kiirendaja tsüklotroni tööprintsiip on järgmine: osakesi kiirendatakse õõnsate pool-

silindrite-duantidevahelises ruumis kõrgsagedusliku elektrivälja abil. Homogeenne magnetväli, mis on risti poolsilindrite alustega, muudab osakeste trajektoori ning sunnib neid uuesti sattuma duantidevahelisse ruumi. Selleks ajaks on elektriväli jõudnud muutuda suunalt vastupidiseks, mistõttu osakese liikumine kiireneb teistkordselt. Osakese trajektoori osutub spiraal, kusjuures kiirus kasvab kõikide nende ajavahemike jooksul, mil osake läbib duantidevahelist ruumi. Näidata, et ajavahemik, mille jooksul osake liigub piki poolringjoont duandi sisemuses, ei sõltu trajektoori raadiusest, ning määrata kõrgsagedusliku pinge sagedus, millega toita duante, et kiirendada tsüklotroniga vesiniku ioone. Magnetilise induktsiooni väärtus on 0,65 T.

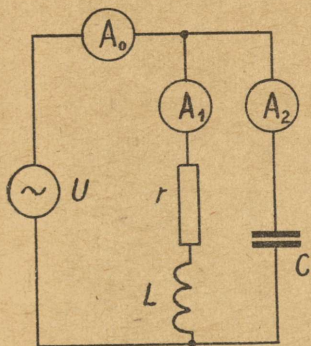
#### XX. VAHELDUVVOOL

- E295. 25-oomise takistusega reostaat ja drossel, mille aktiivtakistus on 15 oomi ning induktiivsus 0,1 H, on ühendatud järjestikku ja lülitatud vahelduvvooluvõrku (102 V; 50 Hz). Arvutada kummagi vooluringi elemendi poolt tarvitav võimsus.
- E296. Määrata pooli induktiivsus teades, et selle aktiivtakistus on 20 oomi ja 100-V pingel puhul sagedusega 50 Hz teda läbib 2 A tugevusega vool.
- E297. 12,6-oomise takistusega reostaat ja pool, mille induktiivsus on 0,04 H ning aktiivtakistus tähtsusetult väike, on lülitatud paralleelselt vahelduvvooluvõrku. Milline on voolu sagedus, kui voolutugevused harudes on võrdsed?
- E298. Vahelduvvooluvõrku (110 V; 50 Hz) lülitati pool, mille induktiivsus on 0,1 H. Määrata pooli aktiivtakistus, kui teda läbib 2 A tugevune vool. Kui suurt võimsust tarvitab see pool antud tingimustes?

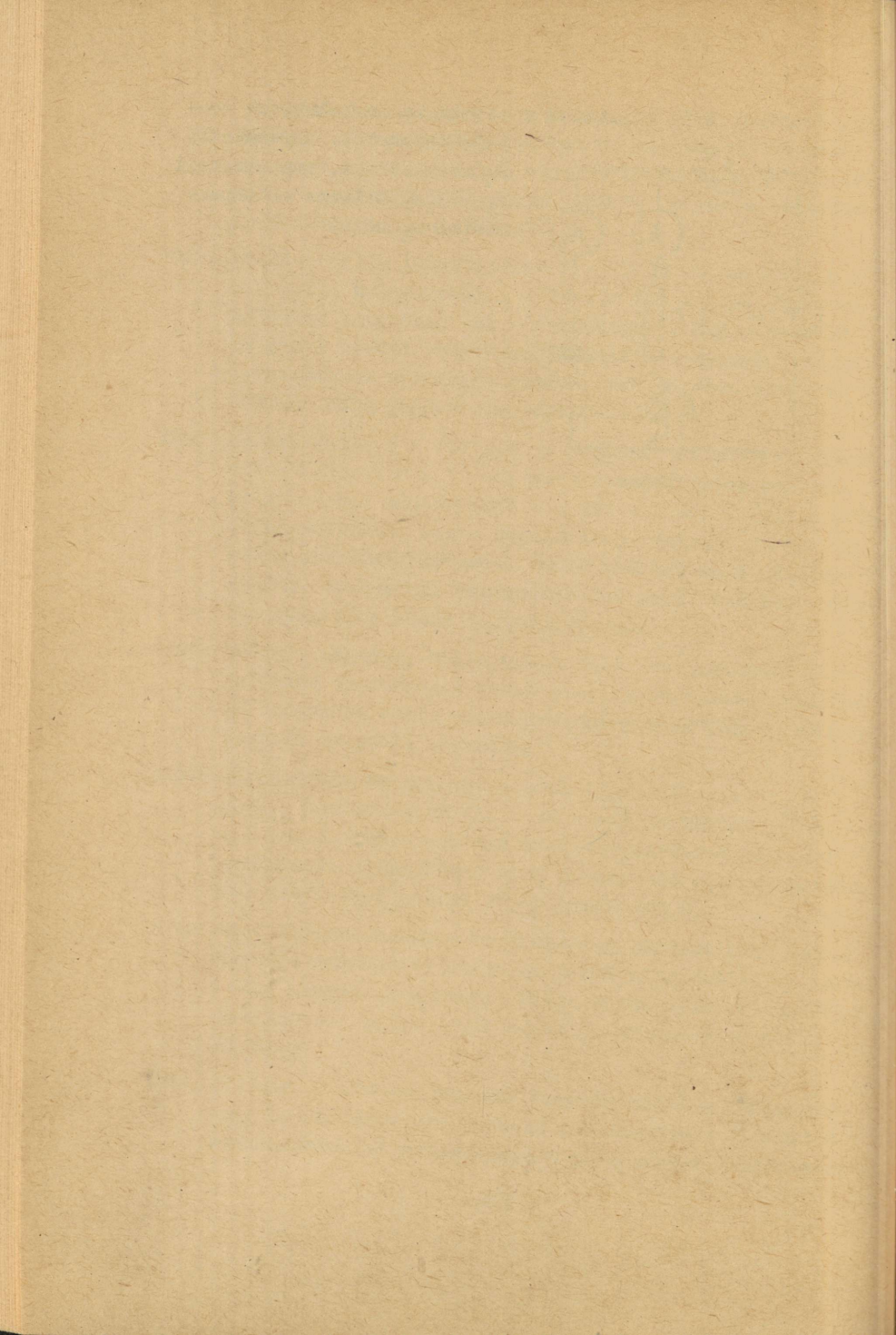
- E299. 20  $\mu\text{F}$  mahtuvusega kondensaator ja 150-oomise takistusega reostaat on ühendatud järjestikku ning lülitatud vahelduvvooluvõrku (110 V; 50 Hz). Määrata pinged kondensaatori ja reostaadi klemmidel.
- E300. Pool, mille aktiivtakistus on 20 oomi ning induktiivsus 30 mH, ja kondensaator mahtuvusega 4  $\mu\text{F}$  ühendati järjestikku. Saadud ahelale rakendati vahelduvpinge (220 V; 50 Hz). Määrata ahelat läbiva voolu tugevus ja selles tekkiv faasinihe.
- E301. Drossel, mille aktiivtakistus on 120 oomi, ja kondensaator mahtuvusega 10  $\mu\text{F}$  on ühendatud järjestikku ning lülitatud vahelduvvooluvõrku ( $U = 120 \text{ V}$ ,  $\nu = 50 \text{ Hz}$ ). Ahelat läbib vool tugevusega 1 A. Määrata drosseli induktiivsus.
- E302. Ahela takistus 50 Hz sagedusega vahelduvvoolule on 10 oomi. Ahel koosneb järjestikku lülitatud aktiivtakistusest  $R = 6$  oomi, induktiivtakistusest  $X_L = 16$  oomi ning mahtuvusest  $C$ . Määrata selle mahtuvuse väärtus ja tema takistus antud vahelduvvoolule, lugedes  $R_C < R_L$ .
- E303. Ahelale, mis koosneb 10-oomise takistusega reostaadist ja sellega järjestikku ühendatud poolist, mille induktiivsus on 0,1 H ning aktiivtakistus tähtsusetult väike, on rakendatud 50 Hz sagedusega 220-V pinged. Samasse ahelasse lülitatakse järjestikku kondensaator, mille mahtuvus on selline, et faasinihe muutub nulliks. Arvutada aktiiv- ja näivvõimsus kummagi lülituse korral ning kondensaatori mahtuvus.
- E304. Vahelduvvooluvõrku, mille pinged amplituudväärtus  $U_0 = 100 \text{ V}$  ja sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , on lülitatud järjestikku pool induktiivsusega  $L = 0,2 \text{ H}$  ja aktiivtakistusega  $R = 10$  oomi ning kondensaator. Milline peab olema kondensaatori mahtuvus, et pinged pooli klemmidel oleksid maksimaalsed? Määrata selle maksimaalse pinged väärtus. Milline peab olema kondensaatori mahtuvus, et 1) voolutugevuse amplituudväärtus oleks 1 A; 2) pinged ampli-

- tuudväärtus takistil - 0,1 V?
- E305. Määrata võimsuse kaod juhtmetes, mis ühendavad generaatorit tarbijaga, kui edasiantav võimsus on 100 kW, pinge generaatori klemmidel 220 V, juhtmete takistus 0,01 oomi ja faasiinihe  $37^\circ$ .
- E306. Poolis, mille induktiivsus  $L = 15$  mH ja takistus  $r = 5$  oomi, kulgeb vool  $i = 10 \sin 500 t$  (voolutugevus mõõdetud amprites, aeg - sekundites). Määrata voolu ja pinge efektiivväärtused, poolile rakendatud pinge hetkväärtusi väljendav seadus, pooli poolt tarbitav võimsus ning joonestada vektordiagramm.
- E307. Kondensaator  $C = 100 \mu\text{F}$  ja sellega järjestikku ühendatud takisti  $r = 3$  oomi moodustavad vooluringi osa, mille otstel mõjub pinge  $u = 141 \sin 628 t$  (pinge mõõdetud voltides, aeg - sekundites). Määrata pinge ja voolu efektiivväärtused, voolu hetkväärtusi väljendav seadus, vooluringi vaadeldava osa poolt tarbitav võimsus ning joonestada vektordiagramm.
- E308. Määrata sagedus, mille puhul eelmises ülesandes kirjeldatud vooluringis tekib pingete resonants. Milline on seejuures voolu efektiivväärtus ning pinged kondensaatori ja pooli klemmidel?
- E309. Järjestikku on ühendatud pool ( $X_L = 12$  oomi,  $r_p = 5$  oomi), kondensaator ( $X_C = 18$  oomi) ja takisti ( $r = 3$  oomi). Määrata pinge efektiivväärtused kõikidel vooluringi elementidel ning joonestada vektordiagramm, kui vooluringi otstel mõjub pinge 120 V.
- E310. Pool ja kondensaator on ühendatud järjestikku. Saadud ahelale rakendatud pinge on 180 V ning selles on tekitatud pingete resonants. Pinge kondensaatoril on 240 V. Milline on pinge pooli otstel? Joonestada vektordiagramm.
- E311. Millist takistust avaldab vahelduvvoolule ringsagedusega  $\omega$  ahelaosa, mis koosneb paralleelselt ühendatud kondensaatorist mahtuvusega  $C$  ja oomisest takistusest  $R$ ?

E312. Joonisel E-39 kujutatud vooluringis on tekitatud voolude resonants. Ampermeetri  $A_1$  näit on 5 A, ampermeetril  $A_0$  - 3 A. Milline on ampermeetri  $A_2$  näit?



Joon. E-39.

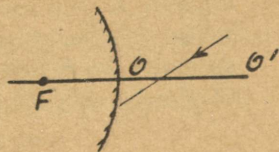
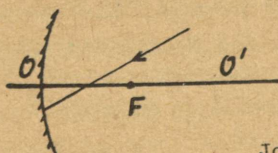


OPTIKA



## XXI. GEOMEETRILINE OPTIKA

01. Läbipaistmatu ketas raadiusega  $r$  asetseb ekraanist kaugusel  $d$ . Kettakujulise valgusallikaga valgustamisel heidab ketas ekraanile täisvarju raadiusega  $r_1$  ja poolvarju raadiusega  $r_2$ . Ketaste tsentreid ühendav sirge on nendega ja ekraaniga risti. Arvutada valgusallika raadius ja kaugus valgustatavast kettast.
02. Päikese diameeter on  $\sim 1,39 \cdot 10^6$  km. Päikese kaugus Maast on keskmiselt  $1,5 \cdot 10^8$  km. Kuu tsentri kaugus maapinnast muutub  $3,57 \cdot 10^5$  kilomeetrist  $3,99 \cdot 10^5$  kilomeetrit. Kuu diameeter on 3480 km. Millise Kuu ja Maa vahelise kauguse korral on Päikese varjutus täielik ja millise kauguse korral rõngakujuline?
03. Reflektoriga, mille peegli kõverusraadius on 16 m, saadi Päikese kujutis. Arvutada saadud kujutise läbimõõt.
04. Nõguspeegli kõverusraadius on 40 cm. Leida eseme asukoht, mille korral kujutis oleks: 1) tõeline ja kaks korda suurendatud ja 2) näiv ning suurendatud samuti kaks korda.
05. Sfäärilise kumerpeegli kõverusraadius on 60 cm. Peeglist 10 cm kaugusele on asetatud 2 cm kõrgune ese. Leida kujutise asukoht ja kõrgus. Teha joonis.
06. Leida kiire käik pärast nõgus- ja kumerpeeglis peegeldumist (joon.0-1).



Joon. 0-1.

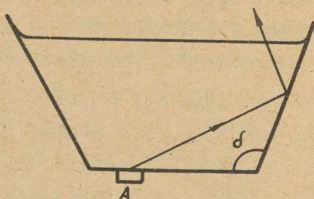
07. Elavhõbedaga täidetud anum pöörleb vertikaalse telje ümber konstantse nurkkiirusega  $\omega = 1 \text{ s}^{-1}$ . Elavhõbeda pind muutub nõgusaks ja seda võib kasutada kui sfäärilist nõguspeeglit. Arvutada sellise peegli fookuskaugus.
08. Valguskiir läbib mitu erineva murdumisnäitajaga keskkonda, mis on üksteisest eraldatud paralleelsete tasapindadega. Tõestada, et kihte läbinud kiire suund sõltub ainult langeva kiire suunast ja esimese ning viimase keskkonna murdumisnäitajast.
09. Tasaparalleelsele klaasplaadile paksusega 3 cm langeb valguskiir  $70^\circ$ -se langemisnurga all. Arvutada plaati läbinud kiire nihe langeva kiire suhtes, kui plaadi murdumisnäitaja on 1,52.
010. Valguskiir langeb 2,5 cm paksusele klaasplaadile. Kiire langemisnurk on  $60^\circ$ . Plaati läbinud kiir on nihkunud langeva kiire suhtes 1,3 cm võrra. Leida klaasi murdumisnäitaja.
011. Tasaparalleelse klaasplaadi alumine pind on hõbetatud. Plaadi paksus on 1 cm ja murdumisnäitaja 1,73. Selle plaadi ülemisele pinnale langeb valguskiir, mille langemisnurk on  $60^\circ$ . Osa langenud valgusest peegeldub, osa murdub plaadi sisse, peegeldub alumiselt pinnalt ja, murdudes teist korda ülemisel pinnal, pöördub tagasi õhku. Peegeldunud valguskiired on teineteisega paralleelsed. Arvutada kiirtevaheline kaugus.
012. Inimene vaatab jõe põhjas asuvat kivikest, kusjuures vaatesuund moodustab veepinnaga  $30^\circ$ -se nurga. Arvutada jõe tõelise sügavuse ja näiva sügavuse suhe. Kui suur on see suhe, kui vaatesuund on veepinnaga risti?
013. Inimene vaatab enda kujutist peeglis, mis asetseb veega täidetud anuma põhjas. Kui kaugel vaataja silmast on selle ebakujutis peeglis, kui silm asetseb 5 cm kõrgusel vee pinnast ja peegel 8 cm sügavusel?

014. Mikroskoobi aluslauel on 3 mm paksune klaasplaat. Mikroskoop teravustatakse plaadi ülemisele pinnale, seejärel nihutatakse mikroskoobi tuubust allapoole, kuni muutub nähtavaks plaadi alumine pind. Nihke suurus on 2 mm. Arvutada klaasi murdumisnäitaja.
015. Kuidas nihkub fotoaparaadi objektiivi fookus, kui aparaadi sisse valguskiirte teele paigutada tasaparalleelne klaasplaat paksusega 6 mm, murdumisnäitajaga 1,5. (Objektiiv on tugevasti diafragmeeritud.)
016. Tuletada valguse peegeldumise ja murdumise seadus Huygeni printsiibi põhjal.
017. Tuletada valguse peegeldumise ja murdumise seadus, lähedes Fermat' printsiibist.
018. Tõestada, et tasapeegli pööramisel nurga  $\varphi$  võrra, kusjuures langeva kiire asend jääb endiseks, pöördub peegeldunud kiir nurga  $2\varphi$  võrra.
019. Kaks tasapeeglit lõikuvad nurga  $\varphi$  all. Peeglitele langeb lõikejoonega risti asetsevas tasapinnas olev valguskiir. Näidata, et teiselt peeglit peegeldunud kiire suuna ja esimesele peeglile langeva kiire suuna vaheline nurk  $\delta$  ei sõltu langemisnurgast. Arvutada  $\delta$ .
020. Kirjutada valguse peegeldumise seadus vektorkujul, kui langeva kiire suunaline ühikvektor on  $\vec{k}_0$  ja peegeldunud kiire suunaline ühikvektor  $\vec{k}$ . Pinna normaal on antud ühikvektoriga  $\vec{N}$ , mille positiivne suund on teisest keskkonnast esimesse.
021. Tõestada, et kolmelt üksteisega risti asetsevalt peeglit peegeldunud valguskiire levimissuund on vastupidine langeva kiire levimissuunaga.
022. Kirjutada valguse murdumisseadus vektorkujul, kui langeva kiire suunaline ühikvektor on  $\vec{k}_0$  ja murdunud kiire suunaline ühikvektor  $\vec{k}_2$ . Pinna normaal  $\vec{N}$  on suunatud teisest keskkonnast esimesse.

023. Valguskiir langeb homogeensele kerale, mille murdumisnäitaja on  $n$ . Kas murdunud kiirega võib kerast toimuda täielik sisepeegeldus?
024. Descartes'i teooria kohaselt tekib vikerkaar päikese-kiirte vihmapiiskades peegeldumise tulemusena. Piisas ühe korra peegeldunud kiired annavad nn. esimest järku vikerkaare. Piisas kaks korda peegeldunud kiired annavad teist järku vikerkaare. Vikerkaare nurksuuruse võib määrata tingimusest, et nurk langeva kiire ja pärast peegeldumist piisast väljunud kiire vahel  $\delta$  peab olema minimaalne. Kaldenurga väikesele muutusele vastab siis suur langemisenurga muutus, mistõttu peegeldunud valguse intensiivsus on maksimaalne. Millise nurga  $\alpha$  all peab langema valguskiir piisa pinnale, et esineks kiire minimaalne kõrvalekalle ühe- ja kahekordse peegelduse järel? Leida esimest ja teist järku vikerkaare nurkraadius  $\rho$  punase ja violetse valguse jaoks. Tõestada, et tegemist on piiska läbinud kiire minimaalse kõrvalekaldega. Vee murdumisnäitaja  $n_p = 1,329$  ja  $n_v = 1,343$ .
025. Descartes'i teooria kohaselt võivad esineda kahest kõrgemat järku vikerkaared, kui peegelduste arv veepiisas on 3, 4 jne. Oletades, et valguskiir peegeldub piisas  $N$  korda, leida langemisenurk  $\alpha$ , millele vastab piisast väljunud kiire ekstremaalne kõrvalekalle langeva kiire suhtes. Arvutada minimaalne kaldenurk  $\delta$ .
026. Lähtudes valguse murdumisseadusest näidata, et valguskiire tee kõverusraadius  $\rho$  isotroopses, aeglaselt muutuva murdumisnäitajaga keskkonnas avaldub valemiga  $\frac{1}{\rho} = \frac{d}{dn} (\ln n)$ . (Tuletis on võetud kiire normaali suunas.)
027. Tuletada valguskiire trajektoori võrrand atmosfääris eeldusel, et õhu murdumisnäitaja sõltub vaid kaugusest maakera keskpunktist.

028. Tuletada valem astronoomilise refraktsiooni arvutamiseks samal eeldusel mis eelmises ülesandeski.
029. Astronoomilise refraktsiooni arvutamisel eeldatakse, et  $n - 1$  on võrdeline õhu tihedusega. Tuletada refraktsiooni arvutamiseks valem eeldusel, et õhu tihedus sõltub kõrgusest kooskõlas baromeetrilise valemiga.
030. Absoluutseks optiliseks riistaks on selline riist, mis laiade kiirtekimpude korral igast eseme-ruumi punktist annab stigmaatilise kujutise. Maxwelli järgi on selliseks riistaks pidevalt muutuva murdumisnäitajaga sfäärilist sümmeetriat omav keskkond. Maxwell nimetas seda riista "kalasilmaks". Selles keskkonnas on valguskiire trajektoor ringjoon.
- Tuletada avaldis keskkonna murdumisnäitaja määramiseks sõltuvalt kaugusest  $r$  sümmeetria tsentrist. Tõestada, et suvalisest punktist  $P$  väljunud valguskiired levivad mööda ringjooni ja lõikuvad mõnesuguses punktis  $P'$ .
031. Kui suur on raadius minimaalsel ringjoonel, mida mööda valguskiir võib liikuda "kalasilmaks"?
032. Klaasi ja vee murdumisnäitajate suurused on kollase valguse jaoks vastavalt 1,52 ja 1,33. Arvutada täieliku sisepeegeldumise piirnurga suurus järgmiste süsteemide korral: 1) klaas - õhk, 2) vesi - õhk, 3) klaas - vesi.
033. Anum on täidetud 10 cm sügavuselt veega. Anuma põhja on asetatud punktvalgusallikas. Vee pinnal ujub ümmargune läbipaistmatu ketas nii, et ta tšenter asub valgusallika kohal. Leida ketta minimaalne raadius, mille puhul ükski valguskiir ei väljuks veest.
034. Silindrikujuline klaas vedelikuga on asetatud mündile, mida vaadatakse läbi klaasi külgselna. Arvutada vedeliku murdumisnäitaja minimaalne väärtus, mille puhul vaatleja ei näe münti.

035. Veega täidetud anuma põhja alla on asetatud ese A (vt. joon. 0-2). Kui suur peab olema nurk  $\delta$ , et läbi anuma külgselina ei oleks eset näha?

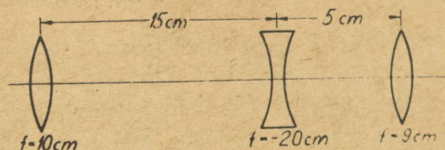


Joon. 0-2.

036. Lähtudes Fermat' printsibist tuletada õhukese läätsse valem.
037. Arvutada õhukese kaksikkumera läätsse fookuskaugus, kui piiravate sfääri pindade kõverusraadiused on  $r_1 = 25$  mm ja  $r_2 = -40$  mm. Läätsse aine murdumisnäitaja  $n = 1,5$ .
038. Lääts fookuskaugusega 10 cm on asetatud vette. Leida läätsse fookuskaugus vees, kui klaasi murdumisnäitaja on 1,5.
039. Lääts, mille aine murdumisnäitaja  $n = 1,53$ , asetatakse keskkonda murdumisnäitajaga  $n = 1,63$ . Kuidas muutub selle läätsse fookuskaugus, võrreldes fookuskaugusega õhus?
040. Klaasläätsse optiline tugevus on +5 dioptriat. Kui sama lääts asetada vedelikku, on tema optiline tugevus -1 dioptria. Arvutada vedeliku murdumisnäitaja, võttes klaasi murdumisnäitajaks 1,52.
041. Läätsse fookuskauguseks võetakse temast väga kaugel asetseva lambi kujutise kaugus. Kui suur peab olema lambi kaugus 1 läätssest, et fookuskauguse määramisel tehtav viga ei ületaks p%?
042. Õhukese kumerläätssega, mille aine murdumisnäitaja on 1,5, saadi esemest tõeline kujutis, mis asus 10 cm

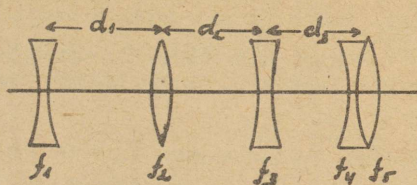
kaugusel läätsest. Läätis ja ese asetati vette, kusjuures nende vaheline kaugus jäi endiseks. Kujutis tekkis nüüd 60 cm kaugusel läätsest. Leida läätse fookuskaugus.

043. Pikksilma objektiiv fookuskaugus  $f_1 = 60$  cm ja okulaari fookuskaugus  $f_2 = 4$  cm. Objektiiv ja okulaari aine murdumisnäitaja  $n = 1,5$ . Vette asetatud pikksilm täitub veega. Millise samast klaasisordist valmistatud fookuskaugusega objektiiv tuleks kasutada, et oleks võimalik vees vaadelda kaugel asuvaid esemeid?
044. Galilei pikksilma pikkus on 40 cm. Ta annab 9-kordse suurenduse. Objektiiv ja okulaar vahetati koondavate läätsedega, kuid pikksilma suurendus jäi samaks. Arvutada mõlema objektiiv ja okulaari fookuskaugused.
045. Pikksilm, mille objektiiv fookuskaugus on 50 cm, fookuseeriti lõpmatusse. Kui palju peame nihutama okulaari, et selgesti näha 50 m kaugusel olevaid esemeid?
046. Joonisel O-3 kujutatud läätsede süsteemile langeb vaskult paralleelne valguskiirte kimp. Leida süsteemi fookuse asukoht viimase läätse suhtes. Teha kiire käik läbi süsteemi.



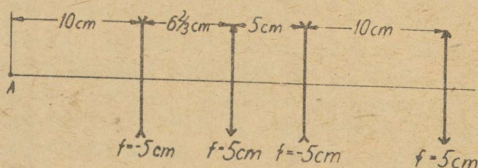
Joon. O-3.

047. Arvutada alljärgneva läätsede süsteemi fookuskaugus viimase läätse suhtes. Läätsed lugeda õhukesteks, kusjuures  $f_1 = -10$  cm;  $f_2 = 5$  cm;  $f_3 = -5$  cm;  $f_4 = -20$  cm;  $f_5 = 10$  cm;  $d_1 = 10$  cm;  $d_2 = 10\frac{2}{3}$  cm;  $d_3 = 10$  cm.



Joon. 0-4.

048. Leida punkti  $\bar{A}_0$  kujutise asukoht viimase läätse suhtes, kui  $A_0$  asetseb joonisel 0-5 kujutatud läätsede süsteemi esimesest läätsest 10 cm võrra vasakul.



Joon. 0-5.

049. Mikroskoobi objektiivi fookuskaugus on 1 cm ja okulaari fookuskaugus 3 cm. Kaugus objektiivi ja okulaari vahel on 20 cm. Millisel kaugusel peab asetsema vaadeldav ese objektiivist, et lõplik kujutis oleks silmast 20 cm kaugusel?
050. Positiivse läätsega projekteeritakse objekt ekraanile. Saadud kujutise kõrgus on  $a$ . Jättes ekraani ja objekti paigale, lähendatakse läätse ekraanile seni, kuni tekib taas objekti terav kujutis ekraanile. Kujutise kõrgus on  $b$ . Arvutada eseme tõeline kõrgus  $x$ .
051. Hõõglambi ja ekraani vaheline kaugus  $L = 50$  cm. Lääts, mis on paigutatud nende vahele, annab hõõglambi terava kujutise ekraanil läätse kahe asendi korral, kusjuures läätsedevaheline kaugus  $l = 10$  cm. Arvutada läätse fookuskaugus.

052. Fotoaparaadi objektiivivi fookuskaugus on 12 cm. Soovitakse fotografeerida eset, mis asetseb 15 cm kaugusel objektiivist. Filmi ja objektiivivi vaheline kaugus on 20 cm. Millise fookuskaugusega lääts tuleb paigutada objektiivivi ette, et eespool märgitud fotografeerimine oleks teostatav? (Mõlemad läätsed lugeda õhukesteks.)
053. Lähtudes valguse murdumisseadusest ja kasutades ellipsi geomeetrilisi omadusi, tõestada, et valguskiirte kimp, mis langeb pöördellipsoidile paralleelselt tema teljega, koondub ellipsoidi tagumises fookuses, kui ellipsoidi suhteline murdumisnäitaja  $n = \frac{1}{e}$  ( $e$  - ellipsoidi ekstsentrilisus).
054. Kaksikkumera läätses üks pind on hõbetatud. Leida sellisel viisil valmistatud peegli fookuskaugus, kui läätses aine murdumisnäitaja on  $n$  ja pindade kõverusraadiused  $r_1$  ja  $r_2$ . Hõbetatud on pind kõverusraadiusega  $r_2$ . Valgus langeb katmata läätses poolele.
055. Kaks ühesugust õhukest tasakumerat läätses on muudetud ühe pinna hõbetamisega peeglikeks. Ühel läätsel on hõbetatud kumer, teisel tasane pind. Arvutada niisuguste liitpeeglite fookuskauguste  $f_1$  ja  $f_2$  suhe. Mõlemal juhul langeb valgus hõbetamata pinnale. Läätsede murdumisnäitaja on  $n$ .
056. Nõguspeeglile, mis asetseb horisontaalselt, valati vett. Peegel annab esemest tõelise kujutise ekraanil, mis on 54 cm kaugusel peeglist. Ekraani lähendamisel peeglile ilmub kujutis uuesti, kui kaugus peeglist on 36 cm. Arvutada peegli kõverusraadius  $R$  ja eseme kaugus  $a$  peeglist.

057.



Joon. 0-6.

Klaasläätsele, mis on joonisel 0-6 näidatud viisil asetatud vette, langeb ülalt vertikaalne paralleelne kiirtekimp. Leida süsteemi fookuse asukoht, kui läätses kõverusraadius on 15 cm.

058. Sfääriline pind kõverusraadiusega  $R$  eraldab eseme ruumi (murdumisnäitaja  $n$ ) kujutise ruumist (murdumisnäitaja  $n'$ ). Piirdudes paraksiaalsete kiirtega, leida punkti  $P$  koordinaatide  $x, y, z$  ja tema kujutise  $P'$  koordinaatide  $x', y', z'$  vaheline seos.  $X$ -teljeks võtta optiline telg ja koordinaatide alguspunktiks sfäärilise pinna lagitapp.
059. Kasutades eelmise ülesande tulemusi, näidata, et tsentreeritud optilise süsteemi korral paraksiaalse optika lähenduses punkti  $P$  koordinaadid  $x, y, z$  on seotud punkti  $P$  kujutise  $P'$  koordinaatidega  $x', y', z'$  järgmiste valemitega:

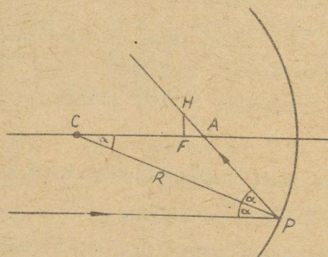
$$x' = \frac{Ax + B}{ax + b}; \quad y' = \frac{Cy}{ax + b}; \quad z' = \frac{Cz}{ax + b},$$

kus  $A, B, C, a, b$  on antud optilise süsteemi korral konstandid, mis sõltuvad koordinaatide alguspunkti asukohast. Koordinaatide alguspunktiks valida suvaline punkt optilisel teljel.

060. Väljendada tsentreeritud optilise süsteemi peapunktide, fookuste ja sõlmpunktide ning fookuste kaugused konstantide  $A, B, C, a, b$  kaudu (vt. ülesanne 059).
061. Leida ülesandes 059 saadud võrrandite kuju, kui koordinaatide alguspunktiks võtta a) peapunktid (vastavad koordinaadid olgu  $\xi, \eta, \zeta$ ), b) fookused  $(X, Y, Z)$ .
062. Leida murdva sfäärilise pinna peapindade asukohad ja fookuste kaugused. (Vt. ülesannet 058.)
063. Kahe õhukese läätse fookuskaugused on  $f_1$  ja  $f_2$ . Läätsed asetsevad teineteisest kaugusel  $l$  ning moodustavad tsentreeritud süsteemi. Arvutada süsteemi fookuskaugus  $f$  ja peapindade asukohad.
064. Kaksikkumera klaasläätse pindade kõverusraadiused on  $r_1 = 15$  cm ja  $r_2 = -10$  cm. Klaasi murdumisnäitaja on 1,5. Läätses paksus on 3 cm. Lääts asub õhus. Leida selle läätse peatasandid ja peafookused.

065. Kaksiknõgusa klaasläätse pindade kõverusraadiused on  $r_1 = -15$  cm ja  $r_2 = 10$  cm. Klaasi murdumisnäitaja  $n = 1,5$ . Läätsse paksus  $d = 3$  cm. Lääts asub õhus. Leida läätse peatasandite ja peafookuste asendid.
066. Leida kerakujulise läätse peapunktide ja fookuste asukoht, kui läätse on valmistatud a) veest; b) klaasist ( $n = 1,5$ ). Milline peab olema selle läätse aine murdumisnäitaja, et fookused asuksid tema sees?
067. Tärpentiniga täidetud ümmargune kolb töötab kui kumerläätse. Määrata kolvi läbimõõt, kui Päikese kujutis tekib 3,06 cm kaugusel kolvi seinast. Tärpentin  $n = 1,48$ .
068. Klaaskera ( $n = 1,5$ ) raadius on 4 cm. Esee asub 6 cm kaugusel kera pinnast. Leida kujutise kaugus kera tsentrist ja suurendus.
069. Õhukeste seintega klaaskera on täidetud veega. Vaatleja jälgib kera sees piki diameetrit liikuvat kübemekest. Kuidas muutub selle kübemekest kujutise asukoht, kui ta liigub diameetri kaugemast otsast lähema otsani? Kera diameeter on 10 cm.
070. Kaks tasakumerat läätse on asetatud teineteise lähedale nii, et nende tasapinnad on vastakuti. Tõestada, et fookuskaugus antud juhul on suurem kui läätsete asetsemisel tihedalt teineteise vastas.
071. Millisel juhul kaksikumer läätse, mis on valmistatud ainest, mille murdumisnäitaja on suurem kui ümbritseva keskkonna murdumisnäitaja, toimib kui tasaparalleelne plaat?
072. Millisel juhul on õhus asetsev kaksikumer läätse ( $n = 1,5$ ) hajutav?
073. Millistel juhtudel ei sõltu paksu läätse fookuskaugus paksusest ja ühtib täpselt õhukeste läätse fookuskaugusega, kui läätsete pindade kõverusraadiused on võrdsed? Kas sel juhul fookuse asukoht läätse suhtes sõltub tema paksusest?

074. Kui sfäärilise peegli nurkava  $\alpha$  (joon. 0-7) on suur, siis optilisest teljest küllalt kaugel olevad paralleelsed valguskiired pärast peegeldumist ei löiku optilise teljega fookuses, vaid sellest kaugusel AF. Kaugust AF nimetatakse peegli sfääriliseks pikiaberratsiooniks, kaugust FH - sfääriliseks põikaberratsiooniks. Tuleta da valem nende aberratsioonide arvutamiseks sõltuvalt nurkava  $\alpha$  ja peegli kõverusraadiuse R suurusest.



Joon. 0-7.

075. Sfäärilise nõguspeegli ava diameeter on 40 cm ja kõverusraadius 60 cm. Arvutada äärmiste, paralleelselt optilise teljega peeglile langevate kiirte piki- ja põikaberratsiooni suurus.
076. Sfäärilise nõguspeegli fookuskaugus on 20 cm. Arvutada kiirtekimbu diameeter, mille äärmiste kiirte korral pikiaberratsiooni suurus ei ületa 2% fookuskaugusest.
077. Arvutada punaste, kollaste ja siniste kiirte jaoks fookuskaugus, kui kaksikkumera läätsede kõverusraadiused  $R_1 = R_2 = 981,4$  mm. Läätsede aine murdumisnäitaja väärtused:

$\lambda$ (Å)	n
6682	1,4835
5270	1,4907
4046	1,4997

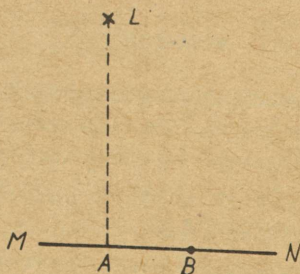
Äärmiste fookuste vahelist kaugust nimetatakse kromaatiliseks pikiaberratsiooniks. Arvutada selle suurus.

078. Olgu eelmises ülesandes kirjeldatud läätsede diameeter 5 cm. Arvutada punastele ja sinistele kiirtele vastavate hajumisringide diameetrid, kui kujutis on terav kollaste kiirte kasutamisel.
079. Tõestada, et kaks samast materjalist valmistatud õhukest läätsede moodustavad fookuskauguse suhtes akromaatsüsteemi, kui läätsedevaheline kaugus
- $$l = \frac{f_1 + f_2}{2}.$$
080. Üks Kelneri okulaaridest on akromatiseeritud fookuskauguse suhtes. Okulaar koosneb kahest positiivsest läätsedest, nende vaheline kaugus  $d = f_1$ , kus  $f_1$  on esimese läätsede fookuskaugus. Arvutada teise läätsede fookuskaugus  $f_2$  ja süsteemi fookuskaugus  $f$ .
081. Arvutada akromaatne kroonklaasist ( $n_1 = 1,5179$ ,  $\nu_1 = 60,2$ ) ja flintklaasist ( $n_2 = 1,6202$ ,  $\nu_2 = 36,2$ ) valmistatud tasakumer liitobjektiiv fookuskaugusega 1 m.

## XXII. FOTOMEETRIA

082. Normaalselt langevad päikesekiired tekitavad maapinnal valgustustugevuse  $10^5$  lx. Kui suur on Päikese kujutise valgustustugevus, mis saadakse aberratsioonivaba läätsel, mille läbimõõt on 5 cm ja fookuskaugus 10 cm? Päikese nurksuurus on  $30'$ .
083. Punktikujulisest valgusallikast tugevusega 15 cd on asetatud 30 cm kaugusele kumerlääts fookuskaugusega 20 cm. Läätsel 80 cm kaugusel on ekraan, millele tekib ümmargune valguslaik. Arvutada laigu keskmine valgustustugevus.
084. Määrata pinna valgustustugevus 4 m kaugusel punktikujulisest valgusallikast tugevusega 180 cd, kui kiirte langemisnurk sellele pinnale on  $37^\circ$ .

085. Horisontaalse tasapinna kohale 2 m kõrgusele on asetatud kaks lampi, kusjuures lampidevaheline kaugus on 1 m. Kummagi lambi valgusvoog on 300 lm. Määrata selle pinna valgustustugevus lampide all asetsevates punktides. Lampe võib vaadelda kui punktallikaid.
086. Laua kohal 1,5 m kõrgusel ripub lamp, mille valgusvoog on 300 lm. Kui kaugel lambi projektsioonist lauale asuvad punktid, milledes valgustustugevus on 10 lx? Lampi võib pidada punktallikaks.
087. Võrdkülgse kolmnurga tippudesse on asetatud ühesugused punktvalgusallikad. Tõestada, et väike plaadike, mis asub selle kolmnurga keskpunktis meelevaldse nurga all kolmnurga külgede suhtes, kuid risti kolmnurga tasapinnaga, on mõlemalt poolt võrdselt valgustatud.
088. Lauda MN (joon. 0-8) valgustab lamp L, mida saab nihutada ainult üles-alla. Millisele kõrgusele peab asetama lambi, et punkt B laual oleks maksimaalselt valgustatud? Kaugus AB = 1 m. Lampi võib pidada punktvalgusallikaks.



Joon. 0-8.

089. Tasapinnast M kaugusel  $a$  asub hõõguv traatrõngas raadiusega  $R$ , mille igalt pikkusühikult kiirguv valgusvoog on  $\varphi$ . Rõngas on paralleelne tasapinnaga. Leida valgustustugevus selle rõnga projektsiooni tsentris tasapinnale M.

090. Pikk sirge hõõgniit kiirgab valgusvoo  $\varphi = 2,2 \text{ lm.m}^{-1}$ . Määrata sellest sirgest  $a = 5 \text{ cm}$  kaugusel asuva tasapinna maksimaalne valgustustugevus.
091. Lahendada eelmine ülesanne, kui niidi pikkus on  $60 \text{ cm}$ .
092. Ühtlaselt hõõguv ümmargune plaat raadiusega  $R$  on asetatud paralleelselt tasapinnaga  $M$  kaugusele  $a$  viimasest. Määrata valgustustugevus selle plaadi projektsiooni keskpunktis tasapinnale  $M$ , kui plaadi iga pindalaühiku valgusvoog on  $\varphi$ .
093. Tõestada, et ühtlaselt hõõguva tasapinnaga paralleelselt asetatud pinna valgustustugevus ei sõltu nende pindade vahelisest kaugusest, kui see kaugus on tunduvalt väiksem hõõguva plaadi mõõtetest.
094. Milline peab olema tasapinnalise laua kohal rippuva lambi valgustugevuse jaotus, et laua valgustustugevus oleks kõikides punktides ühesugune?
095. Maapinnal asub horisontaalselt väike laud. Arvutada selle laua valgustustugevus  $E$ , mis on tingitud taeva hajunud valgusest. Taeva heledus  $B$  lugeda konstantseks.
096. Kui päikesekiired langevad risti maapinnaga, siis on valgustustugevus  $\sim 10^5 \text{ lx}$ . Oletades, et Päikese kiirgus allub Lambert'i seadusele ja jättes arvestamata valguse neeldumise atmosfääris, arvutada Päikese heledus.
097. Valge paberilehe peegelduskoefitsient on  $0,85$  ja valguse hajumine toimub kooskõlas Lambert'i seadusega. Kui suur peab olema lehe valgustustugevus  $E$ , et ta heledus oleks  $3 \cdot 10^4 \text{ nt}$ ?
098. Leida Kuu kujutise heledus, kui vaatluseks kasutatakse teleskoopi, mille objektiivi diameeter on  $75 \text{ mm}$  ja suurendus 1) 20 korda, 2) 25 korda, 3) 50 korda. Silmaga nähtav Kuu heledus võtta ühikuks. Silmaava suuruseks võtta  $3 \text{ mm}$ .

099. Pikksilmaga saadav suurendus on 50. Kui suur peab olema pikksilma objektiivi diameeter, et kujutise heledus silma võrkkestal ei oleks väiksem palja silmaga saadava kujutise heledusest? Silmaava suuruseks võtta 2 mm. Valguse kadusid pikksilmas mitte arvestada.

0100. Astronoomilise teleskoobi diameeter on 18 cm. Kogu optilist süsteemi läbib pool pealelangevast valgusest. Leida 1) selle teleskoobiga nähtavate nõrgimate tähtede suurus; 2) soodseim suurendus tähtede vaatlemiseks; 3) tähtede suurus, mis on nähtavad 10-kordse suurenduse korral. Silmaava diameeter on 3 mm.

Märkus. Tähe suurusjärgu suurenemisele ühiku võrra vastab tema näiva heleduse vähenemine  $\sqrt[5]{100} \approx 2,5$  korda.

0101. Millise suurusjärgu tähte on võimalik näha teleskoobiga, mille objektiivi diameeter on 2 m? Silmaga on võimalik näha 6. suurusjärgu tähti. Silmaava diameetriks võtta 3 mm. Valguse kadu teleskoobis mitte arvestada.

0102. Arvutada võimsa gaaslahenduslambi kasutegur, kui ühe küünla valgustugevuse saamiseks tarvitatakse võimsust 0,5 W.

Orienteerivalt võib lugeda silma keskmine tundlikkus kaks korda maksimaalsest väiksemaks lambi poolt kiiratavas spektri osas.

### XXIII. INTERFERENTS

0103. Millisel juhul liituvad kaks ühesuguse sagedusega elektromagnetilist võnkumist alati nii, et resultantvõnkumise intensiivsus on võrdne komponentvõnkumiste intensiivsuste summaga? Võnkumised võtta kujul

$$\vec{a}_1 = \vec{A}_1 \cos \omega t;$$

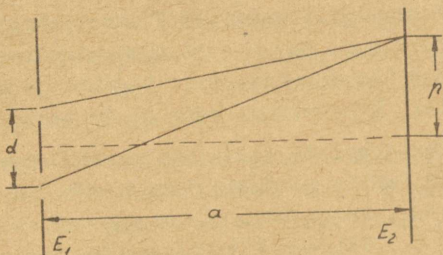
$$\vec{a}_2 = \vec{A}_2 \cos (\omega t + \delta).$$

0104. Kaks tasapinnalist lainet lainepikkusega  $\lambda$  levivad teineteise suhtes väikese nurga  $\varphi$  all. Lained langetavad ekraanile, mis on ligikaudu risti lainete levimissuundadega. Näidata, et kahe naaberinterferentsriba vaheline kaugus ekraanil ( $\Delta x$ ) on määratud seosega  $\Delta x = \frac{\lambda}{\varphi}$ . Lained võtta järgmisel kujul:

$$\psi_1 = \psi_0 \cos(\omega t - \vec{k}_1 \vec{r} + \delta_1);$$

$$\psi_2 = \psi_0 \cos(\omega t - \vec{k}_2 \vec{r} + \delta_2).$$

0105. Youngi katses kaugus tsentraalse riba ja esimese interferentsriba vahel  $p = 0,5$  mm. Ekraanidevaheline kaugus  $a = 5$  m ja avadevaheline kaugus ekraanis  $d = 5$  mm (vt. joon. 0-9). Arvutada interfereeruva monokromaatsel valgusel lainepikkus  $\lambda$ .



Joon. 0-9.

0106. Youngi interferomeetri ühes õlas asub tasapõhjaline 0,02 m pikkune klaassilinder. Silinder on täidetud õhuga ja termostateeritud. Interferentspilti on võimalik vaadelda ekraanil. Kasutatakse monokromaatset valgust  $\lambda = 589$  nm. Kui sama silinder täita klooriga, nihkub interferentspilt 20 riba võrra. Arvutada kloori murdumisnäitaja, kui õhu murdumisnäitaja antud tingimustes on 1,000276.

0107. Tuletada valem valguse lainepikkuse määramiseks interferentsikatses Fresneli peeglitega, kui valgusallika kaugus peeglite kokkupuutejoonest on  $r$ , ekraani kaugus kokkupuutejoonest  $D_0$  ning interferentsribade-

- vaheline kaugus  $\delta h$ .
0108. Leida Fresneli peeglitega tekitatud interferentspildi intensiivsuse jaotus ekraanil.
0109. Fresneli peeglite vaheline nurk on  $179^\circ$ . Valgusallikas asetseb 8 cm ja ekraan 5 m kaugusel peeglite kokkupuutejoonest. Arvutada interferentsjoonte-vaheline kaugus ekraanil, kui kasutatakse valgust lainepikkusega 600 nm.
0110. Fresneli peeglite abil saadakse interferentspilt, kus interferentsjoonte-vaheline kaugus on 1 mm, valgusallika kaugus peeglite kokkupuutejoonest 10 cm ja ekraani kaugus 1 m. Kasutatava valguse lainepikkus on 486,1 nm. Interfereeruvad kiired langevad ekraanile peaaegu risti. Arvutada peeglitevahelise nurga suurus.
0111. Interferentspilt saadakse Fresneli biprisma abil, mille murdev nurk on  $\alpha$  ja murdumisnäitaja  $n$ . Arvutada kaugus  $h$  interferentspildi tsentri ja  $k$ -nda heleda riba vahel. Kasutatakse valgust lainepikkusega  $\lambda$ .
0112. Interferentspildi saamiseks kasutatakse Fresneli biprisma, mille murdumisnäitaja väärtus on  $n$ , murdev nurk  $\alpha$ , kasutatava monokromaatselt valguse lainepikkus  $\lambda$ . Valgusallika kaugus biprismast  $a$  ja biprisma ning ekraani vaheline kaugus  $b$ . Arvutada interferentsribade arv ekraanil.
0113. Kaksikkumer lääts on lõigatud piki optilist telge pooleks. Pooled on nihutatud teineteisest kaugusele  $d$ . Läätsede poolte vahele tekkinud vahemik on kaetud ekraaniga. Monokromaatselt valgust andev valguspunkt asetseb läätsede endisel optilisel teljel läätsedest kaugusel  $|a| > f$ , kus  $f$  on läätsede fookuse kaugus. Läätsedest kaugusele  $l$  paigutatud ekraanil tekib interferentspilt. Arvutada ekraanil olevate maksimumide vaheline kaugus  $\delta h$ .
0114. Läätsel, mille fookuse kaugus on 50 cm, lõigatakse välja tsentraalne osa laiusel  $d$ . Mõlemad läätsede pooled ühendatakse. Ühel pool läätsede asetseb monokromaatselt

valgust andev punktvalgusallikas ( $\lambda = 600 \text{ nm}$ ). Teisel pool läätse paikneb ekraan, millel tekib interferentspilt. Kahe kõrvuti oleva heleda riba vaheline kaugus  $\delta h = 0,5 \text{ mm}$ . Ribadevaheline kaugus ei muutu ekraani nihutamisel piki optilist telge. Arvutada  $d$ .

0115. Fotoplaad, mille pikkus on 1 cm, puudutab ühe otsaga peegli pinda. Plaadi teise otsa ja peegli vahele on asetatud vilgukivileheke paksusega  $10^{-2} \text{ mm}$ . Peeglile langeb risti pinnaga monokromaatne valgus. Arvutada kasutatava valguse lainepikkus, kui kahe tumeda riba vaheline kaugus plaadil on 0,025 cm.
0116. Tõestada, et energiavoog seisvas valguslaines on võrdne nulliga.
0117. Klaasist kiilu nurk on  $0,1'$ . Kiilule langeb risti paralleelne monokromaatne kiirtekimp lainepikkusega  $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$ . Leida kahe interferentsriba vaheline kaugus. Klaasi murdumisnäitaja  $n = 1,5$ .
0118. Arvutada seebikile minimaalne paksus, kui ta näib peegeldunud valguses rohelisena ( $\lambda = 500 \text{ nm}$ ). Nurk normaali ja silma langeva kiire vahel on  $35^\circ$ . Seebivee murdumisnäitaja  $n = 1,33$ .
0119. Kaks poleeritud klaasplaati on asetatud teineteise peale, kusjuures ühe serva vahel on õhuke pabeririba. Vastasservad on surutud tihedalt teineteise vastu. Paberi paksus on 0,05 mm, plaatide pikkus 10 cm. Arvutada interferentsribade arv 1 cm plaadi pikkuse kohta, kui plaadile vaadata nurga  $\alpha = 60^\circ$  all normaali suhtes ja kui valgustamiseks kasutatakse Na-leegi valgust.
0120. Na-leegi kujutis tekib peegeldumisel vertikaalselt rippuvalt seebikilelt. Leegi kujutisel on rida horizontaalseid tumedaid ribasid, kusjuures  $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  ulatuses paikneb 6 riba. Arvutada kile pindade vahelise nurga suurus, kui vaatlemine toimub risti killega.

0121. Tasaparalleelsele klaasplaadile on asetatud tasakumer klaasläätis kõverusraadiusega  $R$ . Lääts ja klaasi vahel on õhk. Arvutada  $k$ -nda heleda rõnga ja  $m$ -nda tumeda rõnga raadius.
0122. Tasaparalleelsele klaasplaadile on asetatud tasakumer klaasläätis kõverusraadiusega  $R$ . Lääts aine murdumisnäitaja on  $n_1$ , plaadi murdumisnäitaja  $n_2$  ja plaadi ning lääts vahelise keskkonna murdumisnäitaja  $n$ . Arvutada  $k$ -nda heleda rõnga ja  $m$ -nda tumeda rõnga raadius läbinud valguse jaoks, kui  $n_2 < n < n_1$ .
0123. Arvutada 20. ja 21. heleda Newtoni rõnga vaheline kaugus, kui teise ja kolmanda rõnga vaheline kaugus on 1 mm. Rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.
0124. Newtoni rõngaste saamisel kasutatakse tasakumerat lääts, mille fookuskaugus on  $f$ . Leida see fookuskaugus, kui kolmanda heleda rõnga raadius on 1,1 mm; lääts murdumisnäitaja  $n = 1,6$  ja kasutatava valguse lainepikkus  $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ . Rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.
0125. Tasakumer lääts, mille kõverusraadius on 1 m, asetseb tasaparalleelsel klaasplaadil. Lääts ja plaadi vahel on valatud bensooli ( $n = 1,5$ ). Lääts ja plaadi murdumisnäitaja on 1,6. Kasutades Na-leegi valgust, tekitatakse interferentspilt. Interferentspilti vaadeldakse peegeldunud valguses. Arvutada esimese tumeda Newtoni rõnga raadius.
0126. Alusplaat, millel asetseb tasakumer lääts (klaasi murdumisnäitaja  $n = 1,5$ ), on kokku liimitud kahest poolest murdumisnäitajatega vastavalt 1,50 ja 1,75. Plaadi ja lääts vahel on väävelsüsinik ( $n = 1,62$ ). Milline on interferentspilt peegeldunud monokromaatses valguses?
0127. Peegeldunud Na-leegi valguses ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) on kahe järjestikuse Newtoni rõnga diameetrid 0,72 mm ja

0,84 mm. Arvutada läätse kõverusraadius.

0128. Na-kollane spektrijoon koosneb kahest komponendist, mille lainepikkused on  $\lambda_1 = 589,0$  nm ja  $\lambda_2 = 589,6$  nm. Mitmes tume Newtoni rõngas, mis vastab ühele nendest joontest, ühtib järgmise tumeda rõngaga, mis vastab teisele joonele?
0129. Newtoni rõngaste saamiseks kasutatakse järgmist süsteemi. Tasakumer lääts kõverusraadiusega  $R_1$  on asetatud nõgusale sfäärilisele pinnale, mille kõverusraadius on  $R_2$ , kusjuures  $R_2 > R_1$ . Valgustamiseks kasutatakse monokromaatset valgust lainepikkusega  $\lambda$ . Arvutada  $k$ -nda tumeda rõnga raadius, kui rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.
0130. Newtoni rõngaste saamisel kasutatakse kahte tasakumerat läätse, mis on kumerate pooltega asetatud vastamisi. Arvutada  $m$ -nda tumeda rõnga raadius  $r_m$ , kui kasutatakse valgust lainepikkusega  $\lambda$  ja kumerate pindade kõverusraadiused on  $R_1$  ja  $R_2$ . Rõngaid vaadeldakse peegeldunud valguses.
0131. Valguskiired langevad Jamen'i interferomeetri plaadile  $\alpha = 49^\circ$  nurga all. Interferomeetri plaadi paksus on 2 cm, murdumisnäitaja 1,51. Lainepikkuse 5000 Å korral vaadeldakse viiendat järku maksimumi. Arvutada plaatidevaheline nurk.
0132. Arvutada interfereeruvate kiirte käiguvahe Lummer-Gehrcke plaadi korral.
0133. Kuidas muutub Lummer-Gehrcke plaadiga saadav interferentspilt, kui plaadi üks pind asetada väävelsüsiniku ( $n = 1,75$ )? Lummer-Gehrcke plaat on valmistatud kroonklaasist  $n = 1,50$ .
0134. Arvutada interfereeruvate kiirte käiguvahe Fabry-Perot'etaloni korral.
0135. Tuletada avaldis Lummer-Gehrcke plaadi nurkdispersiooni arvutamiseks ja määrata plaadi dispersiooni piir-

kond.  $\epsilon$  lugeda väikseks.

0136. Arvutada interfereeruvate kiirte arv  $z$  Lummer-Gehrcke plaadi korral, kui plaadi pikkus  $L = 30$  cm, paksus  $h = 1$  cm ja murdumisnäitaja  $n = 1,52$ .
0137. Leida minimaalne ja maksimaalne spektrijärk, mida võib saada eelmises ülesandes kirjeldatud plaadiga, kui kasutada valgust lainepikkusega  $4861 \text{ \AA}$ .
0138. Arvutada Lummer-Gehrcke plaadi dispersiooni piirkond ja lahutusvõime, kui lainepikkuse  $4861 \text{ \AA}$  piirkonnas  $\frac{dn}{d\lambda} = -9,6 \cdot 10^{-6} \text{ \AA}^{-1}$ . Plaadi muud andmed võtta ülesandest 0136.
0139. Arvutada Lummer-Gehrcke plaadi ( $n = 1,5$ ) minimaalne pikkus, mille korral oleks eristatav vesiniku joone  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ ) dubletne struktuur. Dubleti komponentide lainepikkuste vahe on  $1,4 \cdot 10^{-9}$  cm. Suurus  $\frac{dn}{d\lambda}$  jätta arvestamata.

#### XXIV. DIFRAKTSIOON. SPEKTRAALRIISTAD

0140. Arvutada  $m$ -nda Fresneli tsooni raadius, kui valgusallika ja tsoonplaadi vaheline kaugus on  $a$ ; plaadi ja vaatluskoha vaheline kaugus  $b$  ning kasutatava valguse lainepikkus  $\lambda$ . Arvutada esimese tsooni raadius, kui  $a = b = 10$  m;  $\lambda = 450$  nm.
0141. Arvutada  $m$ -nda Fresneli tsooni raadius, kui plaadile langeb tasalaine. Arvutada esimese tsooni raadius, kui  $b = 10$  m ja  $\lambda = 450$  nm.
0142. Esemega kaugus tsoonplaadist on  $3$  m, kuna kujutis tekib  $2$  m kaugusel plaadist. Kus kohal tekib valgusallika kujutis siis, kui valgusallikas asetseb lõpmatutes?
0143. Arvutada tsoonplaadi fookuskaugus  $f$  valguse lainepikkuse  $500$  nm jaoks, kui plaadi viienda rõnga raadius

on 1,5 mm. Arvutada selle plaadi esimese rõnga raadius.

0144. Punktvalgusallikas asetseb ümmargusest avast kaugusel  $a$ , kuna ekraani kaugus avast on  $b$ . Milliste raadiuse  $r$  väärtuste korral ekraanil saadava difraktsioonipildi tsentris on hele täpp ja milliste  $r$  väärtuste korral tume täpp? Difraktsioonipildi tsenter asub valgusallikat ja diafragma tsentrit ühendaval sirgel. Kasutatava valguse lainepikkus on  $\lambda$ .
0145. Arvutada nurga  $\varphi$  väärtused, mille puhul Fraunhoferi difraktsiooni korral ühelt pilult esinevad maksimumid.
0146. Raudukujulisele avale, mille serva pikkus on 0,2 cm, langeb risti paralleelne valguskiirte kimp. Leida avakujutise mõõtmed ekraanil, mis asetseb avast 50 m kaugusel. Kujutise piiriks lugeda kõige enam kõrvalekaldundanud kiirte esimese miinimumi asukoht. Ava ja ekraani tasapinnad on teineteisega paralleelsed. Kasutatakse valget valgust.
0147. Difraktsioonivõrele, millel on  $N$  pilu, mille periood on  $d$  ja pilu laius  $b$ , langeb risti monokromaatne paralleelne valguskiirte kimp lainepikkusega  $\lambda$ . Leida difrageerunud valguse intensiivsuse nurkjaotus.
0148. Tuletada valem difraktsioonimaksimumide arvutamiseks, kui paralleelsed valguskiired langevad võrele kaldu (langemisnurk  $\varphi_0$ ). Millise kuju omandab tuletatud valem, kui  $d \gg n\lambda$ ?
0149. Röntgenikiired langevad võrele, mille periood on  $1 \mu\text{m}$ , nurga  $89^\circ 30'$  all. Teist järku spektrile vastab difraktsiooninurk  $89^\circ$ . Arvutada  $\lambda$ .
0150. Mitmendat järku spektri võime veel saada difraktsioonivõrega, mille periood on  $d$  ja kui kasutatava valguse lainepikkus on  $\lambda$ ?

0151. Difraktsioonivõrel on 500 joont/mm. Mitmendat järku spektrit on võimalik saada selle võrega, kui kasutada Na-leegi valgust?
0152. Difraktsioonivõrega saadakse Na-leegi valgusest kolmandat järku spekter nurga  $\varphi = 10^{\circ}11'$  juures. Määrata valguse lainepikkus juhul, kui teist järku spekter esineb nurga  $\varphi_1 = 6^{\circ}16'$  juures.
0153. Difraktsioonivõrel on 200 joont/mm. Kui suure nurga all peab asetsema goniomeetri pikksilm, et näha Fraunhoferi F-joone ( $\lambda = 486,1$  nm) esimest järku spektrit?
0154. Leida tingimus, mille korral m-nda difraktsioonimaksimumi intensiivsus on null, kui võre periood on d ja pilu laius b.
0155. Arvutada difraktsioonivõre nurkdispersioon ( $"/\text{\AA}$ ) esimest järku spektris, kui joonte arv ühe cm kohta on 3937. Arvutada sellise võrega varustatud spektrograafi lineaarne dispersioon, kui kaamera objektiivi fookuskaugus on 50 cm.
0156. Kui suur on Na-kollase dubleti joonte vaheline kaugus spektrogrammil, mis on saadud eelkirjeldatud spektrograafiga?
0157. Leida difraktsioonivõre nurkdispersiooni suurus, kui võrekonstant  $d = 5 \mu\text{m}$ ,  $\lambda = 500$  nm ja spektrijärk  $n = 3$ .
0158. Tasapinnalisele peegelvõrele langeb risti selle pinnaga Na-D joone valgus ( $\lambda = 589$  nm). Arvutada võre 1 mm kohta tulev joonte arv, kui teist järku spekter asub  $45^{\circ}$ -se nurga all normaali suhtes.
0159. Leida difraktsioonivõre korral peamaksimumi ja tema lähima miinimumi vaheline kaugus.
0160. Arvutada difraktsioonivõre minimaalne joonte arv, mille korral esimest järku spektris on eristatavad Na-D jooned.

0161. Arvutada difraktsioonivõre lahutusvõime esimest ja neljandat järku spektris, kui võre periood on  $2,5 \cdot 10^{-4}$  cm ja laius 3 cm.
0162. Spektrograafi kollimaatori pilu S asetseb läätses L, mille fookuskaugus on 20 cm, fookuses. Läätses läbinud valgus langeb difraktsioonivõrele, mis on risti läätses optilise teljega. Võre joonte arv  $N = 1000$ , periood  $d = 10^{-3}$  cm. Kui suur peab olema kollimaatori pilu laius  $x$ , et oleks täielikult kasutatud võre lahutusvõime lainepikkuse  $\lambda = 500$  nm ümbruses?
0163. Tõestada, et  $\frac{d^2 D}{d\gamma^2} = 0$ .  $D$  on kaldemiinimumi nurk ja  $\gamma$  murdumisnurk.
0164. Kaldemiinimumi asendis olevale prismale langeb kaks paralleelset, kuid erineva lainepikkusega valguskiirt. Esimesele kiirele vastab prisma murdumisnäitaja 1,500, teisele - 1,501. Kasutades prisma nurkdispersiooni avaldist, arvutada prismast väljunud kiirte vaheline nurk, kui prisma murdva nurga suurus on  $60^\circ$ .
0165. Arvutada kaldemiinimumi nurga suurus Na-D joonele vastava lainepikkuse korral, kui prisma murdev nurk on  $60^\circ$ . Prisma aine murdumisnäitaja  $n_D = 1,62$ .
0166. Valguskiir murdub prismasse, olles prisma servaga risti asetsevas tasapinnas. Tõestada, et kui prisma suhteline murdumisnäitaja  $n > 1$  ja kui langemisnurk jääb konstantseks, siis prisma murdva nurga suurenemisel suureneb prismat läbinud kiire kõrvalekalle. Tõestada veel, et eespool toodud tingimustel maksimaalne prisma murdev nurk, mille korral kiir võib veel väljuda prismast, on määratud järgmise seosega
- $$A = \arcsin \frac{\sin \alpha}{n} + \arcsin \frac{1}{n}.$$
0167. Arvutada prisma kaldemiinimumile vastava nurga suurus väga väikese murdva nurga A korral. Lõpptulemuses arvestada kolmandat järku väikesi suurusi A suhtes.

0168. Kvartsist on valmistatud  $60^\circ$ -se murdva nurgega prisma. Arvutada selle prisma nurkdispersioon ( $"/\text{\AA}$ ) alljärgnevate spektrilõikude jaoks. Murdumisnäitaja sõltuvus lainepikkusest on toodud tabelis.

Vahe- mik	1	2	3	4	5	6	
$\text{\AA}$	7685	5893	4861	4100	3034	2537	1988
n	1,5391	1,5442	1,5497	1,5565	1,5770	1,5963	1,6509

0169. Arvutada spektrograafi joondispersioon ( $\text{mm}/\text{\AA}$ ), kui spektrograafis kasutada prismana eelmises ülesandes kirjeldatud kvartsprismat. Kaamera objektiivi fookuskaugus on 50 cm.
0170. Kui suur peab olema spektraalaparaadi lahutusvõime, et eristada Na D-joone komponente ( $\lambda_1 = 5890 \text{\AA}$ ,  $\lambda_2 = 5896 \text{\AA}$ )?
0171. Arvutada klaasist prisma aluse minimaalne laius, mille korral oleksid eristatavad Na D-joone komponendid. Klaasi dispersioon D-joone ümbruses on  $956 \text{ cm}^{-1}$ .
0172. Spektrograafi klaasprisma aluse laius  $a = 10 \text{ cm}$  ning murdev nurk  $A = 60^\circ$ . Prisma asetseb kaldemiinimumi asendis lainepikkuse  $\lambda = 500 \text{ nm}$  jaoks. Prisma aine murdumisnäitaja  $n = 1,73$ , kollimaatori objektiivi fookuskaugus  $f = 25 \text{ cm}$ . Kui suur peab olema kollimaatori pilu laius, et praktiliselt oleks võimalik kasutada prisma teoreetilist lahutusvõimet?
0173. Arvutada joonlõigu minimaalne pikkus Kuul ja Päikesel, et selle kujutis, mis on saadud 6-m läbimõõduga reflektoriga, erineks punkti kujutisest.
0174. Kui suur peab olema minimaalne kaugus kahe punkti vahel Marsi pinnal, et nende kujutised oleksid teleskoobis, mille diameeter on 60 cm, eristatavad ühe punkti kujutisest? Marsi kaugus Maast on suure vastuseisu ajal  $5,6 \cdot 10^7 \text{ km}$ .

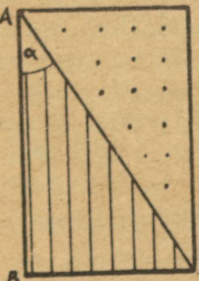
0175. Punktvalgusallikas asetseb kaugusel  $a$  pilust, mille laius on  $D$ . Pilust kaugusel  $b$  asetseb ekraan, mis on paralleelne pilu tasandiga. Sirge, mis ühendab valgusallikat pilu keskpunktiga, on risti ekraaniga. Leida kaugus  $x$  tsentraalse maksimumi ja esimese difraktsiooniminimumi vahel ekraanil, eeldades, et difraktsiooninurgad on väikesed. Leida nimetatud lahenduse kasutamise tingimus.
0176. Kujutise saamisel väikese ava abil tuleb arvestada, et liiga väikese ava korral moondub kujutis difraktsiooni tõttu; suure ava korral aga väheneb samuti kujutise teravus. Eeldusel, et kaugus  $a$  esemest avani ja avast kujutiseni  $b$  jääb muutmata, arvutada sobivaim ava suurus kujutise saamiseks. (Arvutamisel kasutada tingimust, et punkti kujutis, mis on saadud geomeetrilise optika reeglite kohaselt, ühtib suuruselt tsentraalse difraktsioonirõngaga.)
0177. Väikese avaga kaamerat, mille pikkus  $L = 10$  cm, kasutatakse kaugete esemete fotografeerimiseks. Arvutada kaamera ava diameetri  $D$  suurus, mille korral lahutusvõime oleks maksimaalne. Valguse lainepikkuseks võtta  $500$  nm.
0178. Põhimõtteliselt võib ehitada kuitahes suure lahutusvõimega teleskoobi, kui vaid objektiiv asendada sobiva suurusega ümmarguse avaga. Kui suur peaks olema sellise teleskoobi pikkus  $L$ , eeldades, et ta lahutusvõime on võrdne teleskoobi lahutusvõimega, mille objektiivi diameeter on  $1$  m? Arvutada selle teleskoobi valgusjõud.
0179. Galvanomeetri peeglikese läbimõõt  $d = 5$  mm. Kui kaugele galvanomeetrist võime veel paigutada skaala, et pikksilmega tehtavate lugemite täpsus oleks  $\Delta l = 0,5$  mm?
0180. Määrata minimaalne kaugus kahe punkti vahel, mis on eraldatavad mikroskoobis, kui 1) objektiivi apertuur-

arv  $A = 0,9$  ja 2) sama objektiivi korral, kuid objektiivi ja objektiivi vahel on immersioonvedelik, millel  $n = 1,6$ . Kasutatakse valgust lainepikkusega  $\lambda = 550$  nm.

0181. 1. Mitu korda suureneb mikroskoobi lahutusvõime, kui fotografeerimisel kasutada ultravioletset valgust ( $\lambda = 270$  nm) rohelise valguse asemel?  
2. Arvutada minimaalne kaugus kahe joone vahel, mille korral jooned oleksid veel eraldatavad, kui kasutada eelmises ülesandes kirjeldatud mikroskoopi immersioonvedelikuga ja ultravioletvalgust ( $\lambda = 270$  nm).
0182. Kui suur peab olema mikroskoobi suurendus, et objektiivi lahutusvõime oleks täielikult kasutatud?
0183. 1. Arvutada adapteeritud silma (silmaava diameeter 4 mm) lahutusvõime, kui valgustamiseks kasutatava valguse keskmine lainepikkus on 550 nm.  
2. Arvutada kahe joone vaheline minimaalne kaugus, kui leht joontega asetseb parima nähtavuse kaugusel silmast.
0184. Kui suur peab olema pikksilma suurendus, et oleks täielikult kasutatud objektiivi lahutusvõime?
0185. 1. Arvutada pikksilmaga saadava difraktsioonipildi esimese tumeda rõnga nurkraadius, kui objektiivi diameeter on 5 cm.  
2. Millise suurenduse korral on täielikult kasutatud selle pikksilma lahutusvõime? Silmaava diameetrik võtta 5 mm.
0186. Päikese ja Galaktika raadiokiirguse uurimiseks kasutatakse raadioteleskoobe, kuid nende lahutusvõime on väike, kuna kasutatakse suhteliselt pikalainelist kiirgust. Arvutada minimaalne eraldatav nurkkaugus  $\delta\varphi$ , kui raadioteleskoobi peegli läbimõõt  $d = 50$  m ja kasutatakse lainepikkusi 1 m ning 10 cm.

XXV. POLARISATSIOON

0187. Kiire murdumisnurk vedelikus on  $35^\circ$ . Arvutada selle vedeliku murdumisnäitaja, kui peegeldunud kiir on täielikult polariseeritud.
0188. Veega täidetud klaasanumas kulgev valguskiir peegeldub anuma seinalt. Millise langemisnurga  $\alpha$  puhul peegeldunud kiir on täielikult polariseeritud? Klaasi murdumisnäitaja on 1,53.
0189. 1. Leida nurk, mille korral klaasilt ( $n = 1,5$ ) peegeldunud valgus oleks täielikult polariseeritud.  
 2. Leida murdunud valguse polarisatsiooniasete  $\Delta = \frac{I_r - I_p}{I_r + I_p}$ , kui valgus langeb eespool märgitud nurga all.  
 Langev valgus on loomulik.
0190. Arvutada klaasplaati läbinud valguse polarisatsiooniasete, kui langemisnurk on  $20^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  ja  $80^\circ$ . Klaasi murdumisnäitaja  $n = 1,5$  ja langev valgus on loomulik.
0191. Arvutada klaasi pinnalt peegeldunud valguse polarisatsiooniasete, kui langemisnurk on  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $56^\circ 51'$  ja  $90^\circ$  (klaasi murdumisnäitaja  $n = 1,53$ ). Langev valgus on loomulik.
0192. Kahe Nicol'i prisma peatasandi vaheline nurk on  $30^\circ$ . Kuidas muutub nikoleid läbinud valguse intensiivsus, kui peatasandid moodustavad  $45^\circ$ -se nurga?

0193. A  Wollastone'i prisma on valmistatud islandi paost ( $n_o = 1,658$ ,  $n_e = 1,486$ ). Nurk  $\alpha = 15^\circ$  (vt. joon. 0-10). Arvutada nurk prismast väljunud tavalise ja ebatavalise kiire vahel.

Joon. 0-10.

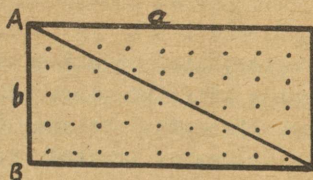
0194. Paralleelne valguskiirte kimp langeb risti islandi paost väljalõigatud plaadile. Plaat on välja lõigatud paralleelselt optilise teljega ja on 0,03 mm paks. Arvutada plaati läbinud tavalise ja ebatavalise kiire käiguvahe, kui  $n_o = 1,658$  ja  $n_e = 1,486$ .
0195. Lineaarselt polariseeritud valguskiir läbib kristallplaadi, mille üks peasuund moodustab polarisaatori peatasandiga nurga  $\varphi$ . Plaadi poolt tekitatud faasivahe olgu  $\delta$ . Leida 1) polarisatsiooniellipsi pooltelgede suhe; 2) nurk plaadi peasuuna ja ellipsi pooltelgede vahel.
0196. Kahele tumedale ribale (kompensaatori poolt tekitatud käiguvahed  $+2\lambda$  ja  $-2\lambda$ ) vastavad Babinet' kompensaatori (niikolid asetsevad risti) lugemid 7,34 ja 27,20. Kasutatakse valgust lainepikkusega 5893 Å. Millistele kompensaatori lugemeile vastavad tumedad ribad siis, kui kasutada valgust lainepikkusega 6708 Å?
0197. Na-lambist saadava valguse kasutamisel on Babinet' kompensaatori lugemid esimeste tumedate ribade puhul 14,73 ja 19,68. Leida Babinet' kompensaatori lugemid esimeste tumedate ribade korral, kui kasutatakse valgust lainepikkusega 546,1 nm.
0198. Kvartsplaat paksusega 3 mm on lõigatud kristallist välja paralleelselt optilise teljega. Plaadile langeb risti pinnaga lineaarselt polariseeritud valge valgus, kusjuures elektrivektori võnkumistasapind moodustab  $45^\circ$ -se nurga plaadi teljega. Plaadist väljunud valgus läbib analüsaatori (niikol), mis on risti polarisaatoriga ja langeb siis spektroskoobi pilule. Mitu tumedat riba on spektris lainepikkuste  $\lambda_D = 5890$  Å ja  $\lambda_F = 4860$  Å vahel, kui nendele lainepikkustele vastavate murdumisnäitajate väärtused on järgmised:

	$n_o$	$n_e$
$\lambda_D$	1,5442	1,5533
$\lambda_F$	1,5497	1,5589

0199. Arvutada vilgukivist plaadi minimaalne paksus  $d$ , mille korral seda võiks kasutada veerandlainne plaadina  $N$ -valguse korral. Murdumisnäitajate väärtused on  $n_1 = 1,5941$  ja  $n_2 = 1,5887$ .
0200. Kvartsist plaadile, mis on kristallist välja lõigatud paralleelselt optilise teljega, langeb lineaarselt polariseeritud valgus. Arvutada selle plaadi minimaalne paksus, mille korral plaadist väljunud kiir oleks ringpolariseeritud ( $n_e = 1,5533$ ,  $n_o = 1,5442$ ,  $\lambda = 5 \cdot 10^{-5} \text{cm}$ ).
0201. Leida kahte niikolit ja nende vahele paigutatud kristallplaati läbinud valguse intensiivsus, kui niikolite peafasandid moodustavad plaadi ühe peasuunaga nurgad suurusega  $\alpha$  ja  $\beta$ .
0202. Üheteljelisest kristallist paralleelselt selle optilise teljega on välja lõigatud plaat. Plaadi pinnale langeb risti ringpolariseeritud valgus. Plaadist väljunud valgus läbib analüsaatori. Arvutada analüsaatorit läbinud valguse intensiivsus, kui analüsaatori peatasand moodustab plaadi ühe peasuunaga nurga  $\alpha$ . Milline peab olema  $\alpha$  väärtus, et saada maksimaalset ja minimaalset intensiivsust?
0203. Ristuvate niikolite vahele on paigutatud kristallplaat, mis tekitab käiguvahe  $6500 \text{ \AA}$ . Milline on plaadi värvus, kui esimesele niikolile langeb polükromaatne valgus?
0204. Ristuvate niikolite vahele on asetatud kvartsplaat, mis on välja lõigatud paralleelselt optilise teljega. Plaadi optilise telje ja niikolite peasuundade vaheline nurk on  $45^\circ$ . Arvutada plaadi minimaalne paksus, mille korral üks vesiniku joontest  $\lambda_{10} = 6563 \text{ \AA}$  oleks nõrgendatud, kuna teine  $\lambda_2 = 4102 \text{ \AA}$  omaks maksimaalse intensiivsuse ( $\Delta n = 0,009$ ).
0205. Millise nurga  $\alpha$  all Nicoli prisma pikema servaga tuleb lihvida selle alus, et ainult ebatavaline kiir läbib prisma, olles seejuures paralleelne prisma serva-

ga. Sel juhul on tavalise kiire langemisnurk Kanada palsami kihile  $1^{\circ}45'$  võrra suurem täieliku sisepeegelduse piirnergast. Määrata prisma pikkuse  $a$  ja paksuse  $b$  suhe antud tingimustel. ( $n_o = 1,658$ ;  $n_e = 1,516$ ;  $n = 1,540$ .)

0206. Polarisatsiooniprismaks on islandi paost väljalõigatud täisnurkne prisma, kusjuures optiline telg on paralleelne diagonaalpinnaga (risti joon. 0-11 tasapinnaga). Kleepainena kasutatakse kas Kanada palsamit ( $n = 1,54$ ) või linaseemneõli ( $n = 1,494$ ). Arvutada mõlema juhu jaoks sobivaim apertuur ( $2\alpha$ ) ning prisma pikkuse  $a$  ja laiuse  $b$  suhe.



Joon. 0-11.

0207. Lahendada eelmine ülesanne eeldusel, et kleepaine kihi asemel prismade vahel on õhk.
0208. Osaliselt polariseeritud valgust vaadatakse läbi niikoli. Niikoli pööramine  $60^{\circ}$  võrra asendist, mis vastab maksimaalsele heledusele, põhjustab valguse intensiivsuse vähenemise kaks korda. Arvutada niikolile langeva valguse polarisatsiooniaseme 
$$\Delta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$
0209. Ühe millimeetri paksune kvartsplaat on kristallist välja lõigatud risti optilise teljega ja asetatud paralleelsete niikolite vahele. Mingi lainepikkuse jaoks on polarisatsioonitasapinna pöördenurga suurus  $20^{\circ}$ . Kui suur peab olema plaadi paksus, et antud lainepikkusega valgus oleks täielikult kustutatud?
0210. Kvartsplaati, mis on välja lõigatud risti optilise teljega, iseloomustavad kollases spektri osas järgmised

väärtuse:

$\lambda$	$\alpha$
5269 Å	27,543 kraad·mm <sup>-1</sup>
5895 Å	21,684 kraad·mm <sup>-1</sup> .

Kitsas spektriipiirkonnas väljendub  $\alpha$  sõltuvus  $\lambda$  -st seosega  $\alpha = A + \frac{B}{\lambda^2}$ , kus A ja B on konstandid. Arvutada kvartspilaadi minimaalne paksus d, kui ristuvate niikolite vahele paigutatud plaadi korral üks naatriumi joontest kustub täielikult, kuna teise intensiivsus kahaneb poole võrra ( $\lambda_1 = 5889,953$  Å,  $\lambda_2 = 5895,923$  Å).

0211. Kui suur on minimaalne murdumisnäitajate erinevus  $\Delta n$ , mida võib avastada parem- ja vasakpoolset ringpolariseeritud valguskiirte ( $\lambda = 5893$  Å) vahel, kui valgus läbib aine kihi paksusega 30 cm? Polariseerimisapina pöördenurga mõõtmise täpsus on 1°.
0212. Kui suur on parem- ja vasakpoolset ringpolariseeritud valguskiirte ( $\lambda = 5893$  Å) murdumisnäitajate erinevus  $\Delta n$ , kui valgus läbib kvartspilaadi, mille kohta on teada, et antud lainepikkusele vastav eripöörang  $\alpha = 21,7$  kraadi millimeetri kohta?
0213. Verdet' konstandi väärtus  $CS_2$  korral (0°C ja  $\lambda = 589$  nm) on  $5,47 \cdot 10^{-4} \frac{\text{minut}^2}{\text{A/m} \cdot \text{cm}}$ . Leida nurk, mille võrra pöördub võnkumistasand, kui valgus läbib 1 cm paksuse  $CS_2$  kihi, mis asetseb magnetväljas tugevusega  $10^6$  A/m.
0214. Arvutada raua Verdet' konstandi väärtus, kui raua kiht paksusega  $10^{-3}$  cm pöörab võnkumistasapinda 130° võrra. Kiht asetseb magnetväljas tugevusega  $10^6$  A/m ja kasutatava valguse lainepikkus on 589 nm.
0215. Avaldada Verdet' konstant parem- ja vasakpoolset ringpolariseeritud valguse murdumisnäitajate  $n_-$  ja  $n_+$  kaudu.
0216. Kerri efekt tekib nitrobensoolis, kus väljatugevus on 3000 V/cm. Arvutada vahe  $n_o - n_e$ , kui Kerri konstandi

väärtus on  $220 \cdot 10^{-4} \text{ s}^2/\text{kg}$  (temperatuuril  $20^\circ\text{C}$  ja  $\lambda = 589 \text{ nm}$ ).

0217. Määrata eelmises ülesandes toodud tingimustel piki ja risti välja polariseeritud valguslainete faaside vahe  $\delta$ , kui kondensaatori plaatide pikkus on  $4 \text{ cm}$ .
0218. Kui suur peaks olema eelmises ülesandes toodud tingimustel väljatugevus, et  $\delta = \frac{\pi}{2}$  ?

#### XXVI. VALGUSE RÕHK. DOPPLERI EFEKT

0219. Lähtudes eeldusest, et valgus koosneb footoneist, kusjuures iga footoni impulss on  $h\nu/c$ , arvutada valguse rõhk  $P$  tasapinnalisele peeglile. Peegli peegelduskoeffitsient on  $r$ , footonite langemisnurk  $\varphi$ . Arvutada samuti tangentsiaalse jõu  $T$  suurus, mis mõjub peegli ühele  $\text{cm}^2$ -le.
0220. Tõestada, et valguse langemisel risti ideaalselt peegeldavale pinnale on valguse rõhk  $2u$  ja langemisel absoluutselt mustale pinnale  $u$ . ( $u$  on valguse energia tihedus.)
0221. Arvutada valguse rõhu suurus  $1 \text{ m}^2$  suurusel maapinnatükile, kui see tükk on risti langeva kiirgusega. Solaarkonstant on võrdne  $2 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ . Maa pind lugeda absoluutselt mustaks.
0222. Tasapinnaline valguslaine langeb kerale, mille mõõtmed on suured, võrreldes valguse lainepikkusega. Eeldades, et kera pind on 1) absoluutselt must, 2) absoluutselt peegeldav, arvutada valguse rõhu suurus kerale.
0223. Arvutada valguse rõhust tingitud jõu  $F_1$  suurus, mis mõjub Maale, eeldades, et see on absoluutselt must. Arvutada jõu  $F_1$  ja Maa ning Päikese vahel mõjuva gravitatsioonijõu  $F_2$  suhe.

0224. Väljendada grupikiirus u faasikiiruse v ja  $\frac{dn}{d\lambda}$  kaudu.

0225. Arvutada grupikiirus alljärgnevate juhtude jaoks (v - faasikiirus):

1)  $v = a$  ( $a = \text{const}$ ) - näit. häälelained õhus;

2)  $v = a\sqrt{\lambda}$  - lained veepinnal;

3)  $v = \frac{a}{\sqrt{\lambda}}$  - kapillaarlained;

4)  $v = \frac{a}{\lambda}$  - varda ristvõnkumised;

5)  $v = \sqrt{c^2 + b^2\lambda^2}$  - elektromagnetilised lained ionosfääris;

6)  $v = \frac{c\omega}{\sqrt{\omega^2\epsilon\mu - c^2\alpha^2}}$  - elektromagnetilised lained

lainejuhis, mis on täidetud keskkonnaga, mille dielektriline läbitavus on  $\epsilon(\omega)$  ja magnetiline läbitavus  $\mu(\omega)$ .  $\alpha = \text{const}$ .

0226. Sirge lainejuht on täidetud mittemagnetilise keskkonnaga, mille dielektriline läbitavus  $\epsilon = \epsilon(\omega)$ . Lei-  
da funktsiooni  $\epsilon(\omega)$  kuju, mille korral  $vu = c^2$ .  
(Vt. eelmine ülesanne.)

0227. Leida Doppleri valem juhul, kui valgusallika liikumise suuna ja vastuvõtja vaheline nurk on  $\vartheta$ .

0228. Michelson mõotis pöörleva peegli meetodil valguse kiiruse väävelsüsinikus. Väävelsüsiniku murdumisnäitaja  $n = 1,64$ , kuna suuruse  $1 + \frac{\lambda}{n} \frac{dn}{d\lambda}$  väärtus on 0,93. Arvutada c ja Michelsoni poolt mõõdetud kiiruse suhe.

0229. Arvutada vesiniku joone  $H\beta$  ( $\lambda = 4861 \text{ \AA}$ ) Doppleri nihke suurus, kui kiirgavad vesiniku aatomid liiguvad keskmise kiirusega  $v = 1,3 \cdot 10^8 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Vaatlusi tehakse aatomite liikumise sihis.

0230. Kui suur on eelmises ülesandes esitatud tingimustel Doppleri nihke suurus  $\delta\lambda$ , kui vaatlusi teha risti aatomite liikumise suunaga?

0231. Arvutada vesiniku joone  $H_{\beta}$  maksimaalne Doppleri nihe  $\delta\lambda$ , kui kiirgavate vesiniku aatomite kineetiline energia on  $4 \cdot 10^6$  eV.
0232. Kuidas liigub Maa suhtes udukogu, kui on teada, et vesiniku joon  $H_{\gamma}$  ( $\lambda = 4340 \text{ \AA}$ ) selle udukogu spektris on nihkunud  $20 \text{ \AA}$  võrra punase spektri osa poole.
0233. Ühe Fraunhoferi joone lainepikkus Päikese spektris on  $5900 \text{ \AA}$ , kui vaatlusi teha Päikese pooluse lähikonnast pärinevas valguses. Kui sama joone lainepikkus mõõdeti Päikese ekvaatorilt ketta äärelt pärinevas valguses, avastati, et see on nihkunud  $0,04 \text{ \AA}$  võrra. Arvutada Päikese ekvaatori liikumise joonkiirus.
0234. Arvutada Maa orbiidi tasapinnas oleva tähe poolt kiiratud roheline spektrijoone ( $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ ) nihke maksimaalne suurus.
0235. Leida potentsiaali langus heeliumiga täidetud gaaslahendustorus katoodi lähedal, kui lainepikkusele  $\lambda = 5016 \text{ \AA}$  vastav Doppleri nihe on  $5 \text{ \AA}$ . Vaatesuund moodustab  $135^{\circ}$ -se nurga kiirgavate kanalkeerde liikumise suunaga.

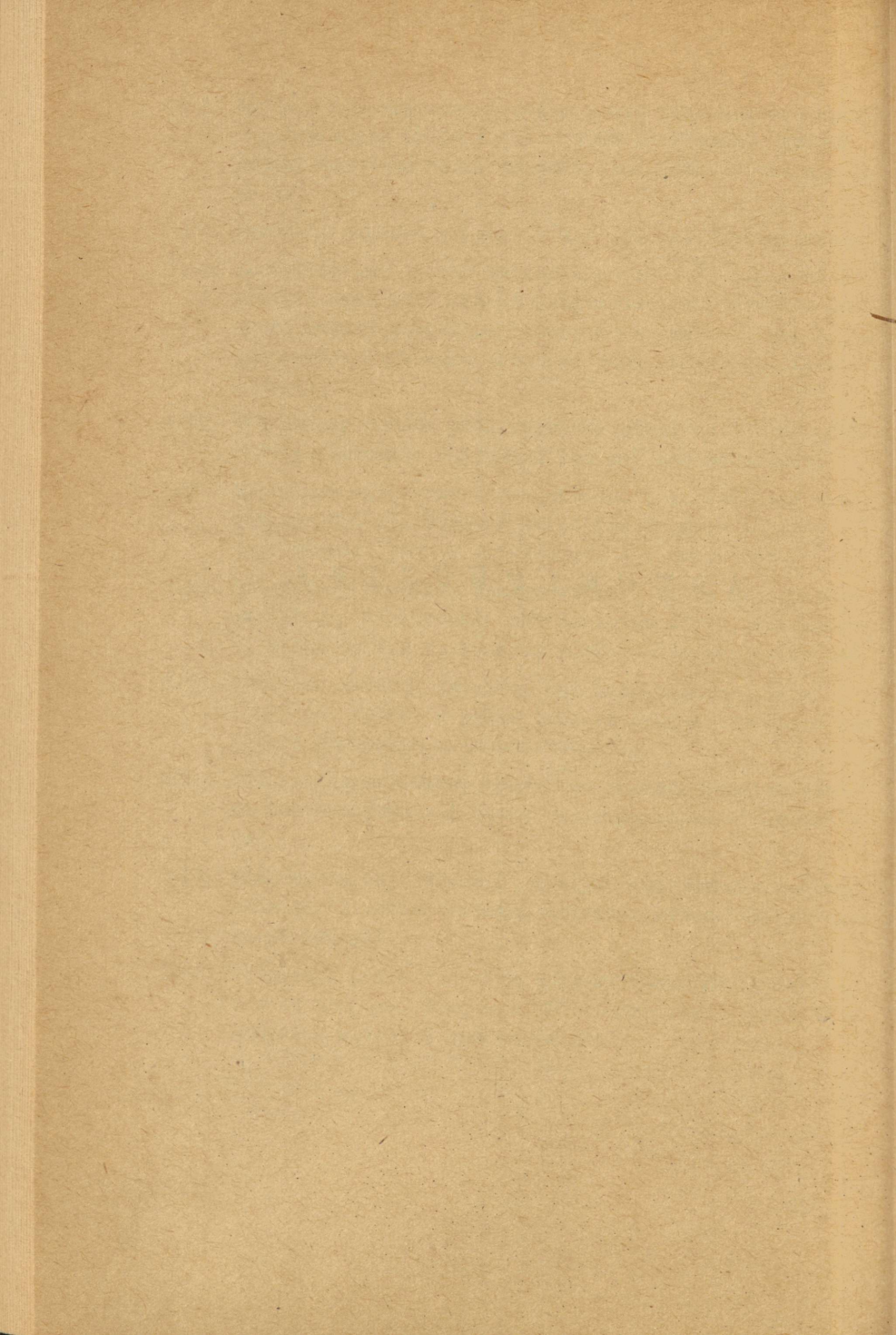
#### XXVII. SOOJUSKIIRGUS. FOTOEFEKT

0236. Absoluutselt musta keha kiirgusspektris maksimaalne energiatihedus vastab lainepikkusele  $722 \text{ nm}$ . Keha pindala on  $4 \text{ cm}^2$ . Arvutada selle keha kiirguse võimsus.
0237. Absoluutselt musta keha kiirguse maksimum langeb lainepikkusele  $1 \text{ \mu m}$ . Millisele lainepikkusele ta nihkub, kui keha jahtumise tõttu summaarse kiirguse võimsus väheneb neli korda?
0238. Absoluutselt musta keha kuumutamisel tema kiirgusvõime maksimum nihkub lainepikkuselt  $7600 \text{ \AA}$  lainepikkusele  $3800 \text{ \AA}$ . Kuidas muutub seejuures keha maksimaalne kiirgusvõime?

0239. Päikese pinna temperatuur on  $6000^{\circ}\text{K}$ . Oletades, et Päike on absoluutselt must keha, arvutada Stefani-Boltzmanni seaduses esineva konstandi  $\sigma$  suurus. (Solaarkonstandi väärtus on  $2 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$ .)
0240. Musta õhukeseseinalisse metallist kuupi on valatud 1 kg vett, mille temperatuur on  $50^{\circ}\text{C}$ . Kuup asetseb teises mustas anum, mille seinete temperatuur hoitakse absoluutse nulli lähedal. Kui pika aja möödumisel jahtub kuubis olev vesi 40 kraadi võrra?
0241. Lähtudes Plancki valemist määrata Stefani-Boltzmanni valemis ja Wieneri nihkeseaduses esinevate konstantide väärtused universaalsete konstantide ( $h$ ,  $k$ ,  $c$ ) kaudu.
0242. Arvutada Päikese pinna temperatuur, kui on teada, et intensiivsuse maksimum Päikese spektris asub lainepikkuse  $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$  cm kohal. Päike lugeda absoluutselt mustaks kehaks.
0243. Arvutada lainepikkus, mis vastab absoluutselt musta keha kiirgusspektri maksimumile, kui kiirgava keha temperatuur on  $10^6$  kraadi.
0244. Leida elektriline võimsus, mis on tarvis 1-mm diameetriga ja 20 cm pikkuse hõõgniidi kuumutamiseks  $3500^{\circ}\text{K}$  juures. Soojusjuhtivusest tingitud soojuskadu jätta arvestamata. Niidi kiirgus allub Stefani-Boltzmanni seadusele.
0245. Kui volframist hõõgniidi temperatuur on  $3500^{\circ}\text{K}$ , siis  $\vartheta_T = 0,35$ . Leida niidi kiirgustemperatuur.
0246. Wieneri empiirilise valemi järgi energia jaotus musta keha spektris on järgmine:
- $$\mathcal{E}(\lambda, T) = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}},$$
- kus  $C_1$  ja  $C_2$  on konstandid. Lähtudes sellest valemist tuletada Wieneri nihkeseadus ja arvutada nihkeseaduses esineva konstandi suurus ( $C_2 = 1,4388$  cm·deg).

0247. Millise temperatuurini võime musta keha nähtava spektri piirkonnas ( $7500 \text{ \AA} > \lambda > 4000 \text{ \AA}$ ) Plancki valemi asemel kasutada Wieni valemit, kui lubatud vea suurus on 1%?
0248. Arvutada nähtava valguse ( $\lambda = 500 \text{ nm}$ ) footoni mass.
0249. Röntgenikvant, mille lainepikkus on  $1 \text{ \AA}$ , hajub elektronilt, mida võib pidada paigalolevaks. Arvutada hajunud kvandi suhteline lainepikkuse muutus, kui hajunud kvandi liikumise suund on vastupidine esialgsele suunale.
0250. Fotoefekti punane piir liitiumi puhul on  $510 \text{ nm}$ . Määrata elektronide väljumise töö sellest metallist.
0251. Metallist väljuvate fotoelektronide kineetiline energia on  $1000 \text{ eV}$ . Määrata metallile langeva valguse lainepikkus, jättes arvestamata väljumise töö.
0252. Platinast plaadile langeb valgus, mille lainepikkus on  $150 \text{ nm}$ . Elektronide emiteerimine lõpeb, kui katoodi pinge on  $1,7 \text{ V}$ . Määrata elektronide väljumise töö.
0253. Arvutada footoni impulss, kui lainepikkus  $\lambda = 500 \text{ nm}$ . Võrrelda selle impulsi suurust vesiniku molekuli impulsiiga toatemperatuuril.
0254. Millise lainepikkuse korral on footoni impulss võrdne toatemperatuuril oleva vesiniku molekuli impulsiiga?
0255. Mitu korda on footoni ( $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ ) energia toatemperatuuril oleva vesiniku molekuli kineetilisest energiast suurem?
0256. Hõõglambi poolt kiiratud valguse keskmine lainepikkus on  $1200 \text{ nm}$ . Arvutada 200-vatise lambi poolt ühes sekundis kiiratud footonite arv.

A A T O M I F Ü Ü S I K A



## XXVIII. PLANETAARNE AATOMIMUDEL JA BOHRI TEORIA

A1. Toimugu tsentraalne "põrge" paigaloleva uraani aatomi tuuma ja prootoni vahel, mille kiirus tuumast kaugel olles on  $4,5 \cdot 10^7$  m/s. Millise kauguseni suudab prooton tuumale läheneda?

A2. Näidata, et kahest masspunktist koosneva süsteemi suhtelise liikumise kineetiline energia avaldub valemiga

$$T = \frac{1}{2} Mv^2,$$

kus  $M$  on süsteemi taandatud mass ja  $v$  - masspunktide suhtelise liikumise kiirus.

A3. Minimaalne kaugus, milleni lähenevad tsentraalsel "põrkel" tuumad  ${}^1_1\text{H}^2$  ja  ${}^7_3\text{Li}$ , on  $10^{-11}$  cm. Leida "põrkivate" tuumade suhteline kiirus siis, kui nendevaheline kaugus on lõpmatult suur.

A4. 5-MeV kineetilise energiaga (lõpmatuses)  $\alpha$ -osake, "põrkudes" paigaloleva kulla aatomi tuumaga, kaldub kõrvale nii, et tema kiiruse komponent, mis on risti esialgse liikumise sihiga, on tuumast lõpmata kaugel olles  $1,2 \cdot 10^7$  m/s. Leida "põrkeparameeter".

A5. 6-MeV energiaga prooton "põrkub" paigaloleva kulla aatomi tuumaga, omades "põrkeparameetrit"  $10^{-14}$  m. Leida pärast hajumist prootoni kiiruse komponent, mis on paralleelne tema esialgse liikumise sihiga siis, kui ta on tuumast lõpmata kaugel.

A6. Kuldehekesele paksusega  $1 \mu\text{m}$  langeb risti kitsas 3-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste voog intensiivsusega  $5 \cdot 10^3$  osakest sekundis. Mitu hajunud  $\alpha$ -osakest registreeriti 5 minuti jooksul hajumisnurkade intervallis  $59^\circ$  ja  $61^\circ$  vahel?

- A7. Milline on  $\alpha$ -osakeste kineetiline energia, kui on teada, et  $10^{-4}$  osa neist hajutatakse 1  $\mu\text{m}$  paksusega kuldlehekese poolt viimasele risti langemisel hajumisnurkade all, mis ületavad  $90^\circ$ ?
- A8. 3-MV pingel abil kiirendatud  $\alpha$ -osakeste voog suunatakse hõbelehekesele masspaksusega  $\rho d = 0,1 \text{ mg/cm}^2$  nii, et nurk lehekese pinna normaali ja  $\alpha$ -osakeste liikumissuuna vahel on  $60^\circ$ . 1%  $\alpha$ -osakestest hajub hajumisnurkade vahemikus ( $\Theta_0, \pi$ ). Leida nurk  $\Theta_0$ .
- A9. Valgevasest lehekest, mille masspaksus  $\rho d = 1,5 \text{ mg/cm}^2$ , pommitatakse kitsa prootonite kimbuga, mis on suunatud risti lehekesega. Prootoni energia on 1 MeV. Leida nende prootonite suhteline hulk, mis hajuvad  $30^\circ$  suurema nurga all, teades, et valgevase kaaluline koostis on: vaske 70%, tsinki 30%.
- A10. Leida hajunud  $\alpha$ -osakeste suhteliste hulkade suhe võrdse masspaksusega valgevask- ja kroomallehekese jaoks ühesuguse kineetilise energia ja hajumisnurkade vahemiku eeldusel. Valgevase ja kroomali kaalulised koostised on vastavalt: Cu - 70%, Zn - 30% ja Fe - 65%, Cr - 30%, Al - 5%.
- A11. Kuldleheke hajutab teatud hajumisnurkade vahemikku  $10^{-4}$  osa temale risti pealelangevatelt  $\alpha$ -osakestest. Milline osa sama kineetilise energiaga  $\alpha$ -osakestest hajutatakse samasse hajumisnurkade vahemikku hõbelehekese poolt, mis on 2 korda paksem kui kuldleheke ja millele  $\alpha$ -osakesed langevad samuti risti?
- A12. Masspaksust  $\rho d = 1,05 \text{ mg/cm}^2$  omavale hõbelehekesele langeb risti kitsas 4,2-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste kimp. Pärast hajumist hõbelehekesele satub loendajasse osa  $\eta = 2,51 \cdot 10^{-5}$  pealelangevaist  $\alpha$ -osakestest. Loendaja parameetrid on: registreeriva ava pindala  $S = 0,6 \text{ cm}^2$ , kaugus lehekese hajutavast osast  $L = 10 \text{ cm}$ , loendaja registreerib  $\alpha$ -osakesi, mille hajumisnurk  $\Theta = 20^\circ$ . Arvutada nendest andmetest hõbeda aatomi tuuma laeng.

- A13. Arvutada Bohri järgi vesiniku aatomi elektroni teise orbiidi raadius ning tema kiirus ja kiirendus sellel orbiidil.
- A14. Arvutada Bohri järgi tuuma poolt tekitatud elektriväljatugevus Li III 3. orbiidil.
- A15. Tuletada valem elektroni tiirlemissageduse arvutamiseks vesiniku aatomi  $n$ -dal orbiidil (Bohri järgi).
- A16. Kui suur on voolutugevus, mis vastab elektroni liikumisele 5. orbiidil vesiniku aatomis (Bohri järgi)?
- A17. Olgu vesiniku aatomis  $\nu_n$  - elektroni tiirlemissagedus  $n$ -ndal orbiidil (Bohri järgi) ja  $\nu_{n,n+1}$  - elektroni siirdel  $(n+1)$ -lt orbiidilt  $n$ -ndale orbiidile kiirgunud kvandi sagedus. Näidata, et kehtib võrratus:
- $$\nu_n > \nu_{n,n+1} > \nu_{n+1}.$$
- A18.  $4870\text{-}\overset{\circ}{\text{A}}$  lainepikkusega footoni kiirgamise tulemusena jõudis elektron vesiniku aatomis 2. orbiidile (Bohri järgi). Leida elektroni algorbiidi raadius.
- A19. Leida Bohri järgi vesiniku aatomi ergastatud seisundit kirjeldav kvantarv, teades, et üleminekul põhiseisundisest ta kiirgas järjestikku 2 footonit lainepikkustega  $12818\ \overset{\circ}{\text{A}}$  ja  $1025,7\ \overset{\circ}{\text{A}}$ .
- A20. On teada Balmeri seeria kahe joone lainepikkused:  $4861\ \overset{\circ}{\text{A}}$  ja  $4102\ \overset{\circ}{\text{A}}$ . Arvutada, millisesse seeriasse kuulub joon, mille lainearv on eeltoodud joonte lainearvude vahe.
- A21. Leida Lymani ja Balmeri seerias suurima lainepikkusega jooned. Millisesse seeriasse kuulub spektrijoon, mille lainearv võrdub eespool mainitud spektrijoonte lainearvude summaga?
- A22. Leida Lymani seerias lühima ja pikima lainepikkuse aritmeetiline keskmine. Kas sellise lainepikkusega joon eksteerib Lymani seerias?

- A23. Belmine ülesanne, kuid geomeetrilise keskmise jaoks.
- A24. Arvutada vesiniku aatomis (Bohri järgi) elektroni kineetilise energia muutus pärast  $H_{\alpha}$ -joonele vastava footoni kiirgamist.
- A25. Millise kiirusega liiguvad vesiniku aatomid, kui nende liikumissuunaga  $45^{\circ}$  all vaadeldes on  $L_{\alpha}$ -joone lainepikkuse nihe  $2 \text{ \AA}$  ?
- A26. Anumas on vesinik, mille aatomid on ergastatud välise mõjutuse poolt n-nda energianivooni. Mitme spektrijoone kiirgumine on võimalik?
- A27. Atomaarne vesinik, mis on ergastatud teatud välise mõjustuse poolt, kiirgab ainult 6 spektrijoont. Arvutada nende joonte lainearvude aritmeetiline keskmine.
- A28. Mitu korda suureneb vesiniku aatomis (Bohri järgi) elektroni orbiidi raadius, kui teda põhiseisundis ergastada footoniga, mille energia on  $12,75 \text{ eV}$ ?
- A29. Footon energiaga  $15 \text{ eV}$  eemaldab fotoelektroni vesiniku aatomist, mis on põhiseisundis. Millise kiirusega liigub elektron prootonist lõpmata kaugel olles?
- A30. Atomaarset vesinikku pommitatakse  $12,5\text{-eV}$  kineetilise energiaga elektronidega. Millised Lymani seeria jooned tekivad selle tulemusena? Leida nende lainepikkused.
- A31. Vesiniku spektri Lymani seerias on joon lainepikkusega  $1216 \text{ \AA}$ . Millised on He II elektroni alg- ja lõpporbiidi järjekorranumbrid sama lainepikkusega footoni kiirgamisel? Rydbergi konstandi sõltuvus tuuma massist jätta arvestamata.
- A32. Kahekordselt ioniseeritud liitiumi elektroni üleminekul kolmandalt orbiidilt teisele (Bohri järgi) tekkinud kvant ioniseerib vesiniku aatomi põhiseisundis. Leida elektroni kiirus, kui elektron asub prootonist lõpmata kaugel.

- A33. Prootoni ja elektroni massi suhe on 1836,1, deutroni ja prootoni massi suhe aga 1,997. Määrata raske vesiniku ja kerge vesiniku aatomi Rydbergi konstantide vahe.
- A34. Leida positrooniumi jaoks (Bohri järgi):  
 a) elektroni ja positroni vaheline kaugus põhiseisundis,  
 b) ionisatsioonipotentsiaal,  
 c) orbitaalne magnetmoment.
- A35. Kui palju muutub  $\mu$ -mesovesinikus müooni tiirlemisagedus (Bohri järgi) pärast resonantsjoone kiirgumist? Müooni mass on 207 korda elektroni massist suurem.
- A36.  $\mu$ -mesovesiniku  $H_{\alpha}$ -joonele vastav kvant eemaldab ionisatsiooni teel elektroni He II põhiseisundist. Millise kiirusega liigub elektron tuumast kaugel olles?
- A37. Arvutada Bohri järgi jõud, millega mõjustavad teineteist prooton ja müoon  $\mu$ -mesovesiniku väikseima er-gastusenergiaga seisundis.
- A38. Leida tritiumi ja kerge vesiniku ionisatsiooniennergiate vahe.
- A39. Määrata deuteeriumi ja tritiumi spektri resonantsjoonte lainearvude vahe kaiserites.
- A40. Arvutada deuteeriumi ja kerge vesiniku spektri resonantsjoonte lainepikkuste vahe.
- A41. Kas  $0,003\text{-}\overset{0}{\text{A}}$  lahutusvõimega spektrograafi abil saab avastada  $\text{He}^5$  II ja  $\text{He}^6$  II resonantsjoonte erinevust?
- A42. Kasutades Sommerfeldi kvantiseerimistingimusi arvutada harmoonilise ostsillaatori energianivood.
- A43. Kasutades Sommerfeldi kvantiseerimistingimusi tuletada rotaatori energianivood.

XXIX. OSAKESTE LAINEOMADUSED

- A44. Leida elektroni ja prootoni de Broglie lainepikkuste suhe võrdse kineetilise energia eeldusel mitterelativistlikul juhul.
- A45. Kui palju muutub elektroni de Broglie lainepikkus üleminekul vesiniku aatomi kolmandalt orbiidilt esimesele orbiidile (Bohri järgi)?
- A46. Elektron liigub piki 1-cm raadiusega ringjoont magnetväljas induktsooniga 4,6 mT. Määrata elektroni de Broglie lainepikkus.
- A47. Elektron, liikudes kiirusega  $6 \cdot 10^6$  m/s, satub kiirendavasse homogeensesse 500 V/m tugevusega pikielektrivälja. Millise kauguseni peab elektron selles elektriväljas liikuma selleks, et tema de Broglie lainepikkus saaks võrdseks 1 Å?
- A48. Milline täiendav energia tuleb anda 15-keV/c impulsi-ga elektronile, et ta de Broglie lainepikkus saaks võrdseks 0,5 Å?
- A49. Mitu protsenti moodustab 0,0484 Å de Broglie lainepikkusega elektroni kineetiline energia tema seisue energiast?
- A50. Leida elektroni, mille mass ületab 1% võrra tema seisumassi, de Broglie lainepikkus.
- A51. Elektron liigub laboratoorses koordinaadisüsteemis kiirusega v. Kuidas muutub mitterelativistlikul juhul tema de Broglie lainepikkus üleminekul koordinaadisüsteemi, mis liigub kiirusega kv elektroni liikumise suunas?
- A52. 100-eV kineetilise energiaga neutron põrkab laboratoorses koordinaadisüsteemis paigaloleva heeliumi aatomi-ga. Leida kummagi osakese de Broglie lainepikkused

nende masskeskmega seotud koordinaadisüsteemis.

- A53. Antud on molekulide jaotusfunktsioon kiiruste järgi (Maxwelli jaotus):

$$f(v) = (4 n v^2 / \sqrt{\pi}) (m/2 kT)^{3/2} \exp(-mv^2/2 kT),$$

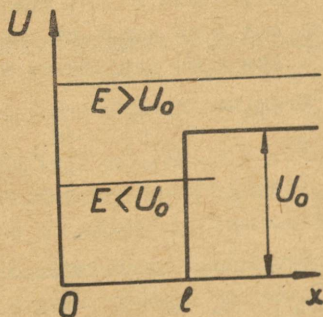
kus  $m$  ja  $v$  on vastavalt molekuli mass ja kiirus,  $n$  - molekulide koguarv,  $k$  - Boltzmanni konstant,  $T$  - absoluutne temperatuur. Leida molekulide jaotusfunktsioon de Broglie lainepikkuste järgi.

Näpunäide:  $f(v) dv$  annab nende molekulide arvu, mille kiirus on vahemikus  $v, v + dv$ .

- A54. Kasutades eelmise ülesande lahendust leida vesiniku molekulide tõenäolisim de Broglie lainepikkus temperatuuril  $300^\circ\text{K}$ .
- A55. Kasutades ülesande nr. A53 tulemust leida vesiniku molekulide keskmine de Broglie lainepikkus temperatuuril  $300^\circ\text{K}$ .
- A56. Antud on aatomite jaotusfunktsioon kiiruste järgi aatomite kimbus:
- $$f(v) = (nm^2 v^3 / 2 k^2 T^2) \exp(-mv^2/2 kT),$$
- kus  $m$  ja  $v$  on vastavalt aatomi mass ja kiirus,  $n$  - aatomite koguarv kimbus,  $k$  - Boltzmanni konstant,  $T$  - absoluutne temperatuur. Leida aatomite jaotusfunktsioon de Broglie laine faasikiiruste järgi.
- A57. Lähtudes eelmises ülesandes antud jaotusfunktsioonist, arvutada vesiniku aatomite tõenäolisim de Broglie lainepikkus temperatuuril  $300^\circ\text{K}$ .
- A58. Hinnata väikseim viga elektroni ja 1-mg massiga kuulikese kiiruse määramisel, kui mõlema asukohad on määratud täpsusega  $1 \mu\text{m}$ .
- A59. Hinnata määramatuse relatsiooni järgi aatomite ja tuumade mõõtmeid. Eeldada, et energia, mis on seotud elektroni impulsi määramatusega aatomis ja nukloni määramatusega tuumas, on vastavalt  $10 \text{ eV}$  ja  $1 \text{ MeV}$ .

- A60. Osakese trajektoori jälg Wilsoni kambris kujutab endast udupiiskade ahelat, mille mõõtme suurusjärk on  $10^{-6}$  m. Kas on praktiliselt võimalik 1-keV kineetilise energiaga elektroni jälje uurimisel märgata tema liikumiseaduse erinevust klassikalise mehaanika seadustest?
- A61. Aatom kiirgab  $5500\text{-\AA}$  lainepikkusega footoni. Kiirgusele kulub aeg  $\sim 10^{-8}$  s. Millise täpsusega võib footon olla lokaliseeritud oma liikumise sihis? Hinnata nimetatud lainepikkuse määramatus.
- A62. Olgu mitterelativistliku osakese koordinaadi määramatus tuhat korda suurem tema de Broglie lainepikkusest. Hinnata selle osakese kineetilise energia suhteline määramatus.
- A63. Lähtudes määramatuse relatsioonist hinnata elektroni energia vesiniku aatomi põhiseisundis.  
 Näpunäide: elektroni impulss  $p \approx \hbar/r$ .  
 ( $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  - Plancki konstant,  $r$  - elektroni kaugus tuumast.)
- A64. Lähtudes määramatuse relatsioonist hinnata Li II põhiseisundi energia. Lisaks eelmise ülesande näpunäitele eeldada arvutuste lihtsustamiseks, et elektronidevaheline kaugus on  $\sim 2 r$ .
- A65. Lähtudes määramatuse relatsioonist hinnata harmoonilise ostsillaatori energia põhiseisundis.
- A66. Massiga  $m$  mikroosake liigub ühedimensionaalses potentsiaalaugus  $U = k/x^5$ . Lähtudes määramatuse relatsioonist hinnata selle ala joonmõõde, milles osake asub minimaalse energiaga.
- A67. Osake massiga  $m$  asub ühedimensionaalses absoluutselt läbitamatute seintega potentsiaalaugus:  $U(x) = 0$ , kui  $0 < x < 1$  ja  $U(x) = \infty$  väljaspool seda vahemikku. Kasutades Schrödingeri võrrandit, leida osakese energia ja normeeritud lainefunktsioonid.

- A68. Arvutada eelmise ülesande tingimustel  $n$ -ndas energiaalises seisundis osakese koordinaadi ja selle ruudu kesk-  
väärtus.
- A69. Arvutada üle-eelmise ülesande tingimustel tõenäosus sel-  
leks, et põhiseisundis viibiva osakese koordinaat oleks  
vahemikus  $1/3 < x < 21/3$ .
- A70. Osake massiga  $m$  asub ühedimensionaalses potentsiaalväl-  
jas, mida on kujutatud joonisel A-1, kus  $U(0) = \infty$ ,  
 $U(x) = 0$ , kui  $0 < x < l$ , ja  $U(x) = U_0 = \text{const}$ , kui  $x \geq l$ .  
Näidata Schrödingeri võrrandi alusel, et kui osakese  
energia  $E > U_0$ , siis on tema energiaspekter pidev, kui  
 $E < U_0$ , siis diskreetne.



Joon. A-1.

- A71. Schrödingeri võrrandi lahendamise järgneb, et vesini-  
ku aatomi põhiseisundi lainefunktsioon avaldub järgmi-  
selt:

$$\psi(r) = A \exp(-r/a),$$

kus  $r$  on elektroni kaugus tuumast,  $A$  ja  $a$  - konstandid, kusjuures viimane võrdub Bohri raadiusega. Arvutada elektroni tõenäolisim kaugus tuumast ja kulonilise jõu kesk-  
väärtus.

- A72. Tõestada järgmised operaatorvõrdused:

a)  $\frac{d}{dx} x = 1 + x \frac{d}{dx}$

$$b) \left(1 + \frac{d}{dx}\right)^2 = 1 + 2 \frac{d}{dx} + \frac{d^2}{dx^2}$$

$$c) \left(x + \frac{d}{dx}\right)^2 = 1 + x^2 + 2x \frac{d}{dx} + \frac{d^2}{dx^2}$$

$$d) \left(\frac{1}{x} \frac{d}{dx} x\right)^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{d}{dx}$$

$$e) \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}\right)^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

A73. Tõestada järgmised operaatorvõrdused:

$$a) \left[\sum_i \hat{A}_i, \hat{B}\right] = \sum_i \left[\hat{A}_i, \hat{B}\right]$$

$$b) \left[\hat{A}, \hat{B}\hat{C}\right] = \left[\hat{A}, \hat{B}\right]\hat{C} + \hat{B}\left[\hat{A}, \hat{C}\right]$$

A74. Rahuldagu operaatorid  $\hat{F}$  ja  $\hat{G}$  kommutatsioonieskirja  $[\hat{F}, \hat{G}] = a$ , kus  $a$  on konstant. Näidata, et  $[\hat{F}, \hat{G}^n] = na \hat{G}^{n-1}$ , kus  $n$  on positiivne täisarv.

A75. Tõestada järgmised kommutatsioonieskirjad:

$$a) \left[\hat{L}_x, \hat{x}\right] = 0, \quad b) \left[\hat{L}_y, \hat{x}\right] = -i\hbar \hat{z}, \quad c) \left[\hat{L}_z, \hat{x}\right] = i\hbar \hat{y},$$

kus  $L_x, L_y$  ja  $L_z$  tähendavad pöördimpulsi  $x$ -,  $y$ - ja  $z$ -komponenti.

A76. Tõestada järgmised kommutatsioonieskirjad:

$$a) \left[\hat{L}_x, \hat{p}_x\right] = 0, \quad b) \left[\hat{L}_y, \hat{p}_x\right] = -i\hbar \hat{p}_z,$$

$$c) \left[\hat{L}_z, \hat{p}_x\right] = i\hbar \hat{p}_y,$$

kus  $L_x, L_y$  ja  $L_z$  tähendavad pöördimpulsi  $x$ -,  $y$ - ja  $z$ -komponenti ning  $p_x$  - impulsi  $x$  - komponenti.

A77. Kasutades pöördimpulsi komponendi operaatorite kommutatsioonieskirju

$$\left[\hat{L}_x, \hat{L}_y\right] = i\hbar \hat{L}_z; \quad \left[\hat{L}_y, \hat{L}_z\right] = i\hbar \hat{L}_x \quad \text{ja} \quad \left[\hat{L}_z, \hat{L}_x\right] = i\hbar \hat{L}_y,$$

näidata, et operaatorite  $\hat{L}_+ = \hat{L}_x + i\hat{L}_y$  ja  $\hat{L}_- = \hat{L}_x - i\hat{L}_y$  jaoks kehtib kommutatsioonieskiri

$$\left[\hat{L}_+, \hat{L}_-\right] = 2\hbar \hat{L}_z.$$

A78. Lähtudes impulssmomenti defineerivatest kommutatsioonieskirjadest tõestada operaatorvõrdus

$$\hat{I}_z (\hat{I}_x + i\hat{I}_y) = (\hat{I}_x + i\hat{I}_y) (\hat{I}_z + \hbar),$$

kus  $I_x$ ,  $I_y$  ja  $I_z$  on impulssmomentid x-, y- ja z-komponentid ja  $\hbar = h/2\pi$  ( $h$  - Plancki konstant).

- A79. Näidata, et tsentraalsümmeetrilises potentsiaalväljas on üheaegselt osakese energiaga kindel väärtus orbitaalse impulssmomenti vektori ühel projektsioonil ja selle vektori ruudul.

### XXX. AATOMI ELEKTRONKATTE EHTUS. SPEKTRID

- A80. Arvutada täielikult täidetud n-ndas kihis nende elektronide arv, millel on järgmised ühesugused kvantarvud:  
 a)  $m_s$       b)  $m_l$       c)  $m_s$  ja  $m_l$ .
- A81. Millised on võimalikud d-seisundis asuva elektroni täieliku impulssmomenti väärtused? Määrata nurgad orbitaalse impulssmomenti ja spinnimpulssmomenti vektorite vahel.
- A82. Elektron asub seisundis  $p_{1/2}$ . Leida nurk täieliku impulssmomenti ja spinnimpulssmomenti vektorite vahel.
- A83. Süsteem koosneb 3 elektronist: üks on s-seisundis, teine p-seisundis ja kolmas d-seisundis. Leida süsteemi energianivoode spektraaltähised<sup>38</sup>.
- A84. Leida kaheelektronilise süsteemi (elektronide orbitaalsed kvantarvud on 1 ja 3) energianivoode spektraaltähised.
- A85. Veenduda kaheelektronilise süsteemi ( $l_1 = 1$ ,  $l_2 = 2$ ) näitel, et nii (L,S)-seose kui ka (j,j)-seose juhul on süsteemi võimalike seisundite arv sama. Kirjutada

<sup>38</sup> Siin ja edaspidi, kui ei ole öeldud vastupidist, eeldatakse, et kehtib normaalne seos ehk Russell-Saundersi seos ehk (L,S)-seos.

üles ka vastavate energianivoode spektraaltähised.

A86. Määrata ekvivalentsete elektronide konfiguratsioonide  $np^2$  ja  $np^4$  termide ja põhinivoo spektraaltähised.

Näpunäide: kasutada Pauli printsiipi ja Hundi reeglit.

A87. Eelmine ülesanne, kui konfiguratsioonid on  $nd^2$  ja  $nd^8$ .

A88. Ülesanne nr. A86, kui konfiguratsioonid on  $nf^2$  ja  $nf^{12}$ .

A89. Määrata põhinivoo spektraaltähised aatomite jaoks, mille nimetus ja elektronide konfiguratsioon on järgmised:

a) O -  $1s^2 2s^2 2p^4$

b) Y - Kr kate +  $4d^1 5s^2$

c) Zr - Kr kate +  $4d^2 5s^2$

d) Er - Xe kate +  $4f^{12} 6s^2$

Näpunäide: kasutada ülesannete nr. A-86-A88 tulemusi.

A90. Fosfori aatomi põhiseisundi elektronide konfiguratsioon on: täidetud alakihid + täpselt pooleni täidetud alakiht, milles asub 3 elektroni. Määrata põhinivoo spektraaltähis.

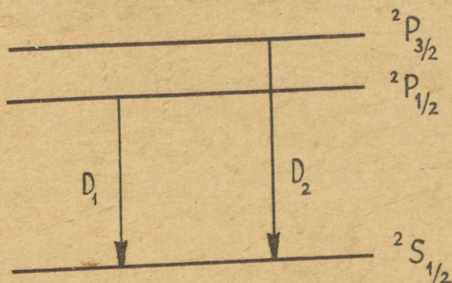
A91. Süsteem koosneb kolmest elektronist, mille orbitaalsed kvantarvud on 0, 1 ja 3. Leida p- ja f-elektroni orbitaalsete impulssmomentide vaheline nurk järgmistel juhtudel: a) süsteem asub F-seisundis, b) otsitav nurk on minimaalne.

A92. p-, d- ja f-elektronist koosnev süsteem on S-seisundis. Leida p- ja d-elektroni orbitaalsete impulssmomentide vaheline nurk.

A93. Kaheelektroniline süsteem on tripletse termiga. Leida nurk elektronide spinnimpulssmomenti vektorite vahel.

A94. p- ja d-elektronist koosnev süsteem on singuletse termiga. Leida: 1) nurk elektronide spinnimpulssmomentide vahel, 2) maksimaalne nurk süsteemi täieliku orbitaalse impulssmomenti ja d-elektroni orbitaalse impulssmomenti vahel.

- A95. Leida spinnimpulssmomendi ja täieliku impulssmomendi vahelise nurga võimalikud väärtused kaheelektronilises süsteemis, millel  $J = 1$ .
- A96. Kaheelektroniline süsteem, mis sisaldab p-elektroni, asub D-seisundis. Arvutada p-elektroni orbitaalse impulssmomendi ja süsteemi täieliku orbitaalse impulssmomendi vahelise nurga võimalikud väärtused.
- A97. Aatom, millel on väljaspool täielikult täidetud alakihete 3 elektroni (s-, p- ja d-elektron), asub selle konfiguratsiooni juures maksimaalselt võimaliku täieliku impulssmomendiga seisundis. Leida nurk aatomi spinnimpulssmomendi ja täieliku impulssmomendi vahel.
- A98. D- ja F-seisundis on kvantarvu J võimalik väärtuste arv 5. Millist informatsiooni saab siit nende seisundite spinnkvantarvude kohta?
- A99. Kirjutada üles F-termi energianivoode spektraaltähised, teades, et see term lõhestub 5 nivooks.
- A100. Naatriumi spektri  $D_1$ - ja  $D_2$ -joon (lainepikkused 5895,93 Å ja 5889,96 Å) tekivad aatomite üleminekul seisunditest  ${}^2P_{1/2}$  ja  ${}^2P_{3/2}$  seisundisse  ${}^2S_{1/2}$  (vt. joon. A-2). Leida termi  ${}^2P$  dubletse lõhestumise faktor.

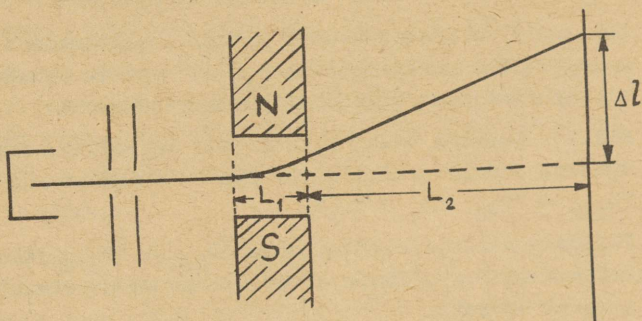


Joon. A-2.

- A101. Tripletses seisundis orbitaalse kvantarvuga 2 on aatomi Lande tegur  $4/3$ . Leida seisundi spektraaltähis.

- A102. Anda nivoo spektraaltähis, teades, et  $S = 1/2$ ,  $J = 5/2$ ,  $g = 6/7$ .
- A103. Aatom asub seisundis  $^1F$ . Leida tema efektiivne magnetmoment ja selle projektsioonid välise magnetvälja vektori suunale.
- A104. Mitmeks komponendiks lõhestub Stern-Gerlachi katses seisundis  $^6G_{3/2}$  asuvate aatomite kimp?
- A105. Määrata raua aatomi efektiivse magnetmomendi maksimaalne projektsioon, kui nendest aatomitest koosnev kimp lõhestus Stern-Gerlachi katses 9 komponendiks ja aatomi seisundit kirjeldav spektraaltähis on teada ainult osaliselt:  $^5D$ .
- A106. Seisundis  $^{2S+1}D_2$  asuva aatomi efektiivse magnetmomendi maksimaalne projektsioon võrdub 4 Bohri magnetoniiga. Leida  $S$ .
- A107. Arvutada Hundi reegli abil aatomi efektiivse magnetmomendi maksimaalne projektsioon põhiseisundis, kui elektronide konfiguratsioon on: täielikult täidetud alakihid + kolm d-elektroni.
- A108. Arvutada fluori aatomi põhiseisundis efektiivse magnetmomendi maksimaalne projektsioon Bohri magnetonides.
- A109. Arvutada aatomi täielik impulssmoment seisundis  $S = 3/2$ ,  $L = 2$ , kui on teada, et tema efektiivne magnetmoment on null.
- A110. Millisel termi  $^5F$  nivool "asetseb" aatom, kui ta efektiivne magnetmoment on null?
- A111. Stern-Gerlachi katses suunatakse põhiseisundis asuvate erbiumi aatomite kimp mittehomogeensesse ristmagnetvälja (induktsiooni gradiendiga  $1 \text{ kT/m}$ ), mille ulatus on  $L_1 = 4 \text{ cm}$ . Leida kimbu kõige rohkem kõrvalekalduvad komponendi nihe magnetist  $L_2 = 10 \text{ cm}$  kaugusel asuval ekraanil (joon. A-3). Aatomite kiirus

kimbus enne välja sattumist oli 500 m/s. Kasutada ülende nr. A89 tulemust.



Joon. A-3.

- A112. Ühte ja samasse Stern-Gerlachi katseseadmesse suunatakse põhiseisundis esmalt boori, seejärel fluori aatomite kimp. Leida nende kimpude kõige rohkem kõrvalekalduvad komponendid nihete suhe ekraanil eeldusel, et mõlema elemendi aatomite kiirused katseseadmesse saabumisel olid ühesugused.
- A113. Leida naatriumi aatomi nivoo  ${}^2P_{3/2}$  madalaima alanivoo ja nivoo  ${}^2P_{1/2}$  kõrgeima alanivoo vaheline kaugus magnetväljas induksiooniga 10 T. Arvutustes kasutada tuntud  $D_1$ - ja  $D_2$ -joone (joon. A-2) lainepikkusi.
- A114. Millise magnetilise induksiooni juures nivoode  ${}^2D_{5/2}$  ja  ${}^2P_{3/2}$  täielikud lõhestumised erinevad 0,7 K võrra? Märkus. Nivoo täieliku lõhestumise all mõeldakse tema lõhestumisel tekkinud kõrgeima ja madalaima alanivoo vahet, mida väljendatakse tavaliselt energiate, sageduste või lainearvude skaalas.
- A115. Leida singletse termi nivoo spektraaltähis, kui on teada, et tema täielik lõhestumine suureneb 1,4  $\frac{1}{\text{cm}}$  võrra magnetilise induksiooni kasvul 0,5 T võrra.
- A116. Arvutada hapniku aatomi põhinivoo täielik lõhestumine (eV) magnetväljas induksiooniga 1,5 T.

- A117. Leida seisundis  ${}^2P_{3/2}$  oleva aatomi impulssmomenti pretsessiooni nurkkiirus 1 kOe magnetväljas.
- A118. Seisundis  ${}^3F$  pretsesseerib aatomi impulssmoment 0,5 kOe magnetväljas nurkkiirusega  $5,5 \cdot 10^9$  rad/s. Arvutada aatomi impulssmoment ja efektiivne magnetmoment.
- A119. Milline Zeemani efekt (lihtne või keeruline) tekib spektrijoontel, millele vastavad üleminekud:  ${}^1P \rightarrow {}^1S$ ,  ${}^2D_{5/2} \rightarrow {}^2P_{1/2}$ ,  ${}^3D_1 \rightarrow {}^3P_0$ ?
- A120. Tuletada valemid spektrijoone  ${}^2D_{5/2} \rightarrow {}^2P_{3/2}$  lõhestunud komponentide sageduste arvutamiseks transversaalses Zeemani efektis.
- A121. Tuletada valemid spektrijoone  ${}^3F_4 \rightarrow {}^3D_3$  lõhestunud komponentide sageduste arvutamiseks longitudinaalses Zeemani efektis.
- A122. Leida Zeemani efektis aatomi efektiivse magnetmomenti projektsiooni maksimaalne muutus üleminekul  ${}^3D_1 \rightarrow {}^3P_1$ .
- A123. Normaalse lõhestumisega lihtsa longitudinaalse Zeemani efekti korral 10-T induksiooniga magnetväljas oli teatud spektrijoone lõhestunud komponentide lainepikkuste vahe 0,4 Å. Leida esialgse spektrijoone lainepikkus.
- A124. Leida naatriumi spektri  $D_2$ -joone longitudinaalses Zeemani efektis esinev suurim lainepikkus, kui magnetiline induksioon on 1 T. Täiendavaid andmeid vaadata ülesande nr. A100 tekstist.
- A125. Vaadeldes normaalse lõhestumisega lihtsat longitudinaalset Zeemani efekti, leiti, et 2540-Å lainepikkusega spektrijoone lõhestumisel tekkinud komponentide lainepikkuste vahe oli 0,3-Å magnetväljas induksiooniga 5 T. Arvutada nende andmete põhjal elektroni erilaeng.
- A126. Määrata pideva röntgenispektri lühilaineline piir, kui on teada, et kiirendava pinge suurendamisel 2 korda see suurus muutus 0,5 Å võrra.

- A127. Röntgenitoru antikatoodele langevate elektronide kiirus moodustab 50% valguse kiirusest vaakumis. Leida pideva röntgenispektri lühilaineline piir.
- A128. Määrata röntgenitoru antikatoodele sattuvate relativistlike elektronide de Broglie lainepikkus, kui pideva röntgenispektri lühilaineline piir on  $0,1 \text{ \AA}$ .
- A129. Hinnata hõbeda röntgenispektri  $K_{\alpha}$ -joone lainearv ja lainepikkus.
- A130. Aluminiumi pideva röntgenispektri lühilainelise piiri lainepikkus on  $4 \text{ \AA}$ . Kas on võimalik samas röntgenitorus sama pinget kasutades leida karakteristliku kiirguse  $K_{\alpha}$ -joont?
- A131. Milline peab olema pinge röntgenitorus, et see oleks küllaldane tina L-seeria lühima lainepikkusega joone tekitamiseks? L-kihi ekraniseerimisparameeter võrdustada 15-ga.
- A132. Röntgenitorus pinge suurendamisel 10 kV-lt 20 kV-ni suurenes intervall K -joone ja pideva röntgenispektri lühilainelise piiri vahel 3 korda. Arvutada röntgenitoru antikatoodi järjenumber.
- A133. Millist elementi kasutatakse röntgenitorus antikatoodeina, kui K -joone ja pideva röntgenispektri lühilainelise piiri vahe on  $1 \text{ \AA}$  28-kV pinge puhul?
- A134. Millise minimaalse pingega võib magneesiumist antikatoodiga röntgenitorus tekitada karakteristliku kiirguse  $K_{\alpha}$ -joone, mille lainepikkus on  $9,88 \text{ \AA}$ ? Magneesiumis röntgenikiirguse neeldumise L-ääre sagedus on  $3,46 \text{ Ry}$ .
- A135. Kaitseekraanina röntgenikiirguse vastu kasutatakse  $0,5 \text{ cm}$  paksust seatinaplaati. Kui paksul alumiiniumplaadil oleks samasugune ekraniseeriv toime? Seatina ja aluminiumi neeldumiskoeffitsiendid kasutatava lainepikkusega kiirgusele on vastavalt  $52,5 \text{ 1/cm}$  ja  $0,765 \text{ 1/cm}$ .

- A136. Veekihi paksuse suurendamisel 1 cm võrra vähenes kihti läbinud röntgenikiirguse intensiivsus 1,73 korda. Lei-  
da röntgenikiirguse massneeldumiskoefitsient.
- A137. Määrata kalkide röntgenikiirte massneeldumiskoefitsi-  
entide suhe inimeste luudes ja kudedes. Eeldada, et  
luude aineks on  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , koed aga koosnevad peami-  
selt veest.
- A138. Eelmine ülesanne, kui vee asemel on alumiinium.
- A139. Leida  $1\text{-}\overset{\circ}{\text{A}}$  lainepikkusega röntgenikiirguse massneel-  
dumiskoefitsient vanaadiumi jaoks, teades, et  $1,44\text{-}\overset{\circ}{\text{A}}$   
lainepikkusega kiirguse juhul sama parameeter alu-  
miiniumi jaoks on  $4 \text{ m}^2/\text{kg}$ .
- A140. Leida alumiiniumlehe paksus, milles  $0,9\text{-}\overset{\circ}{\text{A}}$  lainepikku-  
sega röntgenikiirguse intensiivsuse kahanemine on 10  
korda väiksem kui  $1,74\text{-}\overset{\circ}{\text{A}}$  lainepikkusega röntgeni-  
kiirgusel.

Näpunäide. Kasutada empirilist valemit massneel-  
dumiskoefitsiendi arvutamiseks:

$$\mu_m = \frac{a \lambda^3 z^4}{A},$$

kus  $Z$  ja  $A$  on vastavalt elemendi järjenumbr ja aatom-  
kaal,  $\lambda$  - lainepikkus,

$$a = \begin{cases} 13,6 \cdot 10^{21} & \text{1/g 1/cm, kui } \lambda < \lambda_K \\ 1,8 \cdot 10^{21} & \text{1/g 1/cm, kui } \lambda > \lambda_K \end{cases}$$

( $\lambda_K$  - neeldumise K-ääre lainepikkus).

- A141. Kasutades eelmise ülesandes mainitud empirilist vale-  
mit, arvutada  $1\text{-}\overset{\circ}{\text{A}}$  lainepikkusega röntgenikiirguse  
lineaarne neeldumiskoefitsient raua jaoks.
- A142. Nikkelantikatoodist saadavate  $K_\alpha$ - ja  $K_\beta$ -kiirte laine-  
pikkused on vastavalt  $\lambda_\alpha = 1,66 \overset{\circ}{\text{A}}$  ja  $\lambda_\beta = 1,50 \overset{\circ}{\text{A}}$ .  
Valida selline filter, milles  $K_\beta$ -kiirte intensiivsuse  
kahanemine oleks 10 korda suurem kui  $K_\alpha$ -kiirtel.

Näpunäide. Kasutada ülesandes nr. A140 mainitud em-  
piirilist valemit, millest järgneb, et filter tuleb  
valmistada elemendist, milles röntgenikiirguse neeldu-  
mise K-ääre lainepikkus  $\lambda_K$  rahuldab tingimust

$$\lambda_\beta < \lambda_K < \lambda_\alpha$$

- A143.  $0,1\text{-}\overset{\circ}{\text{Å}}$  röntgenikiirguse Comptoni hajumisel osutus  
lainepikkuse muutus võrdseks  $0,024\ \overset{\circ}{\text{Å}}$ . Leida footoni  
hajumisnurk ja tema poolt tagasilöögielektronile üle-  
antud energia.
- A144.  $0,8\text{-MeV}$  energiaga footoni hajumisel vabal elektro-  
nil sai tema lainepikkus võrdseks elektroni kahekord-  
se Comptoni lainepikkusega. Leida footoni hajumisnurk.
- A145. Määrata Comptoni efektis nurk hajunud footoni ja taga-  
silöögielektroni liikumissuuna vahel, teades, et pea-  
langelava ja hajunud footoni lainepikkused on vasta-  
valt  $0,050\ \overset{\circ}{\text{Å}}$  ja  $0,062\ \overset{\circ}{\text{Å}}$ .
- A146. Leida  $0,03\text{-}\overset{\circ}{\text{Å}}$  lainepikkusega footoni lainepikkuse  
muutus Comptoni efektis, kui tagasilöögielektroni kii-  
rus moodustab 60% valguse kiirusest vaakumis.
- A147. Määrata Comptoni efektis elektroni poolt omandatud  
impulss, kui on teada, et footon, mille esialgne lai-  
nepikkus oli  $0,05\ \overset{\circ}{\text{Å}}$ , hajus  $90^\circ$ -se nurga all.
- A148. Footon impulsi  $1,02\ \text{MeV}/c$  hajus Comptoni efektis  
nii, et elektron omandas impulsi  $0,5\ \text{MeV}/c$ . Arvutada  
footoni hajumisnurk.
- A149. Comptoni elektron liigub  $0,3\text{-T}$  induktiooniga mag-  
netväljas  $2\text{-cm}$  raadiusega ringjoonel. Milline oli  
footoni esialgne lainepikkus, kui ta hajus  $90^\circ$ -se nur-  
ga all?
- A150. Aine kiiritamisel kalgi monokromaatse elektromagneti-  
lise kiirgusega leiti, et Comptoni elektronide maksii-  
maalne kinetiline energia oli  $0,44\ \text{MeV}$ . Arvutada pea-  
langelava kiirguse lainepikkus.

- A151. Kvant, mis vastab pideva röntgenispektri lühilainelisele piirile röntgenitorus 60-kV pinge juures, hajub Comptoni efektis  $120^\circ$ -se nurga all ja eemaldab seejärel fotoefekti teel elektroni molübdeeni aatomi K-kihist. Määrata fotoelektroni kineetiline energia, kui see on tuumast lõpmata kaugel.
- A152. 50-keV energiaga foton hajub Comptoni efektis  $90^\circ$ -se nurga all ja neeldub seejärel alumiiniumi aatomi elektronkattes, eemaldades elektroni K-kihist. Hinnaata fotoelektroni kineetiline energia, kui see on tuumast lõpmata kaugel.
- A153. Foton, mille lainepikkus võrdub elektroni Comptoni lainepikkusega, hajub Comptoni efektis nii, et tagasilöögielektron saab impulsi  $5,3 \cdot 10^{-18}$  g·cm/s. Seejärel eemaldab hajunud foton fotoefekti teel elektroni uraani aatomi K-kihist. Hinnata fotoelektroni kineetiline energia, kui see on tuumast lõpmata kaugel.
- A154. Millise kineetilise energiaga elektroni de Broglie lainepikkus võrdub tema Comptoni lainepikkusega?
- A155. Mitu protsenti aatomeid jääb ergastatud seisundisse pärast ajavahemiku möödumist, mis võrdub selle seisundi keskmise elueaga?
- A156. Anumas, mis on täidetud elavhõbeda auruga madala rõhu juures, neeldub igas sekundis  $10^{16}$  elavhõbelambi resonantsjoonele  $^3P_1 \rightarrow ^1S_0$  vastavat fotonit. Mitu ergastatud elavhõbeda-aatomit on anumas?
- A157. Millisel pikkusel piki kanalkiirte kimpu väheneb ioonide spektri resonantsjoone intensiivsus 7 korda? Arvesse tuleva ergastatud seisundi eluiga on  $1,25 \cdot 10^{-6}$  s ja ioonide kiirus kimbus on 1500 m/s.
- A158. Kinnises anum, mille ruumala on 0,1 liitrit, asub gaasiline liitium temperatuuril  $1500^\circ\text{K}$ , rõhk 0,1 mmHg. Seejuures resonantsjoonele (lainepikkus 6708 Å) vastav kiirguse võimsus on 1,74 W. Määrata liitiumi aato-

mi eluiga resonantsergastuse seisundis.

- A159. Spektrijoon, millele vastab lainepikkus  $5320 \text{ \AA}$ , tekib aatomite ülemineku tulemusena kahe ergastatud seisundi vahel, mille eluead on  $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ s}$  ja  $2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ . Milline on spektrijoone loomulik laius?
- A160. Kiirusega  $10^4 \text{ m/s}$  liikuv aatom kiirgab footoni lainepikkusega  $5895,93 \text{ \AA}$ , mille levimissuund moodustab aatomi liikumissuunaga  $120^\circ$ -se nurga. Millise lainepikkuse fikseerib vaatleja?
- A161. Spektrijoone loomuliku laiuse määramisel vaadeldakse aatomite kimbu kiirgust suunas, mis on risti aatomite liikumissuunaga. Hinnata, milline võib olla naatriumi aatomite kimbu nurkhajumine selleks, et Doppleri efektist tingitud spektrijoone laienemine ei ületaks 10% loomulikust laiusest. Arvutustes lähtuda andmeist: resonantsjoone lainepikkus  $5896 \text{ \AA}$ , aatomi eluiga resonantsergastuse seisundis  $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ , aatomi kiirus kimbus  $1000 \text{ m/s}$ .
- A162. Lähtudes Maxwelli jaotusest arvutada spektrijoone Doppleri laienemine kui kahekordne sageduste vahemik, milles spektrijoone intensiivsus kahaneb maksimaalväärtuselt pooleni sellest.
- A163. Elavhõbeda spektris on resonantsjoone  $^3P_1 \rightarrow ^3S_0$  lainepikkus  $2536,5 \text{ \AA}$ . Arvutada selle joone Doppleri laienemise ja loomuliku laiuse suhe temperatuuril  $300^\circ \text{ K}$ , kui seisundi  $^3P_1$  eluiga on  $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ .
- A164. Millisel temperatuuril on atomaarse vesiniku spektris dubleti  $2^2P_{3/2, 1/2} \rightarrow 1^2S_{1/2}$  kummagi komponendi Doppleri laienemine võrdne nende komponentide vahelise kaugusega?

### XXXI. MOLEKULIDE SPEKTRID

- A165. Pöörlemispektri kahe kõrvuti asuva joone lainearvud on 124,30  $\frac{1}{\text{cm}}$  ja 145,03  $\frac{1}{\text{cm}}$ . Arvutada molekuli inertsimoment.
- A166. Kui palju muutub lämmastiku molekuli liikumishulga moment pöörlemispektri  $1,25 \cdot 10^{-3}$  m lainepikkusega kvandi kiirgamisel, kui tuumadevaheline kaugus on 1,094 Å ?
- A167. Molekulis HCl on kahe kõrvuti asetseva pöörlemisnivoo vaheline kaugus 7,86 MeV. Arvutada nende nivooade pöörlemiskvantarvud, kui tuumadevaheline kaugus on 1,27 Å.
- A168. Molekulide HCl pöörlemispektris on kahe kõrvuti asetseva joone lainepikkused 117,5 ja 156,5  $\mu\text{m}$ . Arvutada neist andmeist molekuli pöörlemiskonstant.
- A169. Molekulide  $\text{C}^{12}\text{H}^1$  pöörlemispektris on 4 suurima lainepikkusega spektri joone lainearvude summa 290 K. Arvutada tuumadevaheline kaugus.
- A170. Pidades kaheaatomilist molekuli harmooniliseks ostsillaatoriks sagedusega  $\nu$ , arvutada tema võnkumisenenergia keskvärtus absoluutsel temperatuuril T.
- A171. Kaheaatomilise molekuli võnkumisenenergia avaldub anharmoonilise ostsillaatori lähenduses järgmiselt:  

$$E = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2}\right) \left[1 - x \left(n + \frac{1}{2}\right)\right], \text{ kus } \omega = \sqrt{k/M},$$
 k - kvaasielastse seose konstant, M - molekuli taandatud mass, x - anharmoonilisuse koefitsient (harmoonilise ostsillaatori juhul x = 0), n - võnkumiskvantarv. Arvutada molekuli maksimaalne võnkumisenenergia.

- A172. Kasutades eelmise ülesande tulemusi, arvutada molekuli  $H_2$  dissotsiatsioonienergia, kui  $\bar{\nu} = \omega / 2\pi c = 4395 \text{ cm}^{-1}$  ja  $x \bar{\nu} = 125 \text{ cm}^{-1}$ .
- A173. Kasutades üle-eelmises ülesandes toodud võnkumisenergia avaldist, arvutada kahe kõrvuti paikneva võnkumisenergia nivoo vaheline kaugus sõltuvana võnkumiskvant-arvust  $n$ .
- A174. Molekulide  $H^1F^{19}$  kombinatsioonhajumise spektris on teatud spektrijoone lähima anti-Stokes'i ja Stokes'i kaaslaste lainepikkused vastavalt  $2670 \text{ \AA}$  ja  $3430 \text{ \AA}$ . Leida molekuli kvaasielastse seose konstant.
- A175. Valguse kombinatsioonhajumisel molekulidel  $C^{12}O^{16}$  on kaaslaste minimaalne kaugus põhijoonest  $2169 \text{ 1/cm}$ . Leida molekuli kvaasielastse seose konstant.
- A176. Kvant lainepikkusega  $4350 \text{ \AA}$  hajub molekulil  $N^{14}O^{16}$ , mille tulemusena tema lainepikkus suureneb  $400 \text{ \AA}$  võrra. Leida molekuli võnkumiskvantarvu muutus eeldusel, et kvaasielastse seose konstant on  $1,54 \text{ kN/m}$ .
- A177. Molekulide  $S_2^{32}$  kombinatsioonhajumise spektris oli  $3380\text{-}\text{\AA}$  lainepikkusega joone lähima Stokes'i kaaslaste lainepikkus  $3465 \text{ \AA}$ . Leida molekuli kvaasielastse seose konstant.
- A178. Gaas koosneb  $HCl$  molekulidest, mis erinevad kloori isotoopilise koosseisu poolest:  $HCl^{35}$  ja  $HCl^x$ . Määrata isotoobi  $Cl^x$  aatomkaal, teades, et võnkumisspektri riba sageduse suhteline isotoopiline nihe on  $0,0008$  ( $HCl^{35}$  joonte suhtes) ja jooned, mis vastavad molekulidele  $HCl^x$ , on nihkunud suuremate lainepikkuste poole.
- A179. Määrata molekulide segu  $HCl^{35}$  ja  $HCl^{37}$  pöörlemispektri sageduste suhteline isotoopiline nihe ( $HCl^{35}$  joonte suhtes).

XXXII. AATOMITUUMADE PÕHIOMADUSED

- A180. Näidata, et  $\alpha$ -osakese tuumast eemaldamise energia avaldub valemiga:

$$S_{\alpha} = 4f(A) + 4(A-4) \frac{df}{dA} - B(4,2),$$

kus  $f(A)$  on tuuma eriseosenergia ja  $B(4,2)$  on  $\alpha$ -osakese seosenergia.

- A181. Kui palju energiat eraldub või neeldub (otsustada!)  $\alpha$ -osakese moodustumisel kahest deutronist? Deutroni ja  $\alpha$ -osakese eriseosenergiad on vastavalt 1,09 ja 7,06 MeV.
- A182. Kui palju energiat eraldub või neeldub (otsustada!) 2  $\alpha$ -osakese moodustumisel tuumadest  $\text{Li}^6$  ja  $\text{H}^2$ ? Mainitud tuumade eriseosenergiad on vastavalt 7,08; 5,33 ja 1,11 MeV.
- A183. Arvutada neutroni tuumast  $\text{N}^{14}$  eemaldamise energia, kui tuumade  $\text{N}^{14}$  ja  $\text{N}^{13}$  eriseosenergiad on vastavalt 7,46 ja 7,23 MeV.
- A184. Tuumade  $\text{C}^{12}$  ja  $\text{He}^4$  seosenergiad on vastavalt 92,16 ja 28,30 MeV. Nende tuumade masside summa ja tuuma  $\text{O}^{16}$  massi vahe on 0,00769 u. Arvutada tuuma  $\text{O}^{16}$  eriseosenergia.
- A185. Kasutades tabelites antud aatomite masside väärtusi, arvutada tuumast  $\text{Ne}^{21}$  neutroni eemaldamise energia.
- A186. Kasutades tabelites antud aatomite masside väärtusi, arvutada energia, mis kulub tuuma  $\text{O}^{16}$  lõhestamiseks neljaks  $\alpha$ -osakeseks.
- A187. Määrata 5000-kW võimsusega AEJ  ${}_{92}\text{U}^{235}$  ööpäevane tarvidus (grammides), eeldades, et kasutegur on 16,7% ja uraani tuuma lõhustumisel vabanev energia on 200 MeV.

- A188. Mitu ülipeenstruktuurilist komponenti on järgmistele aatomite põhiniivoodel:  $H^3(2S_{1/2}, 1/2)$ ,  $Li^6(2S_{1/2}, 1)$ ,  $Be^9(1S_0, 3/2)$ ,  $N^{15}(4S_{3/2}, 1/2)$  ja  $Cl^{35}(2P_{3/2}, 3/2)$ . Sulgudes on esmalt elektronkatte seisundi tähis, seejärel tuuma spinnkvantarv.
- A189. Leida tuuma  $Co^{59}$  spinnkvantarv, kui aatomi elektronkatte nivool  $4F_{9/2}$  on 8 ülipeenstruktuurilist komponenti.
- A190. Määrata kaadmiumi tuuma  $Cd^{113}$  spinnkvantarv, kui aatomi elektronkatte üleminekul  $3P_0 \rightarrow 3S_1$  spektrijoon lõhestub kaheks ülipeenstruktuuriliseks komponendiks.
- A191. Aatomite  $Bi^{209}$  spektri uurimisel tehti kindlaks, et nivool  $2D_{3/2}$  on 4 ülipeenstruktuurilist alanivood, kusjuures naaberalanivoo-de vahelised kaugused suhtuvad nagu 6:5:4. Leida tuuma spinnkvantarv ja spektrijoon  $2S_{1/2} \rightarrow 2D_{3/2}$  ülipeenstruktuuriliste komponentide arv.
- A192.  $Li^7$  aatomite kimp lõhestus Stern-Gerlachi katses 8 ülipeenstruktuuriliseks komponendiks. Leida tuumade  $Li^7$  spinnkvantarv.
- A193. Kasutades eelmise ülesande tulemust, leida  $Li^7$  aatomi põhiseisundis maksimaalne nurk elektronkatte impulssmomenti ja tuuma spinni vahel.
- A194. Aatomite  $Li^7$ ,  $Na^{23}$  ja  $K^{39}$  spektrijooned  $2P_{1/2} \rightarrow 2S_{1/2}$  ülipeenstruktuurilise lõhestumise tõttu tekkinud komponentide intensiivsused suhtuvad nagu 3:5. Eeldades, et nivoo  $2P_{1/2}$  ülipeenstruktuuriline lõhestumine on väike, leida nimetatud aatomite tuumade spinnkvantarvud.
- A195. Neutroni magnetmomenti määramisel resonantsmeetodil leiti, et resonants tekib 0,682-T induktsiooniga püsivmagnetvälja ja 19,9 MHz sagedusega elektromagnetilise välja rakendamisel. Leida neutroni magnetmoment tuumamagnetonides, teades, et tema spinnkvantarv on  $1/2$ .

- A196. Leida kahe prootoni vahel mõjuva gravitatsioonilise tõmbejõu ja elektrostaatilise tõukejõu suhe.
- A197. Hinnata tuumaeaine ja elektrilaengu keskmised tihedused tuumas  ${}_{13}\text{Al}^{27}$ .
- A198. Kasutades tuuma tilgamudelit näidata, et isobaaride reas (massiarv  $A = \text{const}$ ) kõige stabiilsema tuuma laengu arv avaldub valemiga
- $$Z = \frac{A^{2/3}}{1,98 + 0,015^{2/3}}.$$
- A199. Arvutada tilgamudeli alusel tuuma  $V^{50}$  eriseosenergia.
- A200. Kasutades tilgamudelit otsustada, kas eksisteerivad stabiilsed rasked tuumad,

- mis koosnevad ainult neutronitest,
- mis koosnevad ainult prootonitest,
- milles prootonite arv moodustab 10% massiarvust.

- A201. Tuletada tilgamudeli alusel valem peegeltuumade seoseenergiate vahe arvutamiseks.
- A202. Yukawa järgi avaldub 2 nukloni tuumajõududest tingitud vastastikuse mõjustuse potentsiaalne energia valemiga  $U = -g^2 \exp(-r/a)/r$  (CGS-süsteemis), kus  $g$  on nukloni mesonlaeng,  $a$  - tuumajõudude mõjuraadiust iseloomustav konstant ja  $r$  - kahe nukloni vaheline kaugus. Hinnata nukloni mesonlaeng eeldusel, et kaugusel  $r \approx a$  on kahe prootoni tuumajõududest tingitud vastastikuse mõjustuse energia absoluutväärtuselt 100 korda suurem elektrostaatilistest jõududest põhjustatud vastastikuse mõjustuse energiast.

- A203. Oletame, et kahe nukloni vastastikuse mõjustuse potentsiaalne energia avaldub valemiga

$$V(r) = -V_0(1 - \text{th}^2 \beta r)$$

(Hylleraasi potentsiaal), kus  $r$  on nuklonitevaheline kaugus,  $V_0$  ja  $\beta$  - positiivsed konstandid. Esitada Bohri teooria järgi arvutuskeem energianivoode leidmiseks ringorbiitide juhul.

A204. Eelmise ülesande tingimustel näidata, et energianivood paiknevad seda kõrgemal, mida suurem on kvantarv  $n$ . Ühtlasi näidata, et energianivoode arv on lõplik. Kuidas see arv avaldub?

A205. Hinnata 6 b elektrilise kvadрупoolmomendiga tuuma  ${}_{73}\text{Ta}^{181}$  mittesfäärilisus. Eeldada, et tuum on pöörd-ellipsoidikujuline pooltelgedega  $a$  (spinni suunas) ja  $b$  (spinniga risti). Mittesfäärilisuse hinnanguks valida suhe  $a/b$ .

A206. Millist informatsiooni annab kihiline mudel järgmiste tuumade spinnkvantarvude määramisel:

${}_{3}\text{Li}^7$ ,  ${}_{7}\text{N}^{16}$ ,  ${}_{21}\text{Sc}^{45}$ ,  ${}_{38}\text{Sr}^{87}$ ,  ${}_{55}\text{Cs}^{133}$ ,  ${}_{92}\text{U}^{238}$  ?

### XXXIII. KIIRGUSE LÄBIMINEK AINEST

A207. Hinnata 380-keV energiaga müooni kulg õhus normaaltingimustes.

Näpunäide. Müooni mass on 207 korda suurem elektroni massist; laeng võrdub elementaarlaenguga. Seetõttu võib kasutada raskete osakeste kulu arvutamise võtmeid.

A208. Sfäärilise ionisatsioonikambri (raadius 13 cm) tsentris asub 3,5-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste punktikuju-line allikas. Määrata õhurõhk  $0^\circ\text{C}$  juures, millest alates küllastusvoolu tugevus antud kambris lakkab sõltumast rõhust.

Näpunäide. Meenutada termodünaamika valemit  $p = nkT$  ( $p$  - rõhk,  $n$  - osakeste arv ruumalaühikus,  $k$  - Boltzmanni konstant,  $T$  - absoluutne temperatuur).

A209. Deutroni kulg on õhus normaaltingimustes 6,5 cm. Lei-da deutroni esialgne kineetiline energia.

- A210. Millise paksusega õhukihi läbimisel normaalingimustes väheneb deutroni kineetiline energia kaks korda, kui ta esialgne kineetiline energia oli 5 MeV?
- A211. Määrata  $\alpha$ -osakese kulg pliiis, teades, et tema energia vastab 17-mikromeetrisele kulule alumiiniumis.
- A212. Alumiiniumlehe läbinud  $\alpha$ -osakese kineetiline energia on 7 MeV. Leida lehe paksus, kui  $\alpha$ -osakese esialgne kineetiline energia oli 13,7 MeV.
- A213. Millise paksusega alumiiniumlehekese läbimisel väheneb  $\alpha$ -osakese kineetiline energia neli korda, kui ta esialgne kineetiline energia oli 15 MeV?
- A214. Radioaktiivne preparaati Pu<sup>238</sup>, mis kiirgab 5,5-MeV energiaga  $\alpha$ -osakesi, kantakse elektrolüütiliselt paksule metallalusele. Määrata, millise pealekantud kihi minimaalse masspaksuse järel Pu<sup>238</sup> lisamine ei too kaasa preparaadi intensiivsuse suurenemist. (Pluatooniumi tihedus on 19,8 g/cm<sup>3</sup>.)
- A215. Milline on  $\alpha$ -osakese tekitatud keskmine eriooniatsioon õhus normaalingimustes, kui ta kulg on 3,58 cm? Kui paksu raudplaati oleks suutnud see  $\alpha$ -osake läbistada?
- A216. Arvutada  $\alpha$ -osakese poolt kulu esimesel, teisel ja viimasel kolmandikul tekitatud ioonpaaride suhteline hulk.
- A217. Määrata 2,5-MeV energiaga prootoni poolt kulu esimesel poolel tekitatud ioonpaaride suhteline hulk õhus normaalingimustes eeldusel, et ioonpaari tekitamise energia ei sõltu prootoni kiirusest.
- A218. Läbinud 70% oma kulust, tekitab prooton õhus normaalingimustes 10<sup>4</sup> ioonpaari. Arvutada prootoni esialgne kineetiline energia.

- A219. Mitu ioonpaari tekitab 3-MeV kineetilise energiaga deuteron õhus normaaltingimustes poole kuluga võrdsele trajektoirilõigul, mis paikneb sümmeetriliselt kulu keskpunkti suhtes?
- A220. Deutroni kulg õhus normaaltingimustes on 9,4 cm. Mitu ioonpaari tekitab ta oma kulu esimesel kiirtelehel?
- A221. Hinnata ühe- ja samasuguse kineetilise energiaga  $\alpha$ -osakese ja deutroni tekitatud keskmiste erlionisatsioonide suhe õhus normaaltingimustes mitterelativistlikul juhul eeldusel, et ioonpaari tekitamise energia ei sõltu ionisatsiooni esilekutsuva kiirguse liigist.
- A220. Võrrelda 5,3-MeV energiaga  $\alpha$ -osakese (kiiratud tuuma  $\text{Po}^{210}$   $\alpha$ -lagunemisel) trajektoori pikkusühiku kohta arvestatud ionisatsioonilist energiakadu alumiiniumis ja pliiis.
- A223. Võrrelda 5,3-MeV energiaga  $\alpha$ -osakese ja deutroni trajektoori pikkusühiku kohta arvestatud ionisatsioonilist energiakadu alumiiniumis.
- A224. Millise kineetilise energiaga elektroni radiatsiooniline energiakadu pliiis on a) võrdne ionisatsioonilise energiakaoga; b) moodustab 25% koguenergiakaost? Kõik nimetatud energiakaod on mõeldud arvestatuna trajektoori pikkusühiku kohta.
- A225. Leida 2-MeV kineetilise energiaga elektroni radiatsioonilise ja ionisatsioonilise energiakao suhe (trajektoori pikkusühiku kohta arvestatult) alumiiniumis tema kulu keskpunktis.
- A226. Leida elektroni kineetiline energia, kui tema kulg pliiis on  $8,85 \cdot 10^{-3}$  cm. Mitu protsenti moodustab selle elektroni radiatsiooniline energiakadu täielikust energiakaost kulu keskpunktis? (Energiakaod on arvestatud trajektoori pikkusühiku kohta.)
- A227. Läbinud teatud aine kihipaksuse 0,4 cm, vähenes kiire elektroni energia 25% võrra. Leida seda ainet ise-

loomustav radiatsiooniline pikkus eeldusel, et elektroni energiakadu on peamiselt radiatsiooniline.

- A228. Määrata  $\beta$ -aktiivse preparaadi  $Tl^{204}$  (elektroni maksimaalne kineetiline energia 0,77 MeV) minimaalne masspaksus, millest alates kihi paksuse suurenemine ei põhjusta antud kiirgusallika intensiivsuse suurenemist.
- A229. Õhukese pliiplaadi kiiritamisel Wilsoni kambris 3-MeV energiaga  $\gamma$ -kvantidega oli elektronide jälgi 3,7 korda rohkem kui positronide jälgi. Arvutada elektron-positronpaari tekke tõenäosuse ja ülejäänud protsesside tõenäosuste summa suhe.
- A230. 0,2-MeV energiaga gammakvantide voo intensiivsus vähenes 0,4 cm paksuse hõbeplaadi läbimisel 3,5 korda. Leida gammakiirguse neeldumise ristlõige hõbeda jaoks.
- A231. Määrata  $\gamma$ -kvandi keskmine vaba tee pikkus keskkonnas, milles poolnõrgendava kihi paksus on 4,5 cm.
- A232. Kitsas  $\gamma$ -kiirte kimp, mis sisaldab footoneid energiaintervallis 0,6 - 0,8 MeV, langeb risti alumiiniumplaadile paksusega 2 cm. Mitu korda väheneb selle kimbu intensiivsus plaadist läbiminekul, kui footonite jaotusfunktsioon energia järgi on konstantne ja nõrgenemiskoeffitsient on selles intervallis footoni energia lineaarne funktsioon?
- A233. Oletame, et ühe elemendi jaoks on mingil sagedusel teada  $\gamma$ -kiirguse lineaarsed neeldumiskoeffitsiendid  $\mu_{f1}$ ,  $\mu_{c1}$  ja  $\mu_{p1}$  vastavalt fotoefektist, Comptoni efektist ja elektron-positronpaaride tekest tingituna. Tuletada ligikaudne valem  $\gamma$ -kiirguse täieliku lineaarse neeldumiskoeffitsiendi arutamiseks teise elemendi jaoks samal sagedusel.
- A234. Eeldades, et ioonpaari tekitamise energia õhus on 34 eV, leida: a) 1 R kiiritusdoosi poolt esilekutsu-

tud neeldunud energia grammi õhu kohta; b) 1 R poolt tekitatud neeldunud doos õhus.

- A235. Õhku, mis asub normaaltingimustes paralleelsete plaatide-ionisatsioonikambri elektroodide vahel, ioniseeritakse ühtlaselt gammakiirte abil. Leida kiiritusdoosi võimsus, teades, et küllastusvool on  $10^{-9}$  A ja elektroodidevahelise õhu ruumala on  $50 \text{ cm}^3$ . (Plaatidevaheline kaugus on tunduvalt väiksem plaadi mõõtmetest.)
- A236. 2-MeV energiaga gammakvantide voo tihedus on  $10^4 \text{ } \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$  ja mass-neeldumiskoeffitsient õhus  $0,03 \text{ cm}^2/\text{g}$ . Määrata kiiritusdoosi võimsus. Mitu korda on see võimsus suurem keskmisest lubatud võimsusest 6-tunnise tööpäeva jooksul?
- A237.  $10^6 \text{ s}^{-1}$  intensiivsusega 1-MeV energiaga  $\gamma$ -kvantide allikas on ühtlaselt jaotatud piki ringjoont raadiusega 4 cm. Arvutada kiiritusdoosi võimsus punktis, mis asub ringjoone keskpunktist 7 cm kaugusel ning paikneb sümmeetriliselt ringjoone suhtes.
- A238. 1-MeV energiaga  $\gamma$ -kvantide allikas intensiivsusega  $10^6 \text{ s}^{-1}$  on ühtlaselt jaotatud mööda sirglõiku pikkusega 10 cm. Arvutada kiiritusdoosi võimsus punktis, mis paikneb allika keskristsirgel 5 cm kaugusel allika keskpunktist.
- A239.  $1\text{-cm}^2$  pindalaga bioloogilise koe pinnale langeb risti 3-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste voog  $10^5 \text{ } \frac{1}{\text{s}}$ . Määrata neeldunud ja bioloogilise doosi võimsus, teades, et alfaosakeste kulg koes võrdub praktiliselt kuluga vees.
- A240. Gammakiirguse kahjuliku mõju määramiseks töökohal kasutati elektrometriega ühendatud ionisatsioonikambrit, mis sisaldas 2 liitrit õhku normaaltingimustes. Süsteemi "kollektor - elektrometri niit" mahtuvus oli  $15 \text{ pF}$ , elektrometri tundlikkus  $6,1 \text{ V}$  jaotise

kohta. Leida gammakiirguse kiiritusdoos 6-tunnise tööpäeva jooksul, kui elektromeetri niidi edasiliikumise kiirus oli 5,07 jaotist minutis. Kui kaua aega võib päevas töötada ohutult sellel töökohal kaitset kasutamata?

- A241. Millise intensiivsusega gammakvantide voog suudab tekitada minuti jooksul 240 valgussähvatust kristallfosfooris NaJ-Tl, mille paksus on (gammakvantide voo sihis) 2 cm ja neeldumiskoeffitsient  $0,126 \text{ } \frac{1}{\text{cm}}$ ? Eeldada, et fosfoori efektiivsus laetud osakeste registreerimise suhtes võrdub 100%.
- A242. Määrata argooniga täidetud loendaja võrdelisuse ala lävipinge 60-mmHg rõhu juures. Teada on: loendaja raadius 1 cm, niidi raadius 0,005 cm, elektroni vaba tee pikkus argoonis 1 mmHg rõhu juures 0,068 cm ning argooni ionisatsioonipotentsiaal 15,8 V.
- A243. Loendaja hakkab tööle 1000 korda sekundis. Leida uuritava sündmuse tõeline sagedus, kui loendaja lahutus-aeg on  $2 \cdot 10^{-4}$  s.
- A244. Stilbeeni väljakiirgamis-aeg on  $7 \cdot 10^{-9}$  s, fotoelektronkordistaja lahutusaeg on  $1,5 \cdot 10^{-9}$  s. Määrata impulsside arv sekundi kohta fotoelektronkordistaja väljundis, kui stilbeeni satub sekundis  $5 \cdot 10^7$  elektroni.
- A245. Loendaja lahutusaeg on  $3 \cdot 10^{-5}$  s, registreeriva aparadi lahutusaeg  $2,5 \cdot 10^{-4}$  s. Mitu impulssi ajaühikus tekitab registreerivas aparaadis, kui loendajasse satub elektronide voog  $5 \cdot 10^3 \text{ } \frac{1}{\text{s}}$ ?
- A246. Elektron, mis liigub impulsiga p keskkonnas murdumisnäitajega n, kiirgab footoni sagedusega  $\nu$ . Lähtudes energia ja impulsi jäävuse seadusest näidata, et nurk  $\theta$  elektroni esialgse liikumissuuna ja tema kiiratud footoni liikumissuuna vahel avaldub valemiga:

$$\cos \theta = \frac{h\nu(n^2 - 1) + 2\sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4}}{2pcn},$$

kus  $m_0$  on elektroni seisumass,  $c$  - valguse kiirus vaakumis ja  $h$  - Plancki konstant. Analüüsida erijuhtusid:  
 1)  $n = 1$  (vaakum); 2)  $h\nu \ll pc$ .

A247. Näidata eelmise ülesande tingimustel, et nurk  $\varphi$ , mille võrra muutub elektroni liikumissuund, on arvutatav valemist

$$\cos \varphi = \frac{2 p^2 c^2 - 2 h \nu \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2} - h^2 \nu^2 (n^2 - 1)}{2 pc \sqrt{p^2 c^2 + h^2 \nu^2} - 2 h \nu \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}}.$$

Analüüsida samu erijuhtusid.

- A248. Leida elektronide kineetiline energia, kui liikudes klaasis murdumisnäitajaga 1,5 kiirgavad nad valgust  $30^\circ$ -se nurga all oma liikumissuunaga.
- A249. Milline peab olema  $\gamma$ -kvandi lainepikkus, et volframi aatomi K-kihast väljalöödud elektron hakkaks kiirgama valgust keskkonnas murdumisnäitajaga 1,4?
- A250. Arvutada Vavilov-Tšerenkovi efekti lävienergia prootoni liikumisel klaasis (murdumisnäitaja  $n = 1,8$ ), pleksiklaasis ( $n = 1,5$ ) ja õhus normaaltingimustes ( $n = 1,0003$ ).
- A251. Milliste osakeste puhul on Vavilov-Tšerenkovi efekti lävienergia (kineetilise energia skaalas) 29,6 MeV keskkonnas murdumisnäitajaga 1,6?
- A252. Määrata 5,62 at rõhu juures argooniga täidetud Tšerenkovi loendaja jaoks prootonite registreerimise lävienergia, kui argooni murdumisnäitaja 1 at juures on 1,000281.
- A253. 680-MeV kineetilise energiaga prooton liigub klaaskoonuse telge mööda aluse poole. Milline peab olema koonuse avanurk selleks, et Vavilov-Tšerenkovi kiirgus väljuks alusest paralleelse kiirtekimbu-na, kui klaasi murdumisnäitaja on 1,8?
- A254. Hinnata eelmise ülesande tingimustes prootoni trajektoori 1 cm pikkuselt osalt kogutud footonite

poolt fotoelektronkordistaja katoodist "väljalöödud" elektronide arv. Eeldada, et fotoelektronkordistaja on tundlik peamiselt spektri nähtavas alas ja on 3%-lise efektiivsusega.

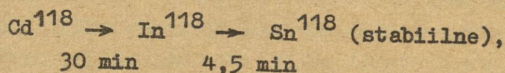
- A255. Millise kiirusega peaks liikuma prooton klaasis (murdumisnäitaja 1,8) selleks, et 1 cm pikkuselt trajektoori osalt kiirata nähtavasse spektrialasse 10 footonit?
- A256. Leida 1-MeV kineetilise energiaga elektroni energiakadu nähtavaks Vavilov-Tšerenkovi kiirguseks trajektoori pikkusühiku kohta vees liikumisel.

#### XXXIV. RADIOAKTIIVSUS

- A257. Leida plii hulk, mis tekkis 1 kg uraanist  $U^{238}$  maa-kera geoloogilise ea vältel ( $2,5 \cdot 10^9$  a.), kui  $U^{238}$  poolestusaeg on  $4,5 \cdot 10^9$  a.
- A258. Leida vanade puitesemete iga, kui on teada, et neis sisalduva  $C^{14}$  aktiivsus moodustab  $3/5$  sama isotoobi aktiivsusest kasvavates puudes. ( $C^{14}$  poolestusaeg on 5570 a.)
- A259. Leida uraanimaagi vanus, kui selles on plii ja uraani massi suhe 0,226. Uraani isotoopidest arvestada ainult  $U^{238}$ .
- A260. Mitu  $cm^3$  radooni (normaaltingimustes) tekib 1 g raadiumi  $Ra^{226}$  tuumade lagunemisel aasta jooksul?
- A261. Raadiumi  $Ra^{226}$  punktpreparaat asetseb 3 cm kaugusel 2-mm diameetriga ümmargusest fluorestseeruvast ekraanist. Määrata raadiumi mass preparaadis, kui iga 10 s jooksul tekib ekraanil 3 stsintillatsiooni.

- A262. Radioaktiivsest koobaldist  $\text{Co}^{58}$  (poolestusaeg 71,3 päeva) ja stabiilsest koobaldist  $\text{Co}^{59}$  koosneva preparaadi eriaktiivsus on 60 c/g. Arvutada radioaktiivse ja stabiilse koobaldi massi suhe selles preparaadis.
- A263. Millise hulga ( $\mu\text{g}$ )  $\beta$ -aktiivset nukliidi  $\text{Sr}^{89}$  (poolestusaeg 54,5 d) peab lisama 100  $\mu\text{g}$  aktiivsusetule strontsiumile, et saada preparaati eriaktiivsusega 1280 c/g?
- A264. Inimese verre süstiti 4  $\text{cm}^3$  lahust, mis sisaldas radioaktiivset  $\text{Na}^{24}$  aktiivsusega 2000 osakest sekundis. 5 tunni möödumisel oli inimeselt võetud 2  $\text{cm}^3$  vere aktiivsus 32 osakest minutis. Teades, et  $\text{Na}^{24}$  poolestusaeg on 15 h, leida inimese vere ruumala.
- A265. Automootori terasest kolvirõngast kiiritati neutronitega seni, kuni aktiivsus ei saanud võrdseks  $10^{-5}$  c (aktiivsus oli tingitud tuumadest  $\text{Fe}^{59}$  poolestusajaga 45,1 päeva). 9 päeva pärast seda asetati rõngas mootoris ja 30-päevase pideva töötamise järel oli  $\text{Fe}^{59}$ -st tingitud aktiivsus karteriõlis 12,6 lagunemist minutis 100  $\text{cm}^3$  kohta. Kui palju rõnga ainet kulub töö ajal, kui rõnga esialgne mass oli 30 g ja õli ruumala - 5680  $\text{cm}^3$ ?
- A266.  $\text{Pd}^{112}$   $\beta$ -lagunemisel tekib  $\beta$ -aktiivne  $\text{Ag}^{112}$ . Eeldades, et preparaat sisaldas algmomen dil ainult esimest nukliidi, leida teise nukliidi maksimaalse aktiivsuse ja preparaadi esialgse aktiivsuse suhe. Mainitud tuumade poolestusajad on vastavalt 21 h ja 3,2 h.
- A267. Radoon  $^{86}\text{Rn}^{222}$  muundub lagunedes polooniumiks  $^{84}\text{Po}^{218}$ , mis omakorda on  $\alpha$ -aktiivne. Leida ajavahemik, mille möödumisel koguneb maksimaalne hulk polooniumi, eeldusel, et algul eksisteeris ainult radoon. Määrata maksimaalne polooniumi hulk, kui radooni alghulk täitis normaaltingimustes ruumala 0,65  $\text{cm}^3$ .

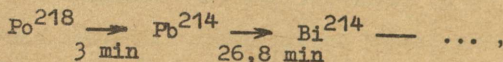
A268. Antud on radioaktiivne rida:



kus noolte all on märgitud poolestusajad. Eeldades, et algmomendil sisaldas preparaat ainult 0,1 g esimest nukliidi, leida stabiilse nukliidi mass tunni aja möödumisel.

A269. Leida eelmise ülesande tingimustel ajavahemik, mille möödumisel preparaadi summaarne aktiivsus saavutab maksimumi.

A270. Olgu antud radioaktiivsed muundumised



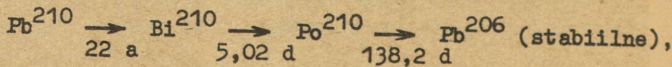
kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Eeldades, et algmomendil sisaldas preparaat ainult esimest nukliidi, leida ajavahemik, mille möödumisel teise nukliidi aktiivsus saavutab maksimumi.

A271. Raadiumi  $\text{Ra}^{226}$  lagunemisel tekib radoon  $\text{Rn}^{222}$ , mis on omakorda radioaktiivne. Radoon, mis koguneb 5 g raadiumi lagunemisel, eemaldatakse iga 48 tunni järel kiire pumpamisega. Leida kolmandal ja neljandal pumpamisel saadud radooni aktiivsuste vahe.

A272. Arvutada tuumade  $\text{U}^{238}$  poolestusaeg, kui on teada, et n sellist tuuma on radioaktiivses tasakaalus  $n \cdot 3,62 \cdot 10^{-7}$  tuumaga  $\text{Ra}^{222}$  (poolestusaeg 1620 a.).

A273. Leida 1 g raadiumiga  $\text{Ra}^{226}$  radioaktiivses tasakaalus oleva radooni  $\text{Rn}^{222}$  mass ja ruumala normaaltingimustes.

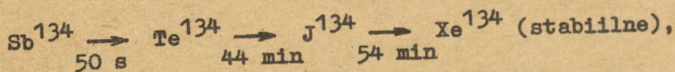
A274. Antud on radioaktiivne rida



kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Leida

nukliidide  $Pb^{210}$ ,  $Bi^{210}$  ja  $Po^{210}$  mass preparaadis, milles  $Pb^{210}$  on radioaktiivses tasakaalus oma lagunemisproduktidega ja kiirgab koos viimastega  $2 \cdot 10^{12}$  elektroni sekundis.

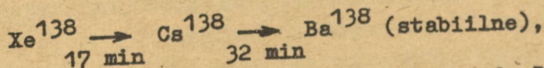
A275. Preparaadis, mis sisaldab algmomendil ainult nukliidi  $Sb^{134}$ , toimuvad radioaktiivsed muundumised



kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Leida tuumade  $Xe^{134}$  suhteline hulk tunni aja möödumisel.

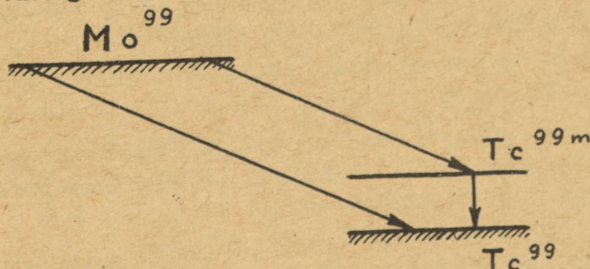
A276. Radioisotoop  $Mg^{27}$  tekib konstantse kiirusega  $5 \cdot 10^{10}$  tuuma sekundis. Teades, et  $Mg^{27}$  poolestusaeg  $T = 9,5$  min, leida  $Mg^{27}$  tuumade arv, mis koguneb ajavahemiku  $t$  jooksul, kui a)  $t \gg T$ , b)  $t = T$ .

A277. Radioaktiivne nukliid  $Xe^{138}$ , mis tekib konstantse kiirusega  $10^{12}$  tuuma minutis, kutsub esile radioaktiivse rea



kus noolte alla on kirjutatud poolestusajad. Leida tseesiumi tuumade arv 32 min järel pärast nende kogunemise algust.

A278. Radioisotoop  $Mo^{99}$ , alludes  $\beta$ -lagunemisele (poolestusaeg 67 h), muundub stabiilseks isotoobiks  $Tc^{99}$ ,

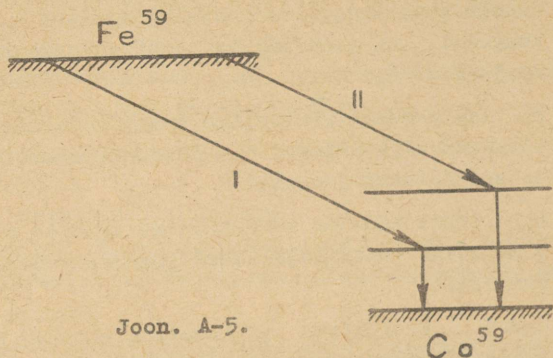


Joon. A-4.

kusjuures 75%  $\beta$ -muundumisi läbib isomeerse seisundi  $Tc^{99m}$ , mille eluiga on 8,71 h (joon. A-4). Eeldades, et algmomendil sisaldas preparaati ainult  $Mo^{99}$ , leida 5 tunni jooksul kogunenud stabiilsete tuumade suhteline hulk (protsentides tuumade koguarvust).

- A279. Millise osa paigalseisva tuuma  $Po^{210}$   $\alpha$ -lagunemise energiast moodustab tütartuuma kineetiline energia?
- A280. Kalorimeetriliste mõõtmistega tehti kindlaks, et  $\alpha$ -aktiivne preparaati  $Po^{210}$  eraldas 4 kJ soojust ajavahe- miku jooksul, mis võrdub poole poolestusajaga. Arvuta- da preparaadi esialgne aktiivsus, kui kiirgunud  $\alpha$ - osakese energia on 5,3 MeV ja poolestusaeg 138 d.
- A281. Polooniumi preparaati  $Po^{210}$  aktiivsusega 0,1 c paiguta- ti kalorimeetrisse, mille soojusmahtuvus oli 1 cal/deg. Mitme kraadi võrra tõusis kalorimeetri temperatuur tun- ni aja möödumisel, kui nimetatud polooniumi preparaati kiirgab 5,3-MeV energiaga  $\alpha$ -osakesi?
- A282. Hinnata kulonilise potentsiaalbarjääri kõrgus  $Po^{210}$  kiiratava  $\alpha$ -osakese jaoks.
- A283. Tuumade  $Po^{212}$   $\alpha$ -lagunemisel kiirguvad peale põhi- gruppi kuuluvate  $\alpha$ -osakeste ka pikakululised  $\alpha$ - osakesed, millele vastav radioaktiivse lagunemise kons- tant on  $9 \cdot 10^7$  1/s, ja gammakvandid, mille energia võr- dub tuumaergastusenergiaga. Määrata ergastatud seisun- di eluiga gammakiirguse suhtes, kui iga pikakululise  $\alpha$ -osakese kohta tuleb 5300 gammakventi.
- A284. Kasutades tilgamudelit otsustada, kas tuum  $82Pb^{210}$  on  $\beta_+$ - või  $\beta_-$ -aktiivne.
- A285. Arvutada paigalseisvate tuumade  $Be^{10}$  poolt kiiratud elektronide maksimaalne impulss eeldusel, et tütartuu- mad tekivad põhiseisundis.
- A286. Paigalseisva tuuma  $Ar^{37}$  K-haardel tekib tütartuum põhiseisundis. Jättes arvestamata K-kihi elektroni seose tuumaga, arvutada tütartuuma kiirus.

A287. Joonisel A-5 on esitatud tuumade  $Fe^{59}$   $\beta$ -lagunemise skeem.



Joon. A-5.

Lagunemisvõimaluste I ja II suhtelised hulgad on 54% ja 46% ning neile vastavad konversioonikoefitsiendid  $1,8 \cdot 10^{-4}$  ja  $1,2 \cdot 10^{-4}$ . Mitu konversioonelektroni kiirgab 1-mc aktiivsusega preparaat  $Fe^{59}$  sekundis?

A288. Tuumal  $Sn^{119}$  on ergastatud nivoo, mille energia on 23,8 keV ja laius  $2,4 \cdot 10^{-8}$  eV. Kas on võimalik tuuma  $Sn^{119}$  kiiratud gammakvandi resonantsneeldumine teises tuumas  $Sn^{119}$ , mis asub põhiseisundis? (Mõlemad tuumad lugeda algul paigalolevateks.)

A289. Millise kiirusega peavad lähenema kaks tuuma  $Ir^{191}$ , et 129-keV energiaga kvant, mille kiirgas üks tuum, võiks neelduda teises tuumas?

A290. Mössbaueri efektis leiti, et tuumade  $Ir^{191}$  kiiratud 129-keV gammakvantide resonantsneeldumine kaob kiirgaja ja neelaja suhtelise kiiruse 2 cm/s juhul. Hinnata tuuma  $Ir^{191}$  vastava ergastatud seisundi eluiga ja nivoo laius.

A291. Tuumade  $Fe^{57}$  ja  $Zn^{67}$  Mössbaueri gammajoonte suhtelised laiused on vastavalt  $3 \cdot 10^{-13}$  ja  $5 \cdot 10^{-16}$ . Millisele kõrgusele maapinnast tuleb viia kiirgusallikas ( $Fe^{57}$  või  $Zn^{67}$ ), et Mössbaueri joonte gravitatsiooniline nihe ületaks nimetatud gammajoonte laiuse?

- A292. Millise kiiritusdoosi võimsuse tekitab 1-mc aktiiv-  
susega punktikujuline koobaltpreparaat ( ${}_{27}\text{Co}^{60}$ ) 50 cm  
kaugusel, kui mainitud isotoobi gammakonstant on  
 $13,5 \text{ R. cm}^2/\text{h. mc}$ ?
- A293. Millise gammaekvivalendiga punktikujulisest kiirgus-  
allikast võib inimene 1 m kaugusel ohutult viibida nä-  
dalas 36 tunni jooksul?
- A294. Mitu tundi nädalas võib inimene viibida kaitseta  
5 mg.eq.-Ra punktikujulisest gammakiirgusallikast 0,5 m  
kaugusel?
- A295. 2-MeV energiaga  $\gamma$ -kvantide allikas on ühtlaselt  
jaotatud õhukesel ümmargusel kettal raadiusega 3 cm.  
Allika aktiivsus on  $0,1 \text{ c/cm}^2$ ,  $\gamma$ -kvantide saagis  
100%. Leida kiiritusdoosi võimsus punktis, mis asetseb  
6 cm kaugusel ketta keskpunktist ja paikneb sümmeetri-  
liselt ketta suhtes.

#### XXXV. TUUMAREAKTSIOONID

- A296. Vaskplaadi kiiritamisel neutronitega tekkisid tuuma-  
reaktsiooni ( $n, \gamma$ ) tulemusena kaks radioaktiivset nuk-  
liidi poolestusaegadega 4,34 min ja 12,88 h,  $\gamma$ -kvan-  
tidega kiiritamisel reaktsiooni ( $\gamma, n$ ) tulemusena  
samuti kaks nukliidi poolestusaegadega 10 min ja  
12,88 h. Millised nukliidid tekkisid? Määrata nende  
poolestusajad.
- A297. Arvutada tabeli andmete põhjal tuumareaktsiooni  
 $\text{Li}^7(\alpha, n)\text{B}^{10}$  lävienergia. Leida tuuma  $\text{B}^{10}$  kiirus ju-  
hul, kui  $\alpha$ -osakese kineetiline energia võrdub reakt-  
siooni lävienergiaga.
- A298. Leida tuumareaktsiooni  ${}_{3}\text{Li}^7 + p \rightarrow 2\alpha$  soojuslik  
efekt, lähtudes  ${}_{3}\text{Li}^7$  ja  ${}_{2}\text{He}^4$  eriseosenergiatest, mis  
on vastavalt 5,61 MeV ja 7,06 MeV.

- A299. Leida tuumareaktsioonil  $\text{Be}^9(d, \alpha)\text{Li}^7$  vabanev energia.
- A300. Leida tuumareaktsiooni  ${}_3\text{Li}^7(p, n){}_4\text{Be}^7$  lävienergia, kui soojuslik efekt on  $-1,647$  MeV.
- A301. Leida soojuslike neutronite poolt esilekutsutud tuumareaktsiooni  $\text{B}^{10}(n, \alpha)\text{Li}^7$  produktide kiirused eeldusel, et tuumad  $\text{B}^{10}$  on paigal.
- Näpunäide. Kasutada energia ja impulsi jäävuse seadust, jättes arvestamata soojuslike neutronite energia ja impulsi.
- A302. Aeglased prootonid kutsuvad esile tuumareaktsiooni  $\text{Li}^7 + p \rightarrow 2\text{He}$ . Arvutada kummagi  $\alpha$ -osakese kineetiline energia.
- A303. 10-MeV kineetilise energiaga neutronid tekitavad tuumadel  $\text{C}^{12}$  reaktsiooni  $(n, \alpha)$ , mille lävienergia on 6,17 MeV. Arvutada neutronite liikumissuunaga risti väljalendavate  $\alpha$ -osakeste kineetiline energia.
- A304. Tuumareaktsioon  $\text{Be}^9(\alpha, n)\text{C}^{12}$ , mille soojuslik efekt on 5,7 MeV, kutsutakse esile 5,3-MeV kineetilise energiaga  $\alpha$ -osakeste poolt. Määrata nende neutronite kineetiline energia, mis tekkemomendil liiguvad risti  $\alpha$ -osakeste liikumissuunaga.
- A305. Määrata tuumareaktsiooni  $\text{Be}^9(p, \alpha)\text{Li}^6$  (soojuslik efekt 2,13 MeV) esilekutsuvate prootonite kineetiline energia, kui nende liikumissuunaga risti kiirguvate  $\alpha$ -osakeste kulg õhus normaaltingimustes on 2,5 cm.
- A306. Milline peab olema prootoni kineetiline energia, et saada reaktsiooni  $\text{Li}^7(p, n)\text{Be}^7$  tulemusena laboratoorses koordinaadisüsteemis paigalolevat neutronit?
- A307. Lämmastikutuumade  $\text{N}^{14}$  pommitamisel 8,8-MeV kineetilise energiaga  $\alpha$ -osakestega tekib tuumareaktsioon  $(\alpha, p)$ . Arvutada  $\alpha$ -osakestega samas ja vastassuunas liikuvate prootonite kineetiline energia.

- A308. Tuumareaktsiooni toimumise kiirust võib iseloomustada märklauatuuma keskmise pommitamise ajaga  $\tau$  selle momendini, kui tuum astub tuumareaktsiooni. Leida  $\tau$  reaktsiooni  $\text{Ni}^{60} (\alpha, n) \text{Zn}^{63}$  jaoks, kui efektiivne ristlõige on  $0,5 \cdot b$  ja  $\alpha$ -osakeste voo tihedus on  $10^{-5} \text{ A/cm}^2$ .
- A309. Gaasilist boorfluoriidi ( $\text{BF}_3$ ), mis normaalingimustes täidab ruumala  $10 \text{ cm}^3$ , kiiritatakse soojuslike neutronitega (vootihedus  $10^{12} \text{ 1/s} \cdot \text{cm}^2$ ). Mitu tuumareaktsiooni ( $n, \alpha$ ) booril  ${}^5_3\text{B}^{10}$  toimub antud ruumalas sekundis, kui tuumareaktsiooni efektiivne ristlõige on  $3813 \text{ b}$ ?
- A310. Leida võimsus, mis eraldub tuumareaktsiooni  ${}^5_3\text{B}^{10} (n, \alpha) {}^3_3\text{Li}^7$  tulemusena  $1 \text{ cm}^3$  gaasilises  $\text{BF}_3$  (normaalingimustes), soojuslike neutronite voo mõjul, mille tihedus on  $10^{11} \text{ 1/s} \cdot \text{cm}^2$ . Reaktsiooni ristlõige on  $3813 \text{ b}$ .  
Näpunäide. Kasutada eelmise ülesande tulemust.
- A311. Raskest jääst õhukese märklaua kiiritaqisel 1-MeV kineetilise energiaga deutronite paralleelse vooga<sup>¶</sup> oli tuumareaktsiooni  $\text{H}^2 (d, n) \text{He}^3$  saagis  $8 \cdot 10^{-6}$  ja efektiivne ristlõige  $0,02 \text{ b}$ . Määrata sama reaktsiooni ristlõige deutroni 2-MeV kineetilise energia juhul, kui saagis on sama märklaua kasutamisel  $4 \cdot 10^{-5}$ .
- A312. Reaktsiooni ( $\gamma, n$ ) saagis 1 mm paksusega alumiiniumplaadi kiiritamisel 17-MeV gammakvantide paralleelse vooga on  $4 \cdot 10^{-4}$ . Leida selle reaktsiooni efektiivne ristlõige.
- A313. Kambrit, milles asub gaasiline lämmastik normaalingimustes, läbib monokromaatiliste neutronite paralleelne kimp intensiivsusega  $10^8 \text{ 1/s}$ . Leida reaktsiooni ( $n, p$ ) efektiivne ristlõige, kui  $0,01 \text{ s}$  vältel tekib pikkusel  $1 \text{ cm}$  piki kimpu 95 protonit.

<sup>¶</sup> Siin ja edaspidi eeldatakse, et osakeste paralleelne voog langeb risti märklaua pinnaga.

- A314. Raudplaati kiiritatakse 22-MeV energiaga prootonite paralleelse vooga, mille intensiivsus on  $2 \cdot 10^{-5}$  A. Saagisega  $1,2 \cdot 10^{-3}$  tuumareaktsiooni (p, n) tulemusena tekib radioaktiivne koobalt  $\text{Co}^{56}$  poolestusajaga 77,2 d. Määrata märklaua aktiivsus 2,5 tunni möödumisel pärast kiirituse algust.
- A315. Belmise ülesande tingimustel leida plaadi aktiivsus 20 päeva pärast pikaajalise kiirituse lõpetamist.
- A316. Soojuslike neutronite toimel tekib tuumareaktsioon  $\text{Ar}^{40}(n, \gamma)\text{Ar}^{41}$  (efektiivne ristlõige 0,53 b). Leida normaaltingimustes argoonist  $\text{Ar}^{41}$  (poolestusaeg 1,8 h) tingitud radioaktiivsus  $1 \text{ cm}^3$  õhus reaktori pikaajalisel töötamisel. Neutronite voo tihedus on  $10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , argoonisisaldus õhus 1,29% (kaalu järgi).
- A317. Neutronite allikas, mis töötab tuumareaktsiooni  $\text{Be}^9(\alpha, n)\text{C}^{12}$  tulemusena, kiirgab 410 päeva pärast valmistamist neutroneid intensiivsusega  $5 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$ . Eeldades, et reaktsiooniks vajalikud  $\alpha$ -osakesed saadi tuumadest  $\text{Po}^{210}$ , leida polooniumi esialgne mass, kui selle reaktsiooni saagis on  $2,6 \cdot 10^{-5}$ .
- A318. Naatriummärklaua kiiritati pikaajaliselt 14-MeV energiaga neutronite paralleelse vooga  $10^{-5}$  A. Tuumareaktsiooni (d, p) tulemusena tekkiva radioaktiivse naatriumi  $\text{Na}^{24}$  poolestusaeg on 14,9 h. Leida nimetatud tuumareaktsiooni saagis, kui 10 tundi pärast pikaajalise kiirituse lõppu oli märklaua aktiivsus 1,6 c.
- A319. Õhukest  $1 \text{ g/cm}^2$  massipaksusega fosforplaati kiiritati 4 h vältel 2-MeV energiaga neutronite paralleelse vooga, mille intensiivsus oli  $2 \cdot 10^{10} \text{ 1/s}$ . 1 h möödumisel pärast kiirituse lõppu oli plaadi aktiivsus 0,105 mc. Teada oli, et aktiivsus on tingitud isotobist  $\text{Si}^{31}$  (poolestusaeg 2,62 h), mis tekkis reaktsiooni (n, p) tulemusena. Määrata selle tuumareaktsiooni efektiivne ristlõige.

- A320. Paksu alumiiniummärklauda kiiritati 7-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste paralleelse vooga  $5 \cdot 10^{-6}$  A. Eksotermilise reaktsiooni ( $\alpha, n$ ) tulemusena kiirgus  $1,6 \cdot 10^9$  neutronit sekundis. Leida tuumareaktsiooni saagis ja keskmine efektiivne ristlõige.
- A321. Paksu berülliummärklauda pommitati 7-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste paralleelse vooga. Määrata eksotermilise tuumareaktsiooni ( $\alpha, n$ ) keskmine efektiivne ristlõige, kui on teada, et saagis on  $2,5 \cdot 10^{-4}$ .
- A322. Paksu märklauda ( $I_{17}$ ) pommitatakse 7-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste paralleelse vooga. Määrata endotermilise reaktsiooni ( $\alpha, n$ ) keskmine efektiivne ristlõige, kui saagis on  $2,8 \cdot 10^{-5}$ .
- A323. Wilsoni kambriisse, mis on täidetud õhuga normaaltingimustes, suunatakse 7,8-MeV energiaga  $\alpha$ -osakeste paralleelne kimp. Kambri mõõde piki kimpu on suurem  $\alpha$ -osakese kulust. Leida tuumadel  $N^{14}$  toimuva endotermilise reaktsiooni ( $\alpha, n$ ) (soojuslik efekt -1,20 MeV) keskmine efektiivne ristlõige, kui saagis on  $2 \cdot 10^{-6}$  ja õhu lämmastikusisaldus on 78% (ruumala järgi).
- A324. Paksu märklauda, milles on n tuuma ruumalaühiku kohta, pommitatakse raskete laetud osakestega. Määrata eksotermilise tuumareaktsiooni efektiivne ristlõige, kui on teada saagise sõltuvus pealelangevate osakeste kiineetilisest energiast E ja ionisatsiooniline energia kadu trajektoori pikkusühiku kohta  $dE/dx = -f(E)$ ,  $f(E) > 0$ .
- A325. Määrata tuuma  $I_{16}$  poolt 250-keV energiaga neutroni neelamise järel tekkinud ergastatud tuuma keskmine eluiga, kui on teada selle tuuma keskmised eluead neutroni ja  $\alpha$ -osakese kiirgamise suhtes ( $1,1 \cdot 10^{-20}$  s ja  $2,2 \cdot 10^{-20}$  s).

- A326. Õhukest  $\text{Cd}^{113}$ -märklauda kiiritati kuue päeva vältel soojuslike neutronite paralleelses voos tihedusega  $10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Leida reaktsiooni  $(n, \gamma)$  efektiivne ristlõige, kui nimetatud ajavahemiku jooksul vähenes tuumade  $\text{Cd}^{113}$  arv 1% võrra.
- A327. Määrata radioaktiivsete tuumade  $\text{Ag}^{108}$  ja  $\text{Ag}^{110}$  arvu suhe vahetult pärast õhukese loodusliku hõbeplaadi kiiritamist 7 min vältel soojuslike neutronite paralleelses voos. Need tuumad tekivad reaktsiooni  $(n, \gamma)$  tulemusena, ristlõiked on vastavalt 44 ja 110 b.
- A328. 1 cm paksune veekiht vähendab 6-MeV energiaga neutronite paralleelse voo intensiivsust 1,145 korda. Lei- da neutronite poolt prootonitel esilekutsutud protses- side efektiivne ristlõige, kui hapniku tuumadel on vas- tav suurus 1 b.
- A329. Milline peab olema kaadmiumplaadi paksus selleks, et vähendada soojuslike neutronite paralleelse voo inten- siivsust (neeldumise ristlõige kaadmiumis  $\text{Cd}^{113}$  on  $2 \cdot 10^4$  b) 100 korda? (Soojuslikud neutronid reageeri- vad ainult kaadmiumiga  $\text{Cd}^{113}$ .)
- A330. 10-MeV energiaga neutronite paralleelse voo inten- siivsus väheneb 1,5 korda 3 cm paksuse parafiinkihi  $(\text{CH}_2)$  läbimisel. Neutronite poolt vesinikul esilekut- sutud reaktsioonide täielik efektiivne ristlõige on 1 b. Määrata vastav efektiivne ristlõige süsinikul.
- A331. Mitu korda väheneb soojuslike neutronite voog raskes vees 5 cm paksuse kihi läbimisel? Neutronite poolt deuteronitel ja hapnikutuumadel esilekutsutud protses- side ristlõiked on vastavalt 7,0 ja 4,2 b.
- A332. Kuut järjestikku asetatud  $0,2 \text{ g/cm}^2$  masspaksusega kuldplaati kiiritatakse soojuslike neutronite paral- leelses voos. Leida kuuendas plaadis neeldunud neut- ronite ja kolmandale plaadile langevate neutronite ar- vu suhe, kui neutronite poolt kullatuumadel esilekut- sutud protsesside summaarne ristlõige on 193 b.

- A333. Soojuslikud neutronid kutsuvad esile 96 b ristlõikega tuumareaktsiooni, mille tulemusena tekivad stabiilsetest tuumadest  $\text{Au}^{197}$  radioaktiivsed tuumad  $\text{Au}^{198}$  poolustusajaga 2,7 päeva. Millise tihedusega neutronite paralleelses voos peab kiiritama ööpäeva vältel  $1\text{-cm}^2$  pindalaga  $20\ \mu\text{m}$  paksust kuldplaati, et saada kiirituse lõpul  $20\ \mu\text{c}$  aktiivsust.
- A334. Kaht võrdse massiga  $\text{U}^{235}$  plaati - üks õhuke, teine paks (viimase massipaksus on  $0,15\ \text{g/cm}^2$ ) - kiiritatakse ühe ja sama tihedusega soojuslike neutronite paralleelses voos. Leida õhukeses ja paksus plaadis neeldunud neutronite arvude suhe võrdse kiiritusaja eeldusel.
- A335. Ionisatsioonikambri mõlemale elektroodile on kantud boorkarbiidi kiht, mille paksus  $d$  ületab tuumareaktsiooni  $\text{B}^{10}(n, \alpha)\text{Li}^7$  tulemusena tekkinud  $\alpha$ -osakese kulu. Tõestada, et elektroodidega risti liikuvate soojuslike neutronite registreerimise efektiivsus  $f$  avaldub valemiga

$$f = n\sigma(R_{\alpha} + R_{\text{Li}})/2,$$

kus  $n$  on boorituumade arv ruumalaühikus,  $\sigma$  - tuumareaktsiooni efektiivne ristlõige,  $R_{\alpha}$  ja  $R_{\text{Li}}$  - osakese ja liitiumituumade kulud. Eeldada, et boorkarbiidi kiht on küllalt õhuke ( $\sigma nd \ll 1$ ).

- A336. Grafiidist kerakihi (seesmine ja välimine raadius on vastavalt 1 ja 10 cm) tsentris asub monokromaatiliste neutronite punktikujuline allikas intensiivsusega  $10^5$  1/s. Süsinikutuumade täielik efektiivne ristlõige antud energiaga neutronite jaoks on 1,6 b. Määrata neutronite voo tihedus kihi välispinnal.
- A337. 3,5-MeV energiaga neutronite allikas intensiivsusega  $10^6\ \text{s}^{-1}$ , mis asetseb veega täidetud sfäärilise konteineri keskpunktis, tekitab konteineri välispinnal voo tihedusega  $10^2\ \text{cm}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ . Leida konteineri raadius, kui nimetatud energiaga neutronite jaoks on ni vesiniku kui ka hapniku tuumadel esilekutsutud prot-

sesside efektiivne ristlõige ligikaudu 2 b.

- A338. Aeglaste neutronite mitte-monokromaatilise voogu langeb õhukesele märklauale, tekitades tuumareaktsiooni, mille efektiivne ristlõige allub seadusele  $\frac{1}{v}$ . Näidata, et a) neutronite etteantud ruumilise tiheduse juhul tuumareaktsioonide toimumise kiirus ei sõltu neutronite jaotusest energia järgi;  
b) reaktsiooni keskmine efektiivne ristlõige (keskmistatud neutronite kiiruse järgi) võrdub reaktsiooni efektiivse ristlõikega keskmise kiiruse juures, s.o.  $\bar{\sigma}(v) = \bar{\sigma}(\bar{v})$ .
- A339. Aeglaste neutronite paralleelse voo intensiivsus väheneb  $1 \text{ g/cm}^2$  masspaksusega looduslikust boorist plaadi läbimisel 20 korda. Leida neutroni kinetiline energia eeldusel, et kehtib seadus  $1/v$  ja  $2200 \text{ m/s}$  kiirusega neutronite juhul reaktsiooni efektiivne ristlõige on 3813 b. (Neutronid reageerivad praktiliselt ainult booriga  $B^{10}$ .)
- A340.  $10\text{-eV}$  energiaga neutronite paralleelne voog läbib normaaltingimustes  $15 \text{ cm}$  pikki gaasilise boorfluoridiga ( $BF_3$ ) täidetud loendajat, mis töötab tänu reaktsioonile  ${}_5B^{10}(n,\alpha){}_3Li^7$ .
1. Määrata loendaja efektiivsus, kui on teada, et kehtib seadus  $1/v$  ja  $2200 \text{ m/s}$  kiirusega neutronite juhul reaktsiooni efektiivne ristlõige on 3813 b ning gaas sisaldab looduslikku boori.
  2. Määrata, millise  $B^{10}$  suhtelise sisalduse juhul on loendaja efektiivsus 2 korda suurem.
- A341. Kui kaua peab kiiritama õhukest naatriumplaati soojuslike neutronite isotroopses voos tihedusega  $10^9 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Leida tuumade  $Cd^{114}$  tekke kiirus, kui tuumadel  $Cd^{113}$  neutronite neelamise ristlõige on  $2,5 \cdot 10^4 \text{ b}$ .

- A342. 1-mg massiga loodusliku kaadmiumi õhukest plaati kiiritatakse soojuslike neutronite isotroopses voos tihedusega  $10^{12} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ . Leida tuumade  $\text{Cd}^{114}$  tekke kiirus, kui tuumadel  $\text{Cd}^{113}$  neutronite neelamise ristlõige on  $25,3 \cdot 10^3 \text{ b}$ .
- A343. Õhukesele märklauale  $\text{Be}^9$  masspaksusega  $1 \text{ mg/cm}^2$  langeb kaadmiumseintega koonuse tipu lähedale tehtud väikesest avast soojuslike neutronite isotroopne voog. Leida reaktsiooni  $(n, \gamma)$  saagis, kui efektiivne ristlõige on  $0,01 \text{ b}$ . Koonus piirab ruuminurga  $1 \text{ sr}$ , tema telg on risti märklauga ja mainitud ava on vastu märklauda.
- A344. Bohr, Wheeler ja Frenkel näitasid tilgamudeli alusel, et tuum on täiesti ebastabiilne kaheks võrdseks kiluks lõhustumise suhtes siis, kui tema elektrostaatiline energia on 2 korda suurem pinnaenergiast. Leida sellise tuuma lõhustumisparameeter. Võrrelda tulemust perioodilisuse süsteemi viimaste elementide aatomituumade lõhustumisparameetritega.
- A345. Kasutades tilgamudelit näidata, et tuumad  $\text{Pu}^{239}$  võivad lõhustuda soojuslike neutronite mõjul.
- A346. Tuuma  ${}_Z(A)^A$  lõhustumisel tekkinud kildtuumade summaarne kineetiline energia  $W$  avaldub järgmise ligikaudse skeemiga:
- $$W = 0,12 Z^2 A^{-1/3} \text{ MeV.}$$
- Arvutada paigalseisva tuuma  $\text{U}^{236}$  lõhustumisel tekkinud kildtuumade  $\text{Sr}^{94}$  ja  $\text{Xe}^{140}$  kineetilised energiad eeldusel, et lõhustumisneutronid liiguvad teineteisele vastassuunas.
- A347. Tuumade lõhustumisel kiirguvate hetkeliste neutronite jaotusfunktsioon kineetilise energia  $E$  järgi avaldub järgmiselt:

$$f(E) = A \operatorname{sh} \sqrt{2aE} e^{-aE},$$

kus  $A$  ja  $a$  on konstandid,  $a^{-1} = 1 \text{ MeV}$ . Arvutada neutronite keskmine kineetiline energia.

- A348. Leida eelmise ülesande tingimustes neutroni tõenäolisim kineetiline energia.
- A349. Arvutada nukliidi  $U^{235}$  mass, mis võtab lõhustumisreaktsioonist osa  $3 \cdot 10^4$  t trotüülekvivalendiga aatomipommis. Trotüüli soojuslik ekvivalent on 1000 kcal/kg, ühe tuuma lõhustumisel vabanev energia - 200 MeV.
- A350. Hinnata  $3 \cdot 10^4$  kW võimsusega aatomielektri jaamas anti-neutriinode poolt kaasaviidud võimsus. Leida ka anti-neutriinode voog eeldusel, et ühe tuuma lõhustumisega kaasneb 5  $\beta$ -lagunemist ja antineutriino keskmine energia on 2,2 MeV  $\beta$ -lagunemise kohta.
- A351. Leida lõhustumisega kaasnevate hetkeliste neutronite arv neelatud soojusliku neutroni kohta loodusliku isotoopilise koostisega uraanis ja rikastatud uraanis, milles tuumade  $U^{235}$ -sisaldust on tõstetud 1,5%-ni.
- A352. Nukliidis  $U^{238}$  on hetkeliste neutronite arvud  $\nu$  lõhustumisakti kohta 3,0 ja 4,5 vastavalt 4- ja 14-MeV energiaga pealelangevate neutronite juhul. Eeldades, et  $\nu$  sõltub lineaarselt pealelangevate neutronite energiast, arvutada keskmine hetkeliste neutronite arv  $\eta$  1,5-MeV energiaga (lävienergia lähedal) pealelangeva neutroni kohta, kui neeldumise ja lõhustumise efektiivsed ristlõiked selle energia juures on vastavalt 79 b ja 0,6 b.
- A353. Soojustlike neutronite paralleelne voog, mille tiheus on  $10^{10}$   $\nu/cm^2 \cdot s$ , langeb looduslikust uraanist 4,1 g/cm<sup>2</sup> masspaksusega plaadile. Leida tuumade  $U^{235}$  lõhustumisel vabanenud võimsus plaadi pindalaühiku kohta. (Lõhustumisakti kohta vabanev energia on 200 MeV.)
- A354. 0,5 g/cm<sup>2</sup> masspaksusega  $U^{235}$ -plaati kiiritatakse soojustlike neutronite paralleelse vooga. Leida lõhustumisel tekkinud kiirete neutronite keskmine arv pealelangeva voo soojusliku neutroni kohta.

- A355. Millise paksusega  $U^{235}$ -kihhis tekib  $I_0$  soojusliku neutroni pealelangemisel niisama palju hetkelisi lõhustumisneutroneid?
- A356. Õhukest  $U^{233}$ -plaat massiga 0,1 g kiiritati 1 min vältel soojuslike neutronite paralleelses voos tihedusega  $10^{10} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . 10 s pärast kiirituse lõppu oli plaadi neutron-aktiivsus  $3,8 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$ . Leida neutronaktiivsete tuumade tekke reaktsiooni saagis (lõhustumisakti kohta), kui poolestusperiood on 55 s. Ahelreaktsiooni arengu võib õhukeses plaadis jätta arvestamata.
- A357. Kas mittekustuva ahelreaktsiooni tekkimine on võimalik lõpmatus uraani  $U^{238}$  keskkonnas? Eeldada, et iga lõhustumisakti kohta tekib 2,5 neutronit ja pooltel neist on energia väiksem  $U^{238}$  lõhustumise lävienergiast; lõhustumise efektiivne ristlõige on 0,4 b ja ülejäänud protsesside efektiivsete ristlõigete summa on 2 b.
- A358. Leida soojuslike neutronite kasutamiskoeffitsient  $f$  metallilise uraani (loodusliku isotoopilise koosseisuga) ja süsiniku homogeense segu jaoks, kui aeglustaja ja uraani aatomite arvud suhtuvad nagu 500:1. (Süsinikul neutronite poolt esilekutsutud peamise reaktsiooni ( $n, \nu$ ) efektiivne ristlõige on 3,3 mb.)
- A359. Homogeenne keskkond koosneb puhtast uraanist  $U^{235}$  ja süsinikust. Millise minimaalse aeglustaja ja uraani tuumade arvu suhte juures on võimalik selles keskkonnas tekitada mittekustuvat ahelreaktsiooni soojuslike neutronitega eeldusel, et  $\epsilon p = 1$  (standardtähistustes).
- Andmed võtta eelmisest ülesandest.
- A360. Näidata, et soojuslike neutronite kasutamiskoeffitsient  $f$  suureneb uraani rikastamisel isotoobiga  $U^{235}$  eeldusel, et uraani tuumade arv ruumalaühikus jääb konstantseks.

- A361. Hinnata 40 t looduslikku uraani sisaldava uraan-graafiitreaktori võimsus, kui keskmine soojuslike neutronite voo tihedus temas on  $2 \cdot 10^{12} \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$  ja lõhustumisaktis eralduv energia - 200 MeV.
- A362. Mitu korda suureneb neutronite voo tihedus ja reaktori võimsus 1 minuti jooksul, kui neutronite paljunemiskoeffitsient on 1,005 ja ühe "põlvkonna" neutronite keskmine eluiga 0,1 s?
- A363. Tuumareaktori perioodiks nimetatakse ajavahemikku, mille jooksul tema võimsus suureneb e korda. Leida reaktori periood sel juhul, kui neutronite paljunemiskoeffitsient on 1,01 ja ühe "põlvkonna" neutronite keskmine eluiga 0,1 s.
- A364. Tuumareaktori reaktiivsuseks nimetatakse suurust  $\rho = (k - 1)/k$ , kus k on neutronite paljunemiskoeffitsient. Leida ühe "põlvkonna" neutronite keskmine eluiga reaktoris, mille periood on 20 s ja reaktiivsus 0,5%.
- A365. Hinnata  $1,4 \cdot 10^{17}$  t vett sisaldavate maakera ookeanide energeetilised ressursid deuteeriumil toimuvate juhitavate termotuumareaktsioonide suhtes. Arvestada reaktsioone:
- 1)  $d + d \rightarrow \text{He}^3 + n$ ,
  - 2)  $d + d \rightarrow p + t$  ja
  - 3)  $d + t \rightarrow \text{He}^4 + n$
- eeldusel, et on loodud tingimused teisel reaktsioonil tekkiva tritiumi täielikuks neeldumiseks kolmandas reaktsioonis. Vastus väljendada Q-ühikutes (1 Q =  $2,5 \cdot 10^{20}$  cal).
- A366. Määrata soojushulk, mis eralduks kõikide triitonite ühinemisel prootonitega 1 g segus  ${}_1\text{H}^3 + {}_1\text{H}^1$  (tritiumi on kaalu järgi 3 korda rohkem kui kerget vesinikku). Võrrelda tulemust soojushulgaga, mis eralduks 1 g uraani  $\text{U}^{235}$  kõikide tuumade lõhustumisel eeldusel, et tuuma  $\text{U}^{235}$  lõhustumisel vabanev energia on 200 MeV.

- A367. Leida termotuumareaktoris 6-T magnetvälja abil hoitava  $4 \cdot 10^8$  °K temperatuuriga tasakaalulise deuteeriumplasma ruumalaühikus vabanev võimsus järgmistel eeldustel:  
 1) energia vabaneb reaktsioonides  $d + d \rightarrow t + p$  ja  $d + d \rightarrow \text{He}^3 + n$ , mis toimuvad ühesuguse tõenäosusega;  
 2) kummagi reaktsiooni efektiivse ristlõike ja deutro-  
 nite suhtelise kiiruse korrutise keskväärus mainitud temperatuuril on  $10^{-23}$  m<sup>3</sup>/s.

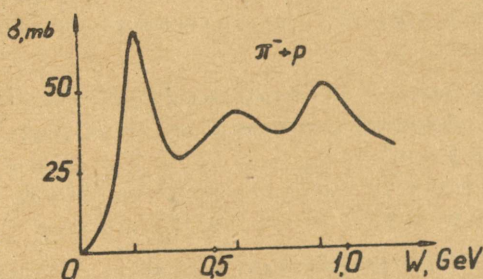
### XXXVI. ELEMENTAAROSAKESED

- A368. Arvutada paigalseisva  $\Sigma^-$ -hüperoni lagunemisel ( $\Sigma^- \rightarrow n + \bar{\nu}$ ) tekkinud neutroni kineetiline energia.
- A369. 50-MeV kineetilise energiaga pioon laguneb müooniks ja neutriinoks. Leida piooni liikumissuunega risti "väljalendava" neutriino energia.
- A370. 320-MeV kineetilise energiaga  $\Sigma^+$ -hüperon laguneb neutraalseks osakeseks ja 42-MeV kineetilise energiaga positiivseks piooniks, mis liigub risti hüperoni liikumissuunaga. Arvutada neutraalse osakese seisumass.
- A371. Neutraalse osakese lagunemise produktina registreeriti 450 MeV/c impulsiga prooton ja 135 MeV/c impulsiga negatiivne pioon, kusjuures liikumissuundadevaheline nurk oli 60°. Arvutada lagunenu osakese seisenergia.
- A372. Neutraalne pioon, omades seisue energiaga võrdset kineetilist energiat, laguneb kaheks  $\gamma$ -kvandiks. Arvutada minimaalne nurk  $\gamma$ -kvantide liikumissuundade vahel.
- A373. Arvutada  $\gamma$ -kvandi lävienergia selleks, et esialgu paigalseisva prootoni väljas tekitada  $\pi^+$  ja  $\pi^-$  mesoni paari.

A374. 750-keV kineetilise energiaga positron põrkub paigaloleva elektroniga. Annihilatsioon tulemusena teki-  
vad kaks võrdse energiaga  $\gamma$ -kvanti. Arvutada  $\gamma$ -  
kvantide liikumissuundade vaheline nurk.

A375. Vesinikmärklauda pommitatakse  $\pi^-$ -mesonitega. Arvu-  
tada protsessi  $\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^-$  lävienergiat.

A376. Joonisel A-6 on kujutatud  $\pi^-$ -mesonite ja märklaua  
prootonite vastastikuse mõjutuse efektiivne ristlõige  
 $\sigma$  sõltuvana pionide kineetilisest energiast  $W$ .  
Selle kõvera maksimumid vastavad ebastabiilsetele osa-  
kestele - resonantsidele. Arvutada resonantside seisus-  
massid, kui maksimumid on energiaväärtustel 198 MeV,  
600 MeV ja 900 MeV.



Joon. A-6.

A377. Paigalolevate müoonide lagunemise uurimisel retardeeritud koitsidentskeemi abil leiti, et ajavahemikus 0 - 2  $\mu$ s toimub 200 lagunemist, ajavahemikus 0 - 6  $\mu$ s aga 310 lagunemist. Eeldades, et müoonide lagunemine allub samasugusele eksponentsiaalsele seadusele nagu radioaktiivne lagunemine, arvutada müooni keskmine eluiga.

A378. Arvutada paigalseisva müooni keskmine eluiga, kui on teada, et 8 seisumassiga võrdse kineetilise energia juhul on selle osakese keskmine eluiga 19,8  $\mu$ s.

A379. Arvutada paigalseisva  $\pi^+$ -mesoni keskmine eluiga, kui impulssi 55 MeV/c omades liikus see osake kuni lagunemiseni keskmiselt 3 m.

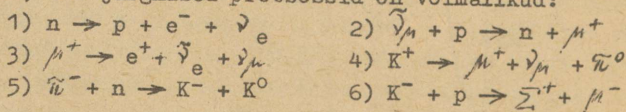
A380. Oletame, et teatud osa ajast viibib prooton "ideaalse prootoni" seisundis (magnetmoment võrdne tuuma magnetoniga), ülejäänud osa ajast aga on ta lõhustunud "ideaalseks neutroniks" (magnetmoment võrdne nulliga) ja  $\pi^+$ -mesoniks. Võttes ette prootoni magnetmomendi eksperimentaalse väärtuse, arvutada, millise osa ajast viibib prooton "ideaalse prootoni" seisundis.

A381. Kiirete elektronide hajumisel prootonitel leiti, et prootoni elektrilaengutihedus on kirjeldatav valemiga

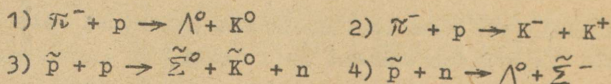
$$\rho(r) = A \cdot \exp(-r/a),$$

kus  $r$  on kaugus prootoni "südamikust",  $A$  ja  $a$  on konstandid,  $a = 0,23 \cdot 10^{-15}$  m. Arvutada prootoni ruutkeskmine raadius.

A382. Otsustada lepton- ja barüonlaengu jäävuse seaduse põhjal, kas järgmised protsessid on võimalikud:



A383. Kasutades veidruse mõistet, otsustada, millised alljärgnevatest protsessidest saavad olla tugevast interaktsioonist põhjustatud:



A384. Milline on  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C elektrilaenguga hüperoni veidrus, kui ta kuulub isotoopilisse singletti?

A385. Antud on kvarkide kvantarvud:

kvargid	Z	B	S	J
$q_1$	2/3	1/3	0	1/2
$q_2$	-1/3	1/3	0	1/2
$q_3$	-1/3	1/3	-1	1/2,

kus Z, B, S ja J on vastavalt elektrilaeng (ühikutes e), barüonlaeng, veidrus ja spinnkvantarv. Konstrueerida kvarkidest barüonid p, n,  $\Sigma^+$ ,  $\Sigma^-$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Xi^-$  ning kvarkidest ja antikvarkidest mesonid  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $K^+$ ,  $K^-$ ,  $K^0$ .

A386. Kasutades eelmise ülesande andmeid, arvutada neutroni ja prootoni magnetmomendi suhe järgmistel eeldustel:

- 1) kvargi magnetmoment on võrdeline tema elektrilaenguga ja
- 2) kolmest kvargist moodustunud osakesel seisund, milles kahe ühesuguse kvargi spinnid on samasuunalised, realiseerub 2 korda suurema tõenäosusega kui seisund, milles nende spinnid on vastasuunalised.



ÜLESANNETE VASTUSED



M1. 17,5 km/h; 7,5 km/h.

M2. 14,1 cm/s.

M3. Teisel juhul kulub aega 1,19 korda rohkem.

M4.  $120^{\circ}$ ; 1,39 m/s.

M5. 225 km/h;  $4^{\circ}25'$  meridiaaniga.

M6.  $d = 500$  t; 1500 km.

M7.  $s_2 = 1 - \sqrt{1^2 - v_1^2 t^2}$ ; -0,1 m/s; -0,0282 m/s<sup>2</sup>.

M8.  $\arccos\left(-\frac{v_1 + v_2}{v_0}\right)$ .

M9. 9,3 s.

M10. 3 m/s; 0; 6 m/s; 0,6 m/s<sup>2</sup>; 4,2 m/s; 0,3 m/s<sup>2</sup>.

M11.  $v = 2t\sqrt{b^2 + c^2}$ ;  $a = 2\sqrt{b^2 + c^2}$ .

M12. 7,7 m/s; 5,2 s.

M13.  $30^{\circ}$ .

M14. 100 m.

M15. 92 m.

M16. 5 s; 4 s. 123 m; 79 m.

M17. 20,5 cm.

M18. 0,8 s.

M19. -3 m/s<sup>2</sup>; 11 m/s.

M20. 0,83 m/s<sup>2</sup>.

M21. 24 m/s.

M22. 0,45 m/s; 0,30 m/s<sup>2</sup>.

M23. 43 m/s.

M24. 10 m/s.

M25.  $s = \frac{g}{2}(2t - 1)$ .

M26.  $s = 2v_0 t$ .

M27. 2,25 s.

- M28. 20 m/s; 28 m/s;  $45^\circ$  horisondiga.
- M29.  $\arctg v \sqrt{\frac{2}{hg}}$ ;  $v \sqrt{\frac{2h}{g}}$ .
- M30. 2 cm.
- M31. 28,2 m/s; 6,82 m/s<sup>2</sup>; 7,05 m/s<sup>2</sup>.
- M32 17,3 m/s.
- M33.  $v_0 \cos \alpha_0$ ;  $\alpha_1 = 0$ ;  $v_0$ ;  $\alpha_2 = -\alpha_0$ .
- M34.  $-36^\circ 10'$ ; 0,75 s; 10,1 m.
- M35. 740 m.
- M36. 82 m/s.
- M37.  $75^\circ 56'$ .
- M38. 0,069 m<sup>3</sup>.
- M39.  $h_1:h_2:h_3 = 3:2:1$ ;  $L_1:L_2:L_3 = \sqrt{3}:2:\sqrt{3}$ .
- M40. 20 m/s; 3 s; 12,1 m.
- M41. 7,15 min.
- M42. 232 m/s.
- M43.  $77^\circ 30'$  idast läände laiusringi mööda.
- M44.  $10^{-3}$  1/s; 7,6 km/s.
- M45. 0,45 m/s<sup>2</sup>; nurk raadiusega  $153^\circ 30'$ .
- M46. 32,9 1/s; 33,7 1/s.
- M47. 10 s.
- M48.  $0,034 \cos \varphi$  m/s<sup>2</sup> = 0,0195 m/s<sup>2</sup>;  $0,034 \cos^2 \varphi = 0,0117$  m/s<sup>2</sup>.
- M49.  $4$  1/s<sup>2</sup>;  $\varphi = 2 t^2$ .
- M50. 1,59 1/s.
- M51.  $0,5$  m/s<sup>2</sup>;  $0,33$  m/s<sup>2</sup>;  $0,6$  m/s<sup>2</sup>; nurk  $123^\circ 30'$  raadiusega.
- M52. 5 m/s;  $1,12$  m/s<sup>2</sup>; kiirendus moodustab raadiusega nurga  $117^\circ$ .
- M53.  $0,64$  m/s<sup>2</sup>;  $0,67$  m/s<sup>2</sup>;  $162^\circ 40'$ .
- M54.  $0,62$  m/s<sup>2</sup>;  $0,69$  m/s<sup>2</sup>;  $155^\circ$ .
- M55.  $s = R_0 \operatorname{tg}(2\pi nt)$ ; 28,8 m/s; 27,8 m/s.
- M56.  $a_n = \frac{a_t^2 t^2}{R} = 2\epsilon R \varphi$ ;  $a = \frac{a_t}{R} \sqrt{R^2 + a_t^2 t^4} = \epsilon R \sqrt{1 + 4\varphi^2}$ .  $\operatorname{tg} \beta = -\frac{R}{a_t t^2} = -\frac{1}{2\varphi}$ .

M57.  $15,7 \text{ 1/s}^2$ ; 4 s.

M58.  $11^{\circ}20'$  vertikaalsihiga;  $1,02 \omega$ .

M59. a)  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{n(m_1 + m_2)}{nm_1 + m_2} \neq n$ ;

b) 3,54;

c)  $\frac{a_2}{a_1} = n$ ;  $k = \frac{nm_1^2}{m_2[m_1(n+1)+m_2]}$ .

M60. a) 1,47 N; b) sama; c) 2,08 N.

M61.  $21^{\circ}50'$ ; 36,6 N.

M62.  $a_{\min} = kg = 0,98 \text{ m/s}^2$ .

M63.  $F_{\min} = 4 \text{ N}$ ; ei muutu.

M64. a) 98,0 N; 88,2 N; 58,8 N.

b) 221 N; 199 N; 133 N.

M65. 0,33.

M66. 1)  $k \geq \frac{a}{g} = 0,02$ ; 2)  $k \geq \frac{6a}{5g} = 0,024$ .

M67.  $2,45 \text{ m/s}^2$ ;  $1,09 \text{ m/s}^2$ .

M68. 23,5 N; 47 N.

M69. 4 s.

M70. 19,6 N.

M71.  $a_1 = \frac{2(2m_1 - m_2)g}{4m_1 + m_2}$ ;  $a_2 = \frac{a_1}{2}$ ;  $T = \frac{3m_1m_2}{4m_1 + m_2} g$ .

M72.  $a_1 = \frac{m_1g - m_2(g - a_2)}{m_1 + m_2}$ ;  $R = \frac{m_1m_2(2g - a_2)}{m_1 + m_2}$ .

M73.  $a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$ .

M74. 1,97 N;  $1^{\circ}43'$  vertikaaliga.

M75. Mõõda kaldpinda allapoole mõjuv jõud  $F_1 \leq 33,3 \text{ N}$ ,  
ülespoole  $F_2 \leq 703 \text{ N}$ .

M76.  $15^{\circ}$ .

M77. a)  $45^{\circ}$ ,  $52^{\circ}$ ; b) 0,27.

M78. 31,4 N.

M79. 85 m/s samas suunas.

M80. 35,6 kg/s.

M81. a) 0,375 s; b) 330 m/s.

- M82. 42 J.
- M83. -6 m/s; 4 m/s.
- M84.  $14^{\circ}40'$ .
- M85. 5,56 cm.
- M86. 0,64 m.
- M87.  $\left(\frac{n+1}{n-1}\right)^2$  korda; 1) 1,4; 2) 9.
- M88.  $-\frac{v}{5}$ ;  $\frac{2\sqrt{3}}{5}v$ ;  $30^{\circ}$  v suunaga.
- M89. 96,3 cm.
- M90. 4,7 kJ.
- M91. 15,7 kN.
- M92.  $4,4 \cdot 10^5$  N; 0,011 s.
- M93. 10 m/s.
- M94. 5,0 kN;  $4 \cdot 10^{-4}$  s; kuul läbib laua ning väljub sellest kiirusega 141 m/s.
- M95. 1,35 kJ.
- M96. 120 J; 160 J.
- M97. 1 kJ.
- M98. 1,2 m/s; 480 N; 0,0041.
- M99. a) 0,02; b) 47 W.
- M101. 11,6 N.  
1740 J; 30 W.  
200 m.
- M102. 1) 300 m/s<sup>2</sup>; 420 m/s; 300 m.  
2) ühtlane 215 m; 0,5 s.  
3) -44 kN; -880 m/s<sup>2</sup>; 0,5 s; 2,4 s.
- M103. 1) 3,64 kN; 3,92 kN; 4,5 kN.  
12 s; 24 s; 7 s; 43 s.  
2) 105 kN; 98 kN; 86,5 kN.
- M104. 1)  $s = 0,01 gt^2$ ; 14,1 m/s.  
2) 125 m;  $3,65 \cdot 10^6$  J.  
3)  $1^{\circ}10'$ ;  $4^{\circ}45'$ .
- M105. 1) 0,76 m/s<sup>2</sup>.  
2) 4,4 N; 3,2 N.  
3) 2,4 s; 1,82 m/s.  
4) -1,5 m/s<sup>2</sup>; 5,7 s.  
5) 2,5 N.

- M106.  $6,1 \cdot 10^{10}$  J.
- M107. 3,5 J.
- M108.  $v = \frac{mg}{r} \left[ \left( \frac{rv_0}{mg} + 1 \right) e^{-\frac{r}{m}t} - 1 \right]$ , kus  $r$  on takistusjõu ja kiiruse väärtuste suhe.
- M109.  $v = v_0 - \frac{r}{m}t$ , kus  $r$  on takistusjõu ja kiiruse väärtuste suhe.
- M110. Suurema kuulike kiirus on  $\sqrt{2}$  korda suurem.
- M111. 10 m/s.
- M112. 5,6 m.
- M113. 1.
- M114. 1) 12,5 m/s.  
2) 53 m/s.
- M115.  $1,78 \cdot 10^{-6}$  N.
- M116.  $35\ 700 \text{ km} \leq x \leq 40\ 700 \text{ km}$  ja  $44\ 600 \text{ km} \leq x \leq 50\ 900 \text{ km}$ , kus  $x$  on punktide kaugus Kuu tsentrist.
- M117. 0,68%.
- M118. a)  $6,27 \text{ m/s}^2$ ; b) 13 600 km.
- M119.  $0,6 \text{ cm/s}^2$ .
- M120. 2000 N.
- M121. 14 1/s.
- M122.  $x = 2 \text{ ch } 40 \pi t$ ;  $M = 6,4 \cdot 10^6 \text{ sh } 80 \pi t$ .
- M123.  $41^{\circ}30'$ .
- M124.  $F = mg(1 + 4 kh)$ .
- M125. 4,9 J.
- M126.  $h_1 = \frac{R + 2h}{3}$ ;  $h \geq 2,5 R$ .
- M127. 14 m/s.
- M128.  $h = \frac{2}{3} R$ .
- M129.  $78^{\circ}37'$ .
- M130. 1,36 1/s.
- M131. a) 10,2 m/s;  
b) 12,1 m/s;  $16^{\circ}45'$ .
- M132. 13 m/s;  $31^{\circ}$ .
- M133.  $D = \sqrt[3]{\frac{4\pi MT^2}{4\pi^2}}$ .

M134. 382 000 km.

M135. 1700 km.

M136. 100.

M137. 264 m/s<sup>2</sup>.

$$M138. M = \frac{gR^2}{\gamma}; \quad \rho = \frac{3R}{4\pi R \gamma}.$$

M139. 930 kg/m<sup>3</sup>.

M140. 6,23 · 10<sup>4</sup> J.

$$M141. W = - \frac{mgR^2}{r}.$$

M142. 7,9 km/s; 11,1 km/s.

M143. 2,41 km/s.

M144. 1,2 · 10<sup>-3</sup> kgm<sup>2</sup>.

M145. I = ma<sup>2</sup>.

M146. 1)  $\frac{1}{12}$  ml<sup>2</sup> sin<sup>2</sup>α; 2) ma<sup>2</sup>; 3)  $\frac{1}{12}$  ml<sup>2</sup> + mb<sup>2</sup>.

M147. 19,5 cm.

M148. 0,252 kgm<sup>2</sup>.

M149. 7,23 · 10<sup>33</sup> kgm<sup>2</sup>/s.

M150. a) 0,3 J; b) 5,6 J.

M151. 1)  $\frac{1}{2}$ ; 2)  $\frac{1}{3}$ ; 3)  $\frac{2}{7}$ .

$$M152. k = \frac{1,4 \text{ ds}}{gt^2} = 0,15 \text{ cm.}$$

M153. 0,3 m.

M154. 980 J.

M155. 39,8 Nm.

M156. 42,4 N.

M157. 39,5 kgm<sup>2</sup>/s.

M158. 1) 1 Nm; 2) 1 Nm.

M159. 0,4.

M160. 3,74 m/s.

M161.  $\sqrt{gh}$ ; 1,41;  $2\sqrt{\frac{gh}{3}}$ ; 1,23.

M162. a) 9 s; b) 1,1 s.

$$M163. t = \sqrt{\frac{5l}{2g\sin\alpha}} = 0,7 \text{ s.}$$

$$M164. a = 5g \sin\alpha \frac{4R^2 - d^2}{28R^2 - 5d^2} = 49,7 \text{ cm/s}^2; 1,3 \text{ cm.}$$

$$M165. F = \frac{2}{7} mg \sin\alpha; a = \frac{5}{7} g \sin\alpha.$$

$$M166. k \geq \frac{1}{3} \operatorname{tg}\alpha.$$

$$M167. 12,2 \text{ m/s}; \frac{2h}{3}.$$

$$M168. a) 81^{\circ}22'; b) 7,7 \text{ m/s.}$$

$$M169. 2,8 \text{ m/s}^2.$$

$$M170. 0,072 \text{ kgm}^2.$$

$$M171. 102 \frac{1}{s}; 0,78 \text{ s.}$$

M172. 1) suureneb 1,03 korda; 2) suureneb 1,50 korda.

$$M173. A = m\pi^2(l_1^2 - l_2^2)n_1n_2 = 48 \text{ J.}$$

$$M174. v = u \frac{2m}{M + 4m}.$$

$$M175. \frac{2}{3} \text{ l k\ae}epidemest.$$

$$M176. 0,49 \text{ N.}$$

$$M177. a) 17 \text{ N}; b) 24,5 \text{ N.}$$

$$M178. 2,06 \text{ N.}$$

$$M179. 34,3 \text{ N}; 20,5 \text{ N.}$$

$$M180. 5,5 \text{ m.}$$

$$M181. a) x = 1,2 \text{ cm}; y = 0,7 \text{ cm.}$$

$$b) x = 5 \text{ cm}; y = 3 \text{ cm.}$$

M182. Teljel 9,3 cm kaugusel suurema silindri p\u00f5hjust.

$$M183. x^* = -\frac{9}{16} \text{ dm.}$$

$$M184. \frac{4R}{3\pi}.$$

$$M185. 19^{\circ}30'.$$

$$M186. 650 \text{ N}; 750 \text{ N.}$$

$$M187. 0,05 \text{ cm.}$$

M188. Jalgade A ja B kaugus tipust E peab v\u00f5rduma \u00fche kolmandikuga vastava k\u00fclje pikkusest.

- M189. 0,38 N; 0,29 N.
- M190.  $k \geq \operatorname{tg} 15^\circ$ .
- M191.  $38^\circ 40'$ ; redel ei libise maha, kui inimene asub redeli keskpaigast madalamal, ning libiseb maha, kui inimene läheb mööda redelit üles ning ületab selle keskpunkti.
- M192. 1)  $48^\circ$ ; 2) 0.
- M193.  $11^\circ$ .
- M194. 10,4 N; 2,0 N.
- M195. 0,785 N; 0,55 N.
- M196.  $18^\circ 25'$ .
- M197.  $26^\circ 36'$ .
- M198.  $48'$ .
- M199. Toele A mõjub kaldjõud 11 300 N; toele B - horisontaalne jõud 9000 N.
- M200. 1) 8,65 N; 2,67 N; 2) 6,4 N.
- M201. a) 120 J; b) 1080 J.
- M202. 0,207.
- M203. 8 cm; 2 s;  $45^\circ$ .
- M204. 4,32 cm; 6,55 cm/s; 29,8 cm/s<sup>2</sup>.
- M205.  $\frac{\pi}{6}$ ;  $\frac{\pi}{2}$ ; 1) 0,25 T, 2) 0,083 T, 3) 0,054 T, 4) 0,06 T.
- M206. 16 cm/s<sup>2</sup>.
- M207. 1,26 s;  $10^{-3}$  N;  $5 \cdot 10^{-5}$  J.
- M208. a) 1,05 s.  
 b)  $x = 5 \sin 6t$ ;  
 $v = 30 \cos 6t$ ;  
 $y = -180 \sin 6t$ ;  
 $f = -0,18 \sin 6t$ .  
 c) 0,94 s;  $2,88 \cdot 10^{-3}$  J;  $1,62 \cdot 10^{-3}$  J.  
 d) 1%; 2%.
- M209.  $62^\circ 40'$ .
- M210.  $\sqrt{2}$ ;  $135^\circ$ ;  $x = \sqrt{2} \sin(\pi t + 135^\circ)$ .
- M211. a)  $x_1 = \sin(2\pi t + \varphi_1)$ ;  
 $y_1 = -3 \sin(2\pi t + \varphi_1)$ ;  
 b)  $x_2 = \sin(2\pi t + \varphi_2)$ ,  $y_2 = 4 \sin(2\pi t + \varphi_2)$ .

- c) 1) kui  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ ,  $y = \sin 2\tilde{\omega}t$ ;  
 2) kui  $\varphi_1 = 0$  ja  $\varphi_2 = \pi$ ,  $y = -7 \sin 2\tilde{\omega}t$ ;  
 3)  $y = 5 \sin(2\tilde{\omega}t + \frac{127\tilde{\omega}}{180})$ .

M212.  $4x^2 + 9y^2 - 36 = 0$ .

M213.  $x^2 + 9y^2 - 9 = 0$ .

M214. 1, 17.

M215. 1, 7 s.

M216. 1) 2,10 s; 2) 1,93 s.

M217. 1) 1,42 s; 2) 1,40 s; 3) 1,44 s.

M218. 2, 1 s.

M219. 1)  $T = 2\tilde{\omega}\sqrt{\frac{2}{3g}}$ ; 2) 0,211 l;  $T_{\min} = 2\tilde{\omega}\sqrt{\frac{1}{g\sqrt{3}}}$ .

M220. a) 2,8 s;

b) 0,4 J; 2 m/s;

c) 9:8;

d) 2,41 s.

M221.  $10^{-4}$ ; 8,6 s.

M222.  $\frac{\Delta T}{T} = 7,3 \cdot 10^{-5}$ ; jääb taha 6,3 sekundit.

M223.  $T = mg(3 \cos \theta - 2 \cos \alpha)$

a)  $T_1 = 3 mg$ ; b)  $T_2 = 2 mg$ .

M224. 1,25 Hz; 2%.

M225. 1,95 s.

M226.  $T = 2\tilde{\omega}\sqrt{\frac{mx^2 + Md^2}{(Md - mx)g}}$ ;  $T = 2\tilde{\omega}\sqrt{\frac{(M+m)d}{(M-m)g}}$ ;

$x = \frac{M}{m}d$ .

M227. Arvutatud SI ühikutes

a)  $a = \frac{26 - 2x}{15}$ ;

b)  $T = 2\tilde{\omega}\sqrt{\frac{26 + x^2}{(73-x)g}}$ ;

c)  $x = 11,5 \text{ cm}$ .

M228.  $T = 2\pi\sqrt{\frac{51}{6g}}$ ;  $\Delta T = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ .

- M229. 1,2 s.  
 M230. a) 2,84 s; b) suureneb  $5,68 \cdot 10^{-5}$  s võrra.  
 M231.  $1,18 \cdot 10^{-4}$  kgm<sup>2</sup>.  
 M232. 21 min.  
 M233. 0,628 s.  
 M234. 2,2 N.

$$M236. T = 2\pi \sqrt{\frac{(1/2 m_3 + m_1 + m_2) \Delta l}{(m_1 - m_2) g}} = 0,8 \text{ s.}$$

M237. 21 m/s.

M238.  $1,6 \cdot 10^{-4}$  kgm<sup>2</sup>;  $10^{-4}$  N/rad.

$$M239. T = \frac{4}{D} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}}.$$

M240. 0,77 s.

$$M241. T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g(\sin \alpha + \sin \beta)}}.$$

M242. 0,00232.

M243. 0,014.

M244. 230.

M245. 21 s.

M246. 14,4 s.

M247. 170 J.

M248. 245 Hz.

M249. 1,73 cm; 5,2 cm/s;  $47,2 \text{ cm/s}^2$ .

M250.  $2,8\pi$ .

M251.  $\frac{\pi}{2}$ .

M252. 0,5 m; 2,6 cm; 1,9 m/s.

M253. 4 mm; 0; 1,08 mm; 7.

M254.  $y = 3,85 \sin(100\pi t - \frac{7\pi}{12})$ .  
 (mm)

$$M255. d = \frac{k}{\cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\lambda}{2}; \frac{2k+1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\lambda}{2}.$$

$\alpha$  - plaatidevaheline nurk,

d - punkti kaugus nurga  $\widehat{P_1 P_2}$  poolitajast;  
 5,4 mm.

$$M256. u = \frac{v_1 \lambda_2 - v_2 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}; \quad x_2 - x_1 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}.$$

M257. 5000 m/s.

M258. 2500 Hz; 1300 m/s; 1,66.

M259. 100 Hz; 50 Hz.

M260.  $1,38 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{N}$ .

M261. 0,091 s; väheneb  $3,3 \cdot 10^{-4}$  s võrra.

M262. 0,39 m; 0,195 m; toatemperatuuril  $\sim 7$  deg.

M263. 189 Hz; 192,5 Hz;  $\frac{1}{56}$  - kuuldav!

Tuiklemine sagedusega 3,5 Hz;

lühendada esimest toru 0,83 cm;

soojendada õhku 11 deg.

378 Hz; 385 Hz;  $\frac{1}{56}$ ;

tuiklemine sagedusega 7 Hz;

lühendada esimest toru veel 0,83 cm;

soojendada õhku veel 11 deg võrra.

M264. 131 Hz.

M265. 66 N; maksimaalselt 1,65 N.

M266. Sageduse uus väärtus on 700 Hz.

M267. 30 cm.

M268. Peenema keele võnkeperiood on kaks korda väiksem.

M269. 0,079 s; 126 m; väheneb 0,63 m võrra.

63 Hz.

M270.  $7,8 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ ; lühendada 1% võrra;

33,5 Hz; suureneb 6,5% võrra.

M271. 22,4 N.

M272. 258 m/s; 102 N;

129 Hz; 258 Hz;

1 s.

M273.  $5,83 \cdot 10^3 \text{ km/s}$ .

M274.  $7 \cdot 10^4 \text{ km/s}$ .

M275. 261 Hz; 219 Hz;

252 Hz; 208 Hz;

250 Hz; 229 Hz.

- M276.  $1,18 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ .
- M277. 0,2 mm.
- M278. 247 N; 2,51 mm; 0,2%.
- M279. 0,32 cm.
- M280. 2,67 cm.
- M281.  $1,08 \text{ cm}^2$ .
- M282. 27,8 deg.
- M283.  $2,35 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ .
- M284. 27 mm.
- M285. 177 m.
- M286. Ei ole võimalik.
- M287. 82,3 1/s.
- M288. 1)  $4,3 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ ; 2)  $7,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .
- M289.  $8 \text{ mm}^3$ ;  $0,28 \text{ cm}^2$ .
- M290. 10,8 J.
- M291. 12,2 J.
- M292.  $4,3 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3$ .
- M293. 220 m.
- M294. 0,033 mm.
- M295. 78,5 N.
- M296.  $5,35 \cdot 10^{-14} \text{ N}$ .
- M297. 2 km.
- M298.  $a = \frac{2g(H-h)}{I}$ .
- M299. 0,12 cm/s.
- M300. 23,4 m/s.
- M301. 100 m/s;  $5,1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ .
- M302. 0,5 s.
- M303.  $0,0132 \text{ m}^3$ .
- M304. 8,95 m/s.
- M305. 1,41 m.
- M306. 3) ava peab olema võrdsetel kaugustel vee pinnast ja anuma põhjast.
- M307.  $t = \frac{2s}{\alpha s_1 \sqrt{2g}} (\sqrt{H} - \sqrt{\frac{H}{2}}) = 137 \text{ s}$ .
- M309. 1) 6,15 cm/s; 2) 51,3 m/s.
- M310.  $27^\circ 10'$ .

$$M311. m = \frac{\pi d_1^2 d_2^2 t}{4} \sqrt{\frac{2 p \rho}{d_1^4 - d_2^4}} = 107 \text{ kg.}$$

M312. 0,001 kg/m.s.

M313. 1,07 kg/m.s.

M314.  $1,19 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$ .

M315. a)  $2 \cdot 10^{-5} \text{ cm/s}$ ; b) 0,04 cm/s.

M316. Тduseb.

M317.  $1,26 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ .

M318.  $3 \cdot 10^{18}$ .

M319. 1) 0,017%; 2) 0,046%.

M320.  $590^\circ\text{K}$ .

M321. 0,9 m/s.

M322.  $11,5 \text{ kg/m}^3$ .

M323. 30.

M324. 0,11 g.

M325.  $3 \cdot 10^{21}$ .

M326.  $3,45 \cdot 10^{14} \text{ 1/cm}^3$ .

M327.  $4,1 \cdot 10^{19} \text{ 1/cm}^3$ .

M328.  $4,35 \text{ N/m}^2$ .

M329. 105 g.

M330.  $2,26 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ ;  $6,38 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ .

M331. 78.

M332.  $300^\circ\text{K}$ .

M333. 131 g.

M334. 1,45 g.

M335.  $0,565 \text{ m}^3$ .

M336. 624.

M337.  $1000 \text{ m}^3$ .

M338. 2000 m/s.

M339.  $438^\circ\text{K}$ .

M340.  $3,23 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

M341. 518 m/s.

M342.  $1,77 \cdot 10^{16} \text{ 1/cm}^3$ .

- M343.  $328^{\circ}\text{K}$ .
- M344.  $1,41 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .
- M345.  $0,11 \text{ N/m}^2$ .
- M346.  $1,41 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ .
- M347.  $362 \text{ m/s}$ ;  $4,42 \cdot 10^9 \text{ 1/s}$ .
- M348.  $9,3 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ .
- M349. a) 1)  $\bar{v} = \alpha \sqrt{T}$ ; 2)  $\lambda = \text{const}$ ; 3)  $\nu = \alpha \sqrt{T}$ .  
 b) 1)  $\bar{v} = \alpha \sqrt{T}$ ; 2)  $\lambda = \alpha T$ ; 3)  $\nu = \frac{\alpha}{\sqrt{T}}$ .
- M350. Väheneb 2,3 korda.
- M351. 1) ei muutu; 2) väheneb 1,41 korda; 3) suureneb 1,15 korda.
- M352.  $1040 \text{ J/kg}\cdot\text{deg}$ ;  $741 \text{ J/kg}\cdot\text{deg}$ .
- M353.  $925 \text{ J/kg}\cdot\text{deg}$ ;  $688 \text{ J/kg}\cdot\text{deg}$ .
- M354. 2 g.
- M355. 1,52.
- M356. 0,36.
- M357.  $8,3 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ ;  $1,38 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ;  $1,66 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ .
- M358. 7,35 kJ.
- M359. 17,4 kJ.
- M360. 5880 J.
- M361. 83,2 kJ.
- M362.  $3,15 \cdot 10^7 \text{ J}$ .
- M363. 2,39 kJ.
- M364. 7 deg.
- M365. 1)  $v^2$ ; 2)  $0,6 v^2$ .
- M366. 291 kJ; 208 kJ; 83 kJ.
- M367. 1) 14,6 kJ; 2) 4,18 kJ.
- M368. 1,48 kJ.
- M369.  $354^{\circ}\text{K}$ ;  $6,92 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .
- M370.  $2,35 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ ;  $1,89 \cdot 10^4 \text{ J}$ .
- M371. 2,4 J.

- M373. 1,26 km/s.
- M374.  $3,72 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ;  $221^\circ\text{K}$ .
- M375.  $754^\circ\text{K}$ .
- M376. 1,33.
- M377.  $5,08 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .
- M378.  $-193 \text{ kJ}$ ;  $-195 \text{ kJ}$ .
- M379. 416 J.
- M380. 1)  $\infty$ ; 2) 1; 3) 0.
- M381. Gaas paisumisel jahtub, kusjuures temperatuur on pöördvõrdeline ruumalaga.
- M382. 2600 kJ/kmool; 1730 kJ/kmool.
- M383.  $280^\circ\text{K}$ .
- M384. 343 J.
- M385.  $0,69 \text{ m}^3$ .
- M386. 11,3%; 33,8%.
- M387. 9,8 kJ.
- M388. 2,95 J/deg.
- M389. 8,3 J/deg.
- M390. 737 J/deg.
- M391.  $(p + \frac{an^2}{v^2})(V - nb) = nRT$ .
- M392.  $[a] = \text{ML}^5 \text{ T}^{-2}$ .
- M393.  $p_k v_k = \frac{3}{8} RT_k$ .
- M394.  $5,06 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ ;  $151^\circ\text{K}$ .
- M395.  $a = 3,64 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{m}^3/\text{kmool}^2$ ;  $b = 0,0427 \text{ m}^3/\text{kmool}$ .
- M396.  $0,128 \text{ m}^3$ .
- M397.  $1,72 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$ .
- M398.  $1,39 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ .
- M399.  $2,49 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .
- M400. 0,54.
- M401.  $1,2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ .
- M402.  $\frac{p'}{p} = \frac{n'}{n_0} = 1 + \alpha(i - 1)$ . Nõrkade lahuste puhul  $\frac{p'}{p} = i$ .
- M403.  $1002,3 \text{ kg/m}^3$ .

- M404.  $0,028 \text{ m}^3$ .  
 M405.  $1,48 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .  
 M406.  $2,92 \text{ kg/m}^3$ .  
 M407.  $1007 \text{ kg/m}^3$ .  
 M408.  $4,93 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ ;  $2,3 \text{ N/m}^2$ .  
 M409.  $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ .  
 M410.  $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ .  
 M411.  $2 \text{ cm}$ .  
 M412. Õhu rõhk peenemas torus peab olema  $467 \text{ N/m}^2$  võrra suurem kui jämedamas torus.  
 M413. Suurem mull hakkab kasvama;  $0,4 \text{ cm}$ ;  $-2,25 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .  
 M414.  $1,015 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ .  
 M415.  $2,94 \text{ cm}$ .  
 M416.  $5,7 \text{ cm}$ .  
 M417.  $4,6 \text{ cm}$ .  
 M418.  $2,78 \text{ cm}$ .  
 M419. a)  $17,8 \text{ cm}$ ; b)  $20 \text{ cm}$ .  
 M420.  $2,04 \text{ cm}$ .

E1.  $9 \cdot 10^3 \text{ N}$ .

E2.  $3,87 \text{ kg}$ .

E3.  $2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .

E5. a)  $Q = \frac{q}{\sqrt{3}}$ ; b)  $Q = \frac{2\sqrt{2} + 1}{4} q$ .

E6.  $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ .

E7. Samanimeliste laengute puhul kaugus laengust  $q_1$ .

$$r_1 = \frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}} d;$$

eranimeliste laengute puhul  $r_1 = \frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} - \sqrt{q_2}} d$ .

E8.  $1,44 \cdot 10^5$  V/m; 12 kV.

E9.  $4,1 \cdot 10^3$  V/m.

E10. a)  $3,9 \cdot 10^{-11}$  m; b)  $2,06 \cdot 10^6$  V/m;  $4,12 \cdot 10^6$  V/m;

c)  $F_{\max} = 6,6 \cdot 10^{-13}$  N;  $F_{\min} = 3,3 \cdot 10^{-13}$  N;  $M_{\min} = 0$ ;  
 $M_{\max} = 10^{-21}$  Nm.

E11. 
$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon R^2} \left[ 1 - \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right].$$

E12. 
$$E = \frac{\sigma h}{2\epsilon_0\epsilon\sqrt{h^2 + R^2}}.$$

E13.  $h \leq 1,25$  cm.

E14.  $3 \cdot 10^{-9}$  C.

E15. 
$$E = \frac{\sigma\sqrt{5}}{2\epsilon_0\epsilon}.$$

E16. a) 0; b)  $10^4$  V/m; c)  $2,3 \cdot 10^4$  V/m.

E17. 135 kV/m; 18,7 kV.

E18. 
$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon d}.$$

E20. 3,4 N/m.

E21. 6 kV/m.

E22. 3,98 cm.

E23.  $3,12 \cdot 10^6$  V/cm; risti niite läbiva tasapinnaga.

E24. 
$$E = \frac{2\tau d}{\pi\epsilon_0(4x^2 + d^2)}.$$

E25. 8,1 N/m; -0,113 J/m.

E26. 
$$E = \frac{q}{2\pi^2\epsilon_0\epsilon R^2}.$$

E27.  $1,9 \cdot 10^8$  V/m.

E28. 
$$E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0\epsilon}.$$

E29.  $7,5 \cdot 10^{-6}$  C.

E30.  $7,8 \cdot 10^{-7}$  C/m<sup>2</sup>;  $6,9 \cdot 10^{-7}$  C/m<sup>2</sup>.

E31. a)  $2,26 \cdot 10^4$  V/m; b) 0; c)  $7,53 \cdot 10^4$  V/m.

E32. 1)  $9,0 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ ; 2)  $8,91 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .

E33.  $6,0 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}$ .

E34.  $A = - \frac{ep_e}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2}$ .

E36.  $E = - \frac{d\varphi}{dx} = ax$ . Selline valem kehtib elektrivälja jaoks ühtlaselt laetud kihis, kui laengu ruumtihedus  $\rho = a\epsilon_0$ .

E37.  $4,65 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ .

E38. a)  $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\sqrt{h^2 + R^2}}$ ; b)  $E = \frac{qh}{4\pi\epsilon_0(h^2 + R^2)^{3/2}}$ ;

c)  $\varphi_{h=0} = 3000 \text{ V}$ ;  $\varphi_{h=0,1 \text{ m}} = 1340 \text{ V}$ .

E39.  $\varphi_{12} = 24\pi \text{ V}$ ;  $\varphi_{23} = 72\pi \text{ V}$ .

E40.  $\frac{R_2}{R_1} = e = 2,718$ .

E41.  $R = \frac{nd}{n^2 - 1}$ ;  $a = \frac{d}{n^2 - 1}$ .

E43. Välise kera pinnal ja sisemuses  $\varphi_3 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_3}$ ;

sisekera potentsiaal  $\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$ ;

välise kera maandamisel välispinna laeng saab võrdseks nulliga ning sisekera  $\varphi_1' = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$ .

E44. 1 m.

E45.  $750 \text{ V}$ ;  $E_s = \frac{150}{r^2} \text{ (V/m)}$ ;  $E_v = \frac{300}{r^2} \text{ (V/m)}$ .

E46. 200 V.

E47.  $185 \text{ V}$ ;  $\frac{1,17 \cdot 10^4}{r} \text{ V/m}$ .

E49.  $E = \frac{q}{20\pi\epsilon_0 h^2} \sqrt{26 - 2\sqrt{5}}$ .

$$E50. 1) E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 h^2}; 2) E = \frac{2}{9} \frac{q}{\pi\epsilon_0 h^2}.$$

$$E51. q' = \frac{1}{2} q.$$

$$E52. p = \frac{q^2}{32\epsilon_0 \epsilon \pi^2 R^4}.$$

$$E53. q = \frac{1}{2} Q.$$

$$E54. 1413 \text{ V}; 6\sqrt{\pi} \cdot 10^4 \text{ V/m}; 3\sqrt{\pi} \cdot 10^4 \text{ V/m}; 4\sqrt{\pi} \cdot 10^{-1} \text{ N/m}^2.$$

$$E55. \vec{E}' = \frac{1}{3} \frac{\vec{P}}{\epsilon_0}; \vec{E}_{\text{res}} = \vec{E} + \frac{1}{3} \frac{\vec{P}}{\epsilon_0}.$$

$$E56. 1,48 \text{ pF}; 44,5 \text{ kV/m}.$$

$$E57. 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}; 10^{-8} \text{ C}; 4500 \text{ V}.$$

E58.  $q = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{\varphi_1 - \varphi_2} C_0$ ; peale  $\varphi_1, \varphi_2$  ja  $C_0$  mõõtmise täpsuse sõltub mõõtmiste täpsus  $\varphi_1 - \varphi_2$ -st, olles seda suurem, mida suurem see on.

$$E59. 175 \text{ kV/m}.$$

$$E60. C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S}{\epsilon_1 d + (\epsilon_2 - \epsilon_1) d_1}.$$

$$E61. a) C_j = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S}{d(\epsilon_1 + \epsilon_2)};$$

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

$$E62. 5; 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2.$$

$$E63. 1) 3 \cdot 10^5 \text{ V/m}; 2) 1,59 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2; 3) 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2;$$

$$4) 5.$$

$$E64. 3,2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

$$E65. E_2 = \frac{3}{2} E_1.$$

$$E66. 800 \text{ pF.}$$

$$E67. 39 \text{ pF.}$$

$$E68. a) U = 3880 \text{ V; b) } U = 9650 \text{ V.}$$

$$E69. 136 \text{ kV/m; } 65 \text{ pF.}$$

E70. Läbilöögi saab 1. kiht pingel 44,5 kV.

$$E71. 3500 \text{ V.}$$

$$E72. U_1 = 3 \text{ V; } U_2 = 1,5 \text{ V; } U_3 = 3 \text{ V; } U_4 = 1,5 \text{ V.}$$

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

$$E73. C = 2C_0; C = 3C_0.$$

$$E74. C_{af} = \frac{C_1 - C_2 + C_3}{2}; C_{ag} = \frac{-C_1 + C_2 + C_3}{2};$$

$$C_{gf} = \frac{C_1 + C_2 - C_3}{2}.$$

$$E75. \sigma_2 - \sigma_1 = \frac{U \epsilon_0 (\epsilon - 1)}{d}.$$

E76. Ei muutu.

E77.  $N = \frac{\epsilon_0 S \varphi^2}{2x^2} \frac{dx}{dt}$ ; Kondensaatori mahtuvus liikumise protsessis väheneb, samuti väheneb kondensaatori energia ning laeng kondensaatori plaatidel. Mehaaniline töö ja vabanenud kondensaatori energia kuulub laengute viimiseks tagasi vooluallikasse ning eraldub juhtmetes soojuse näol või läheb vooluallika keemiliste protsesside ülalhoidmiseks.

$$E78. A = \frac{q^2}{2 \epsilon_0 S} (d_0 - d). \text{ Kondensaatori elektrostaatilise välja energia arvel.}$$

$$E79. 1) - \frac{1}{n} \cdot 10^{-4} \text{ J; } 2) \frac{5}{n} \cdot 10^{-4} \text{ J;}$$

$$A_1 = \frac{1}{n} \cdot 10^{-4} \text{ J; } A_2 = \frac{5}{n} \cdot 10^{-4} \text{ J.}$$

$$E80. 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ J; } 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$$

E81. 1)  $1,77 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$ ;  $1,77 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$ ;  
 2)  $2,53 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$ ; 0.

E82.  $3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ .

E83.  $C = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (\epsilon + 1)$ ;  $E_0 = E_d = \frac{2U}{(\epsilon + 1)d}$  ;

$$\sigma_0 = \frac{2U \epsilon_0}{(\epsilon + 1)d}, \quad \sigma_d = \frac{2U \epsilon_0 \epsilon}{(\epsilon + 1)d}; \quad \Delta W = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2(\epsilon + 1)d} (1 - \epsilon).$$

E84. 0,18 J; -1,8 N; 7,2 N.

E85.  $2,5 \text{ J/m}^3$ .

E86.  $1,77 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ ; 334 kV/m;  $2,9 \text{ J/m}^3$ .

E87. 1) 0; 2)  $0,027 \text{ J/m}^3$ .

E88.  $2,7 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ .

E89.  $2,9 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}$ ;  $4,6 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$ ;  $2,3 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$ ;  
 $8,7 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ .

E90.  $5,4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ .

E91.  $9,4 \cdot 10^{13} \text{ J/m}^3$ .

E92.  $1,54 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ .

E93.  $4,1 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ .

E94.  $1,46 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ .

E95. 5,65 oomi.

E96. 0,646 oomi.

E97.  $\frac{5}{11} \text{ r}$ .

E98. 1 oom.

E99. 44,3 cm; 8,87 oomi.

5,65 cm; 1,13 oomi.

E100. a)  $R_{AC} = 2 \text{ oomi}$ ; b)  $R_{AC} = \frac{3}{4} \text{ oomi}$ ; c)  $R_{BD} =$   
 $= \frac{3}{2} \text{ oomi}$ .

E101. 0,5 oomi.

E102. 1,24 oomi.

E103.  $r = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{R_2}{R_1}$ .

$$E104. r = \frac{\rho}{4\tilde{r}} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$$

$$E105. r = 1,54 \cdot 10^{-5} \text{ oomi}; I = 319 \text{ A}; j = 67 \text{ A/cm}^2.$$

$$E106. \frac{dr}{dt} = \frac{1}{4\tilde{r}\epsilon_0\epsilon R} = 10^{-4} \text{ m/s}.$$

$$E107. 1900^\circ\text{C}.$$

$$E108. 4,93 \cdot 10^{-3} \text{ 1/deg}.$$

$$E109. \frac{l_{Fe}}{l_C} = 4,45.$$

$$E111. 3,83 \text{ A/m}^2; 1,91 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2.$$

$$E112. 2,19 \text{ V}; 3,27 \text{ V}; 6,54 \text{ V}.$$

$$E113. 1 \text{ mm}^2.$$

$$E114. \text{tg } \alpha = -\frac{\epsilon}{R^2}.$$

$$E115. \text{tg } \alpha = \frac{\epsilon}{\rho}.$$

$$E116. \frac{dR}{dI} = -\frac{(r_1 + R_A + R)^2}{\epsilon}, \text{ s.t. takistuse m\ddot{o}otmise t\ddot{a}psus on seda v\ddot{a}iksem, mida suurem on R}.$$

$$E117. 16,7 \text{ oomi}.$$

E118 1) \u00dchendada j\ddot{a}rjestikku m\ddot{o}oteriistaga eeltakistus  $\sim 10^5 \Omega$ .

2) \u00dchendada paralleelselt m\ddot{o}oteriistaga \u00e5unt, mille takistus on  $\sim 0,1 \Omega$ .

$$E119. 3 \text{ A}.$$

$$E120. 1000 \text{ V}.$$

$$E121. E_2 < \frac{E_1 R_2}{r_1 + R}.$$

$$E122. 25 \text{ V}.$$

$$E123. U_1 = U \frac{l R x}{R l x - R x^2 + r l^2}.$$

$$E124. 29,97 \text{ oomi}; 0,1\%.$$

$$E125. 3,01 \text{ oomi}; -0,3\%.$$

$$E126. 0,497\%.$$

E127.  $\varphi_A - \varphi_0 = -1,7 \text{ V}$ , voltmeetri osuti hällbib vasakule.

E128.  $0,75 \text{ A}$ ;  $0$ .

$$E129. I_1 = \frac{\varepsilon R_2}{rR_1 + rR_2 + R_1R_2}; \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r}{R_2} + 1.$$

E130.  $6,8 \text{ V}$ .

E131.  $R = 1300 \text{ oomi}$ ;  $r = 325 \text{ oomi}$ ;  $E_V'' = 13\,260 \text{ oomi}$ .

E132.  $i_1 = 1,05 \text{ A}$ ;  $i_2 = -0,87 \text{ A}$ ;  $U = 1,8 \text{ V}$ .

$$E133. r_x = \frac{r_2 [Ur_4 + i(Rr_3 + Rr_4 + r_3r_4)]}{Ur_3 + i(Rr_3 + Rr_4 + r_2r_3 + r_2r_4 + r_3r_4)}$$

$$E135. \operatorname{tg} \alpha = -\frac{\varepsilon}{R_1^2}.$$

E136. Kui  $R_x \gg R$ , siis  $i_A \rightarrow \frac{\varepsilon}{r + R}$ ;

kui  $r \ll R_x$ , siis  $i_A \rightarrow \frac{\varepsilon}{R}$ ;

kui  $r \ll R$ , siis  $i_A \rightarrow \frac{\varepsilon}{R}$ , kus  $i_A$  tähistab ampermeedit läbiva voolu tugevust.

E137.  $1 \text{ mA}$ ;  $E_2 (R_1 + R) = E_1 R$ .

E138.  $1,82 \text{ A}$ ;  $2,01 \text{ A}$ ;  $0,19 \text{ A}$ .

E139.  $U_2 = 3 \text{ V}$ ;  $i_3 = 1 \text{ A}$ ;  $R_2 = 3 \text{ oomi}$ ;  $R_1$  ja  $R_4$  -

- suvalised.

E140.  $i_1 = 3 \text{ A}$ ;  $i_2 = 0$ ;  $i_3 = -1 \text{ A}$ ;  $i_4 = 2 \text{ A}$ .

$$E141. E = [R_1(R_2R_5 + R_3R_5 + R_4R_5 + R_2R_4 + R_3R_4) + R_3(R_2R_4 + R_2R_5 + R_4R_5)] \frac{i_4}{R_3R_5}.$$

E142.  $1,5 \text{ A}$ ;  $0,65 \text{ A}$ ;  $0,85 \text{ A}$ .

$$E143. R_4 = \frac{U(R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3)}{IR_2R_3 - U(R_2 + R_3)}.$$

- E144.  $\frac{7}{5}$  r.
- E145.  $i_1 = 1,64$  A;  $i_2 = 2,54$  A;  $i_3 = 0,18$  A;  $i_4 = 2,36$  A;  
 $i_5 = 1,82$  A.
- E146. a) 160 W; b)  $5,7 \cdot 10^5$  J; c)  $55$  A/mm<sup>2</sup>;  
d)  $10^{20}$  1/s; e)  $4,1 \cdot 10^{-3}$  m/s.
- E147. 2200°C.
- E148. Väiksemale võimsusele arvestatud lamp helendub intensiivsemalt.
- E149. 88 V.
- E150. 14,4 oomi; 0,0045 1/deg.
- E151. 19 oomi; 1,3 oomi.
- E152. 2 oomi; 0,5 A ja 0,5 oomi; 1 A.
- E153. 30 min; 6 m 40 s.
- E154. 13,3.
- E155.  $4,37 \cdot 10^{-5}$  s.
- E156. 0,079 deg/s.
- E157. 0,91 A; 0,455 A.
- E158. 1)  $U_1 \approx 95$  V;  $P_1 \approx 45$  W.  
 $U_1' \approx 97,6$  V;  $P_1' \approx 23$  W;  $i_1' \approx \frac{1}{2}$ ;  
2)  $U_2 \approx 100$  V;  $P_2 \approx 0,1$  W;  
 $U_2' \approx 200$  V;  $P_2' \approx 0,2$  W;  $i_2' \approx i_2$ .
- E159. 1,63 A.
- E160. 10 korda.
- E161. 3 cm.
- E162. 1)  $\frac{M_D}{M_0} = \frac{3}{8}$ ; 2)  $\frac{\Delta P_0}{\Delta P_D} = \frac{(1 + \alpha)^2}{4(1 + \alpha^2 - \alpha)}$ .
- E164. 10 W.
- E165. 1,5 oomi; 2,5 A; 18,75 W.
- E166. 60%;  $\infty$ .
- E167.  $l_1 = l \sqrt[3]{\frac{P_1}{P} \cdot \frac{U_1^2}{U^2}}$ ;  $r_1 = r \sqrt[3]{\frac{U^2}{U_1^2} \cdot \frac{P_1^2}{P^2}}$ .

E168. 4 V; 0,55 A.

$$E169. T = \frac{U^2 + R_0 k T_0}{R_0 k - U^2 \alpha}.$$

$$E170. A = \frac{IUt}{3}.$$

E171. 480 J.

E172. 15,5 J.

E173.  $7,5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

E174.  $10^{20}$  1/s;  $4,15 \cdot 10^{-3}$  m/s.

E175.  $2,84 \cdot 10^{-6}$  kgm/s.

E176. 235 a;  $9,4 \cdot 10^4$  N.

E177. 7,03 m/s.

E178.  $8 \cdot 10^{-5}$  A.

E179.  $5 \cdot 10^{-5}$  V/deg.

E180. 0,7 deg.

E181. 1480 C.

E182. 3,1 eV.

E183. 0,14 A.

E184. 0,03 mm.

E185.  $3 \cdot 10^6$  C/kg.

E186.  $1,81 \cdot 10^7$  J.

E187. 17,6 kop/kg.

E188.  $10,4 \cdot 10^{-4}$  kg;  $6,95 \cdot 10^{-4}$  kg;  $13,2 \cdot 10^{-4}$  kg;

$1,86 \cdot 10^{-5}$  kg-aat;  $3,72 \cdot 10^{-5}$  kg-aat;

$11,2 \cdot 10^{22}$  aatomit;  $2,24 \cdot 10^{22}$  aatomit.

E189. 2,5.

E190. 0,844; 0,156.

E191. 0,497.

E192.  $2,09 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>.

E193. 31,3  $\frac{1}{\Omega}$ m.

E194. 0,1 mm.

E195.  $2,6 \cdot 10^{13}$   $\Omega$ .m.

E196.  $1,5 \cdot 10^8$   $\frac{1}{\text{cm}^3}$ .

E197.  $4,8 \cdot 10^{-10} \text{ A/m}^2$ .

E198.  $3,75 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ .

E199.  $1,08 \text{ m/s}$ ;  $1,62 \text{ m/s}$ .

E200.  $1,42 \cdot 10^{12} \text{ 1/m}^3$ .

E201.  $1,2 \cdot 10^9 \text{ 1/cm}^3 \cdot \text{s}$ .

E202.  $9,9 \cdot 10^{-8} \text{ A}$ ;  $8,5 \cdot 10^{-8} \text{ A}$ .

E203. Suureneb 8600 korda.

E204.  $10^{-4} \text{ T}$ .

E205. 3,87 cm juhtmest A vasakule ja 6,36 cm paremale.

E206. 8 cm.

E207.  $9,6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ .

E208.  $B = \frac{\mu_0 \cdot i(1 + \cos \alpha)}{2\tilde{n}r}$ ;

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\tilde{n}r} \sqrt{6 + 4(\cos \alpha + \cos \beta) + 2 \cos(\alpha + \beta)},$$

kus r tähistab vaadeldava punkti kaugust voolude harunemispunktini.

E209.  $B_1 = \frac{\mu_0 i}{2\tilde{n}x} (\sqrt{2}-1)$ ,  $B_2 = \frac{\mu_0 i}{2\tilde{n}x} (\sqrt{2}+1)$  ja

$B_3 = \frac{2\mu_0 i}{4\tilde{n}x} \sqrt{2}$ , kus x tähistab vaadeldava punkti kaugust murdepunktini.

E210.  $B = \frac{2\mu_0 i \sqrt{a^2+b^2}}{\tilde{n}ab}$ .

E211. 0.

E212.  $3,35 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ .

E213.  $\frac{9\mu_0}{2\tilde{n}a} \text{ i}$ .

E214. 0.

E215. 0.

E216. Suureneb 4 korda.

E217.  $\frac{\mu_0 i}{R\tilde{n}} \left( \arcsin \frac{a}{R} + \frac{\sqrt{R^2-a^2}}{a} \right)$ .

E218.  $1,55 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ ;  $3,30 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ .

$$E219. B = \frac{\mu_0 i}{2R} (\sqrt{3} + 1) \sqrt{2}.$$

$$E220. \frac{4\mu_0 i}{\pi Dh} \sqrt{D^2 + h^2} (\cos 22^\circ 30' + \cos 67^\circ 30').$$

$$E221. 25^\circ; 65^\circ.$$

$$E222. 13^\circ 30'.$$

$$E223. 3,7 \text{ oomi.}$$

$$E224. i_2 = \frac{i_1 R_2}{2R_1} (\text{ctg } \varphi_1 - \text{ctg } \varphi_2);$$

$$H_m = \frac{i_1}{4R_1} (\text{ctg } \varphi_1 + \text{ctg } \varphi_2).$$

$$E225. \Phi_m = \frac{\mu_0 i}{2\pi} i \cdot \ln \frac{R}{r} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Wb.}$$

$$E226. 399 \text{ 000 keerdu.}$$

$$E227. 765.$$

$$E228. \mathcal{E}_m = 700.$$

$$E229. 700.$$

$$E230. \Phi_1 = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}; \Phi_2 = \Phi_1; \Phi_3 = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ Wb.}$$

$$\mu_1 = 1440; \quad \mu_2 = \mu_1; \quad \mu_3 = 800.$$

$$E231. 17,6 \text{ A.}$$

$$E232. B_{Fe} = \mu_0 / \mu_{Fe} \quad H_0 \approx B_0; \quad H_0 = \frac{\mu_{Fe}}{\mu_0} H_0, \text{ kus } H_0 \text{ on}$$

voolu magnetvälja tugevus vaakumis.

$$E233. 77^\circ.$$

$$E234. 24 \text{ N.}$$

$$E235. F_1 = 0,141 \text{ N}, F_2 = 0,173 \text{ N.}$$

$$E236. d = \frac{\mu \mu_0 i_1 i_2 l}{2\pi P}.$$

$$E237. h_1 = \frac{h}{2} + \sqrt{\frac{h^2}{4} - \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4 \pi k}}$$

$$h_2 = \frac{h}{2} + \sqrt{\frac{h^2}{4} + \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4 \pi k}}$$

$$E238. 4,45 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}; 3,53 \cdot 10^{-4} \text{ Nm.}$$

$$E239. 12^{\circ}15'; 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ A.}$$

$$E240. T = 2 \pi \sqrt{\frac{I}{B a^2 n i}}$$

$$E241. I = \sqrt{\frac{LP}{\mu \mu_0 n N S}}$$

$$E242. 0,05 \text{ J.}$$

$$E243. 4,15 \cdot 10^{-5} \text{ J/m.}$$

$$E244. i = \frac{A}{B v l t} = 0,25 \text{ A.}$$

$$E245. A = 0,12 \text{ J.}$$

$$E246. 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

$$E247. -1,8 \cdot 10^{-11} \text{ J.}$$

$$E248. \omega = 23,2 \text{ 1/s.}$$

$$E249. v = 0,14 \text{ m/s.}$$

$$E250. 0,15 \text{ V.}$$

$$E251. 0,031 \text{ V.}$$

$$E252. 477 \text{ 1/min.}$$

$$E253. \text{Igal momendil } U_v = 1 \text{ mV.}$$

$$E254. \mathcal{E}_i = \frac{\mu_0 a b i}{2 \pi} \frac{1}{(vt + a)t}$$

$$E255. \mathcal{E}_i = ab B_0 [\omega' \cos \omega t \sin(\omega' t - \varphi) + \omega \sin \omega t \cos(\omega' t - \varphi)].$$

$$\mathcal{E}_i' = ab\omega B_0 \sin 2\omega t$$

$$\mathcal{E}_i'' = ab\omega B_0 \cos 2\omega t.$$

E256. 20 mV.

E257.  $i = 0,314$  A nii ühel kui teisel juhul.

E258.  $F = 10$  N

$P = 250$  W.

$$E259. a = \frac{mg}{m + CB^2 l^2}; i = \frac{CB l mg}{m + CB^2 l^2}.$$

E260. 1007 keerdu.

E261.  $10^{-3}$  H.

E262.  $5,5 \cdot 10^{-5}$  H.

E263. 0,15 J.

E264.  $9,2 \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$ .

E265. 0,6 H.

E266. 1)  $L \approx 0$ ; 2)  $L \approx 0,2$  H;  $L = 0,05$  H.

E267. 0,157 V.

E268.  $i = \frac{\mathcal{E}}{L} t$ .

E269. Lüliti suletakse:

$$i = \frac{\mathcal{E}(R+r)}{Rr} \left[ 1 - \frac{R}{R+r} e^{-\frac{rR}{(R+r)L} t} \right].$$

$$U = 24 (1 - e^{-2,4 t}) \text{ V.}$$

Lüliti avatakse:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} \left( 1 + \frac{R}{r} e^{-\frac{R}{L} t} \right); U = 24 (1 + 99 e^{-240 t}).$$

Vahetult pärast lüliti avamist:

$$U \approx 2400 \text{ V.}$$

E270.  $3 \cdot 10^{-4}$  C.

E271. 0,053 C.

E272.  $10^{-4}$  C.

E273. 10 jaotist.

$$E274. q = \frac{\mu_0 i b s}{4\pi(a+b)\rho} \ln \frac{d+a}{d-a}.$$

$$E275. Q = \frac{\mu_0^2 \pi^3 a h N^4 D^3 \nu^2 I_e^2}{4\rho H^2} \approx 2,9 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

$$E276. Q = \frac{\mu_0^2 \pi^3 a N^4 \nu^2 D^4 I_e^2}{32\rho H^2} \approx 1,46 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

E277. 0,5 cm.

E278. 1.

$$E279. E = \frac{4Ud}{1(1+2D)}.$$

E280. 0,12 cm.

E281.  $1,27 \cdot 10^4$  A/m.

E282. Ringjoon, mille raadius  $R = 1$  cm.

E283.  $P = 0,0188$  W.

E284.  $2,98 \cdot 10^{-9}$  s.

E285.  $5 \cdot 10^6$  m/s.

$$E286. mVR = \frac{m^2 V^2}{1B}.$$

E287.  $a_t = 0.$

$$a_n = 7 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2.$$

$$E288. P_m = \frac{mV^2}{2B}.$$

E289. a)  $\frac{r_p}{r_e} = 1840$ ; b)  $\frac{r_p}{r_e} = 43.$

E290.  $R = 3,48$  cm.

$$h = 37,5 \text{ cm.}$$

E292.  $1,6 \cdot 10^7$  m/s.

E293. 0,6 mm.

E294. 10 MHz.

E295. 101 W; 60 W.

E296. 0,146 H.

E297. 50 Hz.

E298. 45,1 oomi; 180 W.

E299. 80 V; 75 V.

E300. 0,28 A;  $-88^{\circ}23'$ .

E301. 1,01 H.

E302. 400  $\mu$ F; 8 oomi.

E303. 1470 W; 446 W; 4840 W; 101  $\mu$ F.

E304. 50  $\mu$ F; 628 V; 19,6  $\mu$ F; 0,3  $\mu$ F.

E305. 3,2 kW.

E306.  $I_e = 7,1$  A;

$U_e = 63,9$  V;

$u = 90 \sin(500 t + 56^{\circ}20')$ ;

$P = 251,5$  W.

E307.  $U_e = 100$  V;

$I_e = 6,2$  A;

$i = 8,7 \sin(628 t + 79^{\circ}20')$ ;

$P = 115$  W.

E308.  $\omega_0 = 38,7$  Hz;

$I_e = 22$  A;

$U_{ep} = 880$  V;

$U_{ec} = 851$  V.

E309.  $U_L = 144$  V;

$U_{rp} = 60$  V;

$U_r = 36$  V;

$U_c = 216$  V.

E310.  $U_p = 300$  V.

E311.  $Z = \frac{R}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}$ .

E312. 4 A.

01. Valgusallika raadius  $r_x = \frac{r(r_2 - r_1)}{r_1 + r_2 - 2r}$  ;  
 kaugus  $x = \frac{2rd}{r_1 + r_2 - 2r}$  .
02. 1) Varjutus on rõngakujuline, kui  $d > 376\ 000$  km.  
 2) Täisvarjutus, kui  $d < 376\ 000$  km.
03. 7,4 cm.
04. 1) 30 cm; 2) 10 cm.
05. 7,5 cm; 1,5 cm.
07.  $f = 4,9$  m.
09. 2 cm.
010.  $n = 1,52$ .
011. 0,58 cm.
012.  $H/h = 4,7$ .
013. 22 cm.
014.  $n = 1,5$ .
015.  $\Delta f = 2$  mm.
019.  $\delta = 2(\pi - \varphi)$ .
020.  $\vec{k}_1 = \vec{k}_0 - 2(\vec{k}_0 \vec{N}) \cdot \vec{N}$ .
022.  $n_2 \vec{k}_2 = n_1 \vec{k}_0 - \vec{N} [n_1 (\vec{k}_0 \vec{N}) + \sqrt{n_2^2 - n_1^2 + n_1^2 (\vec{k}_0 \vec{N})^2}]$ .
023. Ei või.
024. 1)  $\alpha_p = 62^\circ 20'$ ;  $\alpha_v = 58^\circ 50'$ ;  $\rho_p = 42^\circ 42'$ ;  
 $\rho_v = 40^\circ 44'$ .  
 2)  $\alpha_p = 73^\circ 30'$ ;  $\alpha_v = 71^\circ 30'$ ;  $\rho_p = 49^\circ 46'$ ;  
 $\rho_v = 53^\circ 29'$ .
025.  $\cos \alpha = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{N(N + 2)}}$ ;  $\delta = N\pi + 2\alpha - 2(N + 1)\gamma$ ,  
 kus  $\gamma$  on murdumisnurk.

027. nr  $\sin \alpha = \text{const}$ ,  $r$  on kaugus maakera keskpunktist.

$$028. |\gamma| = n_0 r_0 \sin \alpha_0 \int_{r_0}^{\infty} \frac{d}{dr} (\ln r) \frac{dr}{\sqrt{n^2 r^2 - n_0^2 r_0^2 \sin^2 \alpha_0}}.$$

$$029. |\gamma| = 2x_0(n_0 - 1) \operatorname{tg} \alpha_0 \int_{x_0}^{\infty} e^{-(x^2 - x_0^2)} dx, \text{ kus } x^2 = \frac{gM}{RT} r.$$

$$030. n = \frac{n_0}{1 + \frac{r^2}{a^2}}, \text{ kus } a \text{ on konstantne suurus.}$$

$$031. \rho_{\min} = b.$$

$$032. 1) 41^{\circ}8'; 2) 48^{\circ}45'; 3) 61^{\circ}4'.$$

$$033. 11,4 \text{ cm.}$$

$$034. n = 1,41.$$

$$035. \delta \geq 97^{\circ}30'.$$

$$037. f = 30,8 \text{ mm.}$$

$$038. 40 \text{ cm.}$$

039. Fookuskaugus suureneb 8,64 korda. Koondav lääts muutub hajutavaks ja vastupidi.

$$040. n = 1,7.$$

$$041. l \geq \frac{100f \left( \frac{p}{100} + 1 \right)}{p}.$$

$$042. 9 \text{ cm.}$$

$$043. 12 \text{ cm.}$$

$$044. f_1 = 45 \text{ cm}, |f_2| = 5 \text{ cm}; f_1' = 36 \text{ cm}, f_2' = 4 \text{ cm.}$$

$$045. 0,5 \text{ cm.}$$

$$046. \infty$$

$$047. 31\frac{3}{7} \text{ cm.}$$

$$048. 5 \text{ cm.}$$

$$049. -1,05 \text{ cm.}$$

$$050. x = \sqrt{ab}.$$

051. 12 cm.

052. 30 cm.

$$054. f = \frac{r_1 r_2}{2(1-n)r_2 + 2nr_1}, \text{ kui } r_2 < 0.$$

$$055. f_1/f_2 = \frac{n-1}{n}.$$

056.  $R = 72$  cm;  $a = 108$  cm.

057.  $-38,4$  cm.

$$058. x' = \frac{n'Rx}{(n'-n)x+nR}; y' = \frac{nRy}{(n'-n)x+nR};$$

$$z' = \frac{nRz}{(n'-n)x+nR}.$$

$$060. x_{F_1} = -\frac{b}{a}; x'_{F_2} = \frac{A}{a}.$$

$$x_{H_1} = \frac{C-b}{a}; x'_{H_2} = \frac{aB+A(C-b)}{Ca}.$$

$$x_{K_1} = x_{F_1} - f_2; x'_{K_2} = x'_{F_2} - f_1.$$

$$f_1 = \frac{C}{a}; f_2 = \frac{aB-Ab}{Ca}.$$

$$061. 1) f_1/f_2 + f_2/f_1' = -1; \frac{f_1'}{f_2} = \frac{f_1}{f_1+f_2} = \frac{f_2+f_1'}{f_2} =$$

$$= \frac{-f_1 f_1'}{f_2 f_2'}.$$

$$2) XX' = f_1 f_2; \frac{Y'}{Y} = \frac{f_1}{X} = \frac{X'}{f_2}.$$

$$062. f_2 = \frac{n'R}{n'-n}; f_1 = +\frac{nR}{n'-n};$$

peapinnad ühtivad ja läbivad sfäärilise pinna  
legitäpl.

$$063. f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - l}; x_{H_1} = -\frac{f_1 l}{l - f_1 - f_2}; x_{H_2} = \frac{f_2 l}{l - f_1 - f_2}.$$

064.  $f_2 = 12,5$  cm;  $X_{H_1} = 1,3$  cm;  $X_{H_2} = -0,8$  cm.

065.  $f_2 = -11,6$  cm;  $X_{H_1} = 1,2$  cm;  $X_{H_2} = 0,8$  cm.

066. a)  $f = 2 R$ ; b)  $1,5 R$ ; c)  $n > 2$ .

Kõigil juhtudel  $X_{H_1} = R$ ;  $X_{H_2} = -R$ .

067.  $d = 11,3$  cm.

068.  $15$  cm;  $\beta = -1,5$ .

069.  $a_2' = 15$  cm;  $a_2'' = 0$ .

071. Kui läätse paksus  $d = \frac{n}{n-1} (R_1 + R_2)$ , kus  $R_1$  ja  $R_2$  on läätse pindade kõverusraadiuste aritmeetilised väärtused.

072. Kui läätse paksus  $d = \frac{n(R_1+R_2)}{n-1} = 3(R_1+R_2)$ .

073. Kui  $R_1$  või  $R_2 = \pm \infty$ .

Sõltub, kui valgus langeb läätse sfäärilisele pinnale.

074.  $x = AF = \frac{R}{2} \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$ ;  $y = FH = \frac{R \operatorname{tg} 2\alpha}{2} \left( \frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$ .

075.  $x = 1,8$  cm;  $y = 1,5$  cm.

076.  $d \leq 16,32$  cm.

077.  $f_p = 1015$  mm;  $f_k = 1000$  mm;  $f_s = 982$  mm;

$\Delta f = 33$  mm.

078.  $\Delta p = 0,75$  mm;  $\Delta s = 0,90$  mm.

080.  $f_2 = f = f_1$ .

081.  $r_1 = 40,8$  cm;  $r_2 = -41,3$  cm.

$r_1' = -41,3$  cm;  $r_2 = \infty$ .

082.  $3,3 \cdot 10^8$  lx.

083.  $1500$  lx.

084.  $9$  lx.

085.  $10,3$  lx.

086.  $0,3$  m.

088.  $0,7$  m.

089.  $E = \frac{R\varphi a}{2(a^2 + R^2)^{3/2}}$ .
090.  $E = \frac{\varphi}{2\pi h} = 7 \text{ lx.}$
091.  $E = 6,9 \text{ lx.}$
092.  $E = \frac{\varphi}{2} \left(1 - \frac{a}{\sqrt{a^2 + R^2}}\right)$ .
094.  $I_\alpha = \frac{I_0}{\cos^3 \alpha}$ .
095.  $E = \pi B$ .
096.  $1,5 \cdot 10^9 \text{ nt.}$
097.  $1,11 \cdot 10^5 \text{ lx.}$
098. 1) 1; 2) 1; 3) 0,25.
099. 100 mm.
0100. 1) 14; 2) 60; 3) 9-10.
0101. 20.
0102.  $\sim 2\%$ .
0103. Siis, kui  $\vec{A}_1 \perp \vec{A}_2$ .
0105. 500 nm.
0106. 1,000865.
0107.  $\lambda = \frac{2\alpha \cdot r}{D_0 + r} \delta h$ .
0108.  $I = I_0 \cos^2 \frac{2\pi \varphi rh}{\lambda (D_0 + r)}$ .
0109.  $h = 0,11 \text{ cm.}$
0110. 9,2'.
0111.  $h = k \frac{\lambda (a+b)}{2a (n-1) \alpha}$ .
0112.  $N = \frac{4ab (n-1)^2 \alpha^2}{\lambda (a+b)}$ .
0113.  $\delta h = \frac{1(a+f)-af}{ad} \lambda$ ,  $a < 0$ .

$$0114. d = \frac{f \lambda}{\delta h} = 0,6 \text{ mm.}$$

$$0115. 500 \text{ nm.}$$

$$0117. 5,7 \text{ mm.}$$

$$0118. 104 \text{ nm.}$$

$$0119. k = 8,5 \text{ cm}^{-1}.$$

$$0120. 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ rd.}$$

$$0121. 1) r_k = \sqrt{(2k-1) R \cdot \frac{\lambda}{2}}; 2) r_m = \sqrt{m \lambda R}.$$

$$0122. r_k = \sqrt{\frac{(2k-1) \lambda R}{2n}}; r_m = \sqrt{\frac{m \lambda R}{n}}.$$

$$0123. 0,3 \text{ mm.}$$

$$0124. f = 1,37 \text{ m.}$$

$$0125. r = 0,63 \text{ mm.}$$

$$0127. R = 32 \text{ cm.}$$

$$0128. 982.$$

$$0129. r_k = \sqrt{\frac{k \lambda}{1/R_1 - 1/R_2}}.$$

$$0130. r_m = \sqrt{\frac{m \lambda}{1/R_1 + 1/R_2}}.$$

$$0131. \varepsilon \approx 0,6'.$$

$$0132. \Delta = 2d \sqrt{n^2 - \cos^2 \varepsilon}.$$

$$0133. \text{Pilt nihkub } 1/2 \text{ riba v\u00f6rra.}$$

$$0134. \Delta = 2d \cos \varphi.$$

$$0135. 1) \frac{d\varepsilon}{d\lambda} = \frac{(n^2-1) - \lambda n \frac{dn}{d\lambda}}{\lambda \varepsilon}; \Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \sqrt{n^2-1}}{2h [(n^2-1) - \lambda n \frac{dn}{d\lambda}]}$$

$$0136. 17.$$

$$0137. k_{\max} = 62000; k_{\min} = 47200.$$

$$0138. 1) \Delta\lambda = 0,098; 2) R = 852 \text{ 000.}$$

$$0139. 2,5 \text{ cm.}$$

$$0140. 1) r_m = m \frac{a b}{a + b}; 2) r_1 = 0,15 \text{ cm.}$$

$$0141. 1) r_m = m b; 2) r_1 = 0,212 \text{ cm.}$$

$$0142. 1,2 \text{ m.}$$

$$0143. f = 90 \text{ cm}; r_1 = 0,67 \text{ mm.}$$

0144.  $r = \sqrt{\frac{m\lambda}{1/a + 1/b}}$ . Keskkel on hele täpp, kui  $m$  on paaritu arv, ja tume, kui  $m$  on paaris arv.

0145.  $\sin \varphi = \pm 1,43 \frac{\lambda}{b}$ ;  $\pm 2,46 \frac{\lambda}{b}$ ;  $\pm 3,47 \frac{\lambda}{b}$  jne.

0146. 3,5 cm.

$$0147. I = C \left[ \frac{\sin(\frac{N\pi d}{\lambda} \sin \varphi)}{\sin(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \varphi)} \right]^2 \cdot \left[ \frac{\sin(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi)}{\frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi} \right]^2.$$

0148.  $d(\sin \varphi - \sin \varphi_0) = n\lambda$ . Kui  $d \gg \lambda$ , siis  
 $n\lambda = d(\varphi - \varphi_0) \cos \varphi_0$ .

0149. 0,573 Å.

0150. Maksimaalseks spektrijärguks on suurim täisarv, mis ei ületa arvu  $\frac{d}{\lambda}$ .

0151. 3.

0152. 540 nm.

0153.  $5^{\circ}33'$ .

0154.  $m = \frac{d}{b} n$ , kus  $n = \pm 1, \pm 2 \dots$

0155. 1)  $8,1 \text{ ''}/\text{Å}$ ; 2)  $0,0197 \frac{\text{mm}}{\text{Å}}$ .

0156. 0,12 mm.

0157.  $13 \text{ ''}/\text{Å}$ .

0158. 600 joont/mm.

$$0159. \delta\varphi = \frac{\lambda}{Nd \cos \varphi}.$$

0160.  $\sim 1000$ .

0161. 1)  $1,2 \cdot 10^4$ ; 2)  $4,8 \cdot 10^4$ .

$$0162. x \ll \frac{f\lambda}{Na} = 10^{-3} \text{ cm.}$$

$$0164. 5'12''.$$

$$0165. 48^{\circ}12'.$$

$$0167. D = A(n-1) \left[ 1 + \frac{n(n+1)}{24} A^2 \right].$$

$$0168. 1) 0,9; 2) 1,7; 3) 2,9; 4) 8; 5) 13; 6) 36 \text{ "}/\text{\AA}.$$

$$0169. 0,0022; 0,0042; 0,0071; 0,0195; 0,032; 0,088.$$

$$0170. \sim 1000.$$

$$0171. \sim 1 \text{ cm.}$$

$$0172. b \ll \frac{2}{\sqrt{4-n^2}} \cdot \frac{f\lambda}{a} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm.}$$

$$0173. 1) 45 \text{ m}; 2) 17 \text{ km.}$$

$$0174. 56 \text{ km.}$$

$$0175. x = \frac{b\lambda}{D}, \text{ tingimusel, et } \frac{1}{2b^2} \left( \frac{b^2\lambda^2}{D^2} + \frac{D^2}{4} \right) \ll 1.$$

0176. Kui esimese tameda difraktsioonirõnga raadius

$$x = 1,22 \frac{b\lambda}{D}, \text{ siis } D^2 = \frac{2,44 ab\lambda}{a+b}.$$

$$0177. D \approx 0,35 \text{ mm.}$$

$$0178. \sim 10^3 \text{ km}; 1,5 \cdot 10^{-12}.$$

$$0179. 3,7 \text{ m.}$$

$$0180. 1) d = 0,37 \text{ \AA m}; 2) 0,23 \text{ \AA m.}$$

$$0181. 1) 2 \text{ korda}; 2) 0,115 \text{ \AA m.}$$

$$0182. N \geq \frac{2 a_0 n \sin u}{d}, \text{ kus } a_0 \text{ on parima nägemise kaugus}$$

ja  $d$  - silmaava diameeter.

$$0183. 1) 35'; 2) 0,042 \text{ mm.}$$

$$0184. N \geq \frac{D}{d}, \text{ kus } D \text{ on objektiivdi diameeter ja } d \text{ - silma-ava diameeter.}$$

0185. 1)  $\varphi = 2,8''$ ; 2) 10.
0186.  $\sim 1^\circ$ ;  $\sim 7'$ .
0187.  $n = 1,43$ .
0188.  $49^\circ$ .
0189. 1)  $56^\circ 19'$ ; 2)  $\Delta = \frac{4n^2 - (1+n^2)^2}{4n^2 + (1+n^2)^2} = -0,08$ .
0190.  $-0,007$ ;  $-0,042$ ;  $-0,096$ ;  $-0,247$ .
0191.  $0,0$ ;  $0,84$ ;  $1,0$ ;  $0,0$ .
0192. Niikolite uues asendis on intensiivsus  $2/3$  endisest.
0193.  $5^\circ 10'$ .
0194.  $5160 \text{ nm}$ .
0195. 1)  $\sin 2\phi = \sin 2\varphi \sin \delta$ ; 2)  $\text{tg } 2\theta = \text{tg } 2\varphi \cos \delta$ ,  
kus  $\theta$  on nurk plaadi ühe peasuuna ja ellipsi  
ühe pooltelje vahel; pooltelgede pikkuste suhe  
on võrdne  $\text{tg } 2\phi$ .
0196.  $5,97$ ;  $28,57$ .
0197.  $14,91$ ;  $19,50$ .
0198.  $10$ .
0199.  $0,027 \text{ mm}$ .
0200.  $0,014 \text{ mm}$ .
0201.  $A^2 = a^2 [\cos^2(\alpha - \beta) - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\delta}{2}]$ ,  
kus  $\delta$  on plaadi läbimisel tekkinud faasi vahe.
0202.  $I = a^2(1 + \sin 2\alpha \sin \delta)$ ;  $I$  on maksimaalne, kui  
 $\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3}{4}\pi, \dots$ , minimaalne, kui  $\alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \dots$
0203. Sinine.
0204.  $0,073 \text{ mm}$ .
0205.  $\alpha = 68^\circ$ ;  $\frac{a}{b} = 2,88$ .
0206. Kanada palsami korral:  $\frac{a}{b} = 4,93$ ; apertuur  $2\alpha =$   
 $= 34^\circ 20'$ .  
Linaseemneõli korral:  $\frac{a}{b} = 4,14$ ;  $2\alpha = 40^\circ 50'$ .
0207.  $\frac{a}{b} = 0,826$ ;  $2\varphi = 8^\circ 10'$ .
0208.  $\Delta = \frac{1}{2}$ .

0209. 4,5 mm.

$$0210. d = \frac{\lambda^3 \tilde{n}}{8B \cdot \delta \lambda} \approx 920 \text{ mm.}$$

$$0211. \Delta n = \frac{\varphi \lambda}{\tilde{n} d} \approx 1,1 \cdot 10^{-8}.$$

$$0212. \Delta n = 7,1 \cdot 10^{-5}.$$

$$0213. 9,1^\circ.$$

$$0214. R = 7,8 \frac{\text{minut}}{\text{A/m.cm}}.$$

$$0215. R = \frac{\tilde{n} (n_- - n_+)}{\lambda H}.$$

$$0216. 0,13 \cdot 10^{-6}.$$

$$0217. \delta' = 3,2^\circ.$$

$$0218. E = 1,6 \cdot 10^4 \text{ V/cm.}$$

0219.  $P = u(1+r) \cos^2 \varphi$ , kus  $u$  on valguse energia tihedus.

$$T = \frac{1}{2} u(1-r) \sin 2\varphi.$$

$$0221. \dot{P} = 0,46 \cdot 10^{-5} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

0222. 1)  $F = Su$ ; 2)  $F = Su$ , kus  $S$  on kera ristlõike pindala.

$$0223. F_1 = 5,9 \cdot 10^8 \text{ N}; \frac{F_1}{F_2} = 1,6 \cdot 10^{-14}.$$

$$0224. u = v \left( 1 + \frac{\lambda}{n} \frac{dn}{d\lambda} \right).$$

$$0225. 1) u = a = v; 2) u = \frac{a\sqrt{\lambda}}{2} = \frac{v}{2}; 3) u = \frac{3}{2} \frac{a}{\sqrt{\lambda}} = \frac{3}{2} v;$$

$$4) u = \frac{2a}{\lambda} = 2v; 5) u = \frac{c^2}{\sqrt{c^2 + b^2 \lambda^2}} = \frac{c}{v};$$

$$6) u = \frac{1}{\epsilon M} \frac{c^2}{v \left[ 1 + \frac{\omega}{2\epsilon M} \frac{d(\epsilon M)}{d\omega} \right]}.$$

$$0226. \epsilon = 1 + \frac{A}{\omega^2}; A \text{ on const.}$$

$$0227. \frac{v}{v_0} \approx 1 - \frac{v}{c} \cos \vartheta.$$

0228.  $\frac{c}{u} = 1,76$ .
0229.  $\Delta\lambda = 21 \text{ \AA}$ .
0230.  $\delta\lambda = 0,046 \text{ \AA}$ .
0231.  $\delta\lambda = 458 \text{ \AA}$ .
0232. Kaugeneb kiirusega 1380 km/s.
0233. 2,1 km/s.
0234.  $\Delta\lambda = 1,1 \text{ \AA}$ .
0235. 3680 V.
0236. 5,85 kW.
0237. 1,41  $\mu\text{m}$ .
0238. Suureneb 32 korda.
0239.  $\sigma \approx 5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{deg}^4}$ .
0240.  $\sim 1,6$  tunni möödumisel.
0241.  $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 \cdot c^2 h^3}$ ;  $\alpha = \frac{h c}{\beta k}$ , kus  $\beta = 4,965$ .
0242.  $T \approx 6000^\circ\text{K}$ .
0243.  $\lambda_{\text{max}} \approx 29 \text{ \AA}$ .
0244. 5,37 kW.
0245.  $T_r = 2700^\circ\text{K}$ .
0246.  $\lambda_{\text{max}} T = \frac{c_2}{5} = 0,28776 \text{ cm} \cdot \text{deg}$ .
0247.  $T < 4150^\circ\text{K}$ , kui  $\lambda = 7500 \text{ \AA}$ .
0248.  $4,4 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ .
0249.  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 4,85 \cdot 10^{-2}$ .
0250. 2,43 eV.
0251. 1,24 nm.
0252. 6,6 eV.
0253.  $p = 1,3 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ ;  $p_{\text{H}_2} = 5,4 \cdot 10^{-24} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ .

0254.  $\lambda \approx 1,2 \text{ \AA}$ .

0255. 67 korda.

0256.  $1,2 \cdot 10^{21}$ .

A1.  $1,25 \cdot 10^{-14} \text{ m}$ .

A3.  $2,31 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .

A4.  $4,83 \cdot 10^{-14} \text{ m}$  või  $1,07 \cdot 10^{-14} \text{ m}$ .

A5.  $1,93 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .

A6. 97.

A7. 4,9 MeV.

A8.  $7^{\circ}40'$ .

A9.  $2,7 \cdot 10^{-3}$ .

A10. 1,15.

A11.  $7 \cdot 10^{-5}$ .

A12. 47 e (e - elementaarlaeng).

A13.  $2,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ ;  $1,09 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ;  $5,63 \cdot 10^{21} \text{ m/s}^2$ .

A14.  $1,72 \cdot 10^{11} \text{ V/m}$ .

A15.  $\nu = \frac{2Rc}{n^3}$  (R - Rydbergi konstant, c - valguse kiirus vaakumis.)

A16.  $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ A}$ .

A18.  $8,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .

A19. 5.

A20. Bracketti seeria.

A21.  $1216 \text{ \AA}$ ;  $6560 \text{ \AA}$ ; Lymani seeria.

A22.  $1060 \text{ \AA}$ ; ei.

A23.  $1048 \text{ \AA}$ ; ei.

A24. Suurenes  $7,55 \text{ eV}$  võrra.

- A25.  $7 \cdot 10^5$  m/s.
- A26.  $n(n-1)/2$ .
- A27.  $5,42 \cdot 10^6$  m<sup>-1</sup>.
- A28. 16.
- A29.  $7 \cdot 10^5$  m/s.
- A30.  $L_\alpha$ ,  $L_\beta$ ; 1216 Å, 1025 Å.
- A31. 4; 2.
- A32.  $1,09 \cdot 10^6$  m/s.
- A33. 29,9 1/cm.
- A34.  $1,05 \cdot 10^{-10}$  m; 6,8 V; 0.
- A35. Suureneb  $1,08 \cdot 10^{18}$  Hz võrra.
- A36.  $1,02 \cdot 10^7$  m/s.
- A37.  $1,79 \cdot 10^{-4}$  N.
- A38. 4,95 meV.
- A39. 7,48 K.
- A40. 0,33 Å.
- A41. Jaa.
- A42.  $W = nh\nu$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ;  $h$  - Plancki konstant,  $\nu$  - võnkesagedus)
- A43.  $W = n^2 \frac{h^2}{2I}$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ;  $\frac{h}{2I} = h/2\pi$ ,  $h$  - Plancki konstant,  $I$  - inertsimoment)
- A44. ~ 43.
- A45.  $6,64 \cdot 10^{-10}$  m.
- A46.  $0,9 \cdot 10^{-10}$  m.
- A47. 9,60 cm.
- A48. 378 eV.
- A49. 12%.
- A50. 0,171 Å.
- A51.  $\lambda' - \lambda = hk/mv(1-k)$  ( $\lambda$  ja  $\lambda'$  - lainepikkused laboratoorses ja "uues" koordinaatsüsteemis,  $h$  - Plancki konstant,  $m$  - elektroni mass)

A52.  $0,036 \text{ \AA}$ .

A53.  $g(\lambda) = \frac{4 nh^3}{\sqrt{\pi} (2 kTm)^{3/2} \lambda^4} \exp(-h^2/2 kTm \lambda^2)$

( $\lambda$  - lainepikkus,  $h$  - Plancki konstant).

A54.  $0,89 \text{ \AA}$ .

A55.  $1,42 \text{ \AA}$ .

A56.  $g(c') = \frac{nm^2 c^8}{2 k^2 T^2 c'^5} \exp(-mc^4/2 kTc'^2)$ .

( $c'$  - de Broglie laine faasikiirus,  $c$  - valguse kiirus vaakumis)

A57.  $1,12 \text{ \AA}$ .

A58.  $\sim 10^2 \text{ m/s}, 10^{-22} \text{ m/s}$ .

A59.  $\sim 10^{-10} \text{ m}; \sim 10^{-14} \text{ m}$ .

A60. Ei ole.

A61.  $3 \text{ m}; 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ m}$ .

A62.  $\sim 10^{-3}$ .

A63.  $-Rhc$  ( $R$  - Rydbergi konstant,  $h$  - Plancki konstant,  $c$  - valguse kiirus vaakumis).

A64.  $-\frac{121}{8} Rhc$  (tähistused vt. eelmise ülesande vastusest).

A65.  $\frac{h\nu}{2}$  ( $h$  - Plancki konstant,  $\nu$  - võnkesagedus).

A66.  $\sqrt{32 \hbar^2/5 mk}$  ( $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  - Plancki konstant).

A67.  $E_n = \hbar^2 k^2 n^2 / 2ml^2$ ;  $\Psi_n(x) = (2/l)^{1/2} \sin(\pi nx/l)$ ,  
 $n = 1, 2, 3, \dots$ ,  $\hbar = h/2\pi$  ( $h$  - Plancki konstant).

A68.  $\bar{x} = 1/2$ ;  $\bar{x}^2 = l^2(1 - 3/2 \pi^2 n^2)/3$ .

A69.  $0,609$ .

A71.  $a$ ;  $e^2/2\pi \epsilon_0 a^2$  ( $e$  - elementaarlaeng,  $\epsilon_0$  - vaakumi dielektriline konstant).

A80.  $n^2$ ;  $2(n - |m_1|)$ ;  $n - |m_1|$ .

A81.  $\frac{\hbar \sqrt{35}}{2}$  ja  $\frac{\hbar \sqrt{15}}{2}$ ;  $61^\circ 50'$  ja  $135^\circ$ .

A82.  $109^\circ 30'$ .

A83.  ${}^2P_{1/2}$ ,  ${}^2P_{3/2}$ ,  ${}^2D_{3/2}$ ,  ${}^2D_{5/2}$ ,  ${}^2F_{5/2}$ ,  ${}^2F_{7/2}$ ,  ${}^4P_{1/2}$ ,  ${}^4P_{3/2}$ ,

- ${}^4P_{5/2}, {}^4D_{1/2}, {}^4D_{3/2}, {}^4D_{5/2}, {}^4D_{7/2}, {}^4F_{3/2}, {}^4F_{5/2},$   
 ${}^4F_{7/2}, {}^4F_{9/2}.$
- A84.  ${}^1D_2, {}^1F_3, {}^1G_4, {}^3D_1, {}^3D_2, {}^3D_3, {}^3F_2, {}^3F_3, {}^3F_4, {}^3G_3,$   
 ${}^3G_4, {}^3G_5.$
- A85. Mõlemal juhul on 12 seisundit. (L,S)-seose korral  
 on need:  ${}^1P_1, {}^1D_2, {}^1F_3, {}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2, {}^3D_1, {}^3D_2,$   
 ${}^3D_3, {}^3F_2, {}^3F_3, {}^3F_4;$  (j,j)-seose korral aga:  
 $(5/2, 3/2)_1, (5/2, 3/2)_2, (5/2, 3/2)_3,$   
 $(5/2, 3/2)_4, (5/2, 1/2)_2, (5/2, 1/2)_3,$   
 $(3/2, 3/2)_0, (3/2, 3/2)_1, (3/2, 3/2)_2,$   
 $(3/2, 3/2)_3, (3/2, 1/2)_1, (3/2, 1/2)_2.$
- A86. Termide tähised on mõlemal konfiguratsioonil samad:  
 ${}^1S, {}^1D, {}^3P;$  kuid põhiniivode tähised on konfiguratsioonidel  $np^2$  ja  $np^4$  vastavalt  ${}^3P_0$  ja  ${}^3P_2.$
- A87. Termid:  ${}^1S, {}^1D, {}^1G, {}^3P, {}^3F;$  põhiniivod vastavalt  
 ${}^3F_2$  ja  ${}^3F_4.$
- A88. Termid:  ${}^1S, {}^1D, {}^1G, {}^1I, {}^3P, {}^3F, {}^3H;$  põhiniivod vastavalt  
 ${}^3H_4$  ja  ${}^3H_6.$
- A89.  ${}^3P_2, {}^2D_{3/2}, {}^3F_2, {}^3H_6.$
- A90.  ${}^4S_{3/2}.$
- A91.  $102^\circ; 52^\circ.$
- A92.  $55^\circ.$
- A93.  $70^\circ 32'.$
- A94.  $180^\circ; 33^\circ 30'.$
- A95.  $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ.$
- A96.  $55^\circ, 107^\circ, 150^\circ.$
- A97.  $31^\circ.$
- A98.  $S \geq 2 (D), S = 2 (F).$
- A99.  ${}^5F_1, {}^5F_2, {}^5F_3, {}^5F_4, {}^5F_5.$
- A100. 1,43 meV.

A101.  $3D_3$ .

A102.  $2F_{5/2}$ .

A103. Efektiivne magnetmoment  $2\sqrt{3}M_B$ ; projektsioonid:  
 $\pm 3M_B$ ,  $\pm 2M_B$ ,  $\pm M_B$  ja 0 ( $M_B$  - Bohri magneton).

A104. Lõhestumist ei toimu, kuna Lande tegur võrdub nulliga.

A105.  $6M_B$  ( $M_B$  - Bohri magneton).

A106. 3.

A107.  $3/5$  Bohri magnetoni.

A108. 2.

A109.  $\hbar\sqrt{3}/2$  ( $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  - Plancki konstant).

A110.  $5F_1$ .

A111. 4,47 mm.

A112. 0,288.

A113. 0,79 meV.

A114. 0,75 T.

A115.  $1F_3$ .

A116. 0,521 meV.

A117.  $1,17 \cdot 10^{14}$  rad/s.

A118.  $2\sqrt{5}\hbar$ ,  $5\sqrt{5}M_B/2$  ( $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  - Plancki konstant,  
 $M_B$  - Bohri magneton).

A119. Lihtne, keeruline, lihtne.

A120.  $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{4\pi m}$ ,  $\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{20\pi m}$ ,

$$\nu = \nu_0 \pm \frac{7eB}{20\pi m}, \quad \nu = \nu_0 \pm \frac{17eB}{60\pi m},$$

$$\nu = \nu_0 \pm \frac{eB}{60\pi m}, \quad \nu = \nu_0 \pm \frac{19eB}{60\pi m}$$

( $\nu$  ja  $\nu_0$  - sagedused vastavalt magnetvälja ole-  
masolu ja puudumise juhul,  $e$  - elementaarlaeng,  
 $m$  - elektroni mass,  $B$  - magnetiline induksioon).

$$\begin{aligned}
 A121. \quad \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{eB}{4\pi m}, & \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{3eB}{8\pi m}, & \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{13eB}{48\pi m}, \\
 \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{17eB}{48\pi m}, & \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{7eB}{24\pi m}, & \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{eB}{3\pi m}, \\
 \varphi &= \varphi_0 \pm \frac{5eB}{16\pi m}.
 \end{aligned}$$

(Tähistuste mõte on sama mis eelmises ülesandes.)

- A122.  $3/2$  Bohri magnetoni.  
 A123.  $2070 \text{ \AA}$ .  
 A124.  $5890, 23 \text{ \AA}$ .  
 A125.  $1,75 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$ .  
 A126.  $1 \text{ \AA}$ .  
 A127.  $1,61 \text{ \AA}$ .  
 A128.  $0,033 \text{ \AA}$ .  
 A129.  $1,74 \cdot 10^8 \text{ } \frac{1}{\text{cm}}$ ;  $0,575 \text{ \AA}$ .  
 A130. Jaa.  
 A131.  $4,12 \text{ keV}$ .  
 A132.  $29$ .  
 A133. Zn.  
 A134.  $1,3 \text{ keV}$ .  
 A135.  $34,3 \text{ cm}$ .  
 A136.  $0,55 \text{ cm}^2/\text{g}$ .  
 A137.  $8,7$ .  
 A138.  $1,87$ .  
 A139.  $7,04 \text{ m}^2/\text{kg}$ .  
 A140.  $0,013 \text{ cm}$ .  
 A141.  $865 \text{ } \frac{1}{\text{cm}}$ .  
 A142. Koobaltplaat masspaksusega  $5,3 \text{ mg/cm}^2$ .  
 A143.  $90^\circ$ ;  $24,0 \text{ keV}$ .  
 A144.  $111^\circ$ .  
 A145.  $109^\circ 30'$ .  
 A146.  $0,0135 \text{ \AA}$ .  
 A147.  $1,60 \cdot 10^{-22} \text{ kg.m/s}$ .  
 A148.  $29^\circ 12'$ .  
 A149.  $0,007 \text{ \AA}$ .

- O150. 0,02 Å.  
 A151. 31 keV.  
 A152. 44 keV.  
 A153. 390 keV.  
 A154. 0,21 MeV.  
 A155. 36,5%.  
 A156.  $\sim 10^9$ .  
 A157. 0,366 cm.  
 A158.  $2 \cdot 10^{-8}$  s.  
 A159. 0,007 Å.  
 A160. 5896,03 Å.  
 A161. 2'.

A162.  $\Delta v = 2v_0 \sqrt{\frac{2kT \ln 2}{Mc^2}}$  ( $v_0$  - paigaloleva aatomi poolt kiiratud footoni sagedus,  $M$  - aatomi mass,  $k$  - Boltzmanni konstant,  $c$  - valguse kiirus vaakumis,  $T$  - absoluutne temperatuur).

A163. 976.

A164.  $34^\circ\text{K}$ .

A165.  $2,72 \cdot 10^{-47} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

A166. Väheneb  $1,03 \hbar$  võrra ( $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  - Plancki konstant).

A167. 2 ja 3.

A168.  $10,65 \text{ cm}^{-1}$ .

A169.  $1,12 \text{ Å}$ .

A170.  $h\nu \left[ \frac{1}{2} + (\exp(h\nu/kT) - 1)^{-1} \right]$ .

A171.  $E = \hbar \omega / 4x$ .

A172. 4,52 eV.

A173.  $E_{n+1} - E_n = \hbar \omega [1 - 2x(n+1)]$ .

A174. 970 N/m.

A175. 1,91 kN/m.

A176. Suureneb 1 võrra.

A177. 0,465 kN/m.

A178.  $x = 37$ .

- A179. 0,0016.
- A181. Eraldub 23,88 MeV.
- A182. 22,44 MeV (eraldub).
- A183. 10,5 MeV.
- A184. 7,98 MeV.
- A185. 6,78 MeV.
- A186. 14,4 MeV.
- A187. 31,3 g.
- A188. 2;2;1;2;4.
- A189. 7/2.
- A190. 1/2.
- A191. 9/2; 6.
- A192. 3/2.
- A193.  $138^{\circ}$ .
- A194. Kõigil 3/2.
- A195. 1,91 tuumamagneton.
- A196.  $f_g/f_C \approx 0,8 \cdot 10^{-36}$ .
- A197.  $1,5 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$ ;  $6,66 \cdot 10^{24} \text{ C/m}^3$ .
- A199. 8,65 MeV.
- A200. Ei, sest seosenergia on negatiivne.
- A201.  $B_1 - B_2 = 0,584 A^{2/3} (A - 2Z_1) \text{ MeV}$  (A - massiarv,  $Z_1$  - prootonite arv tuumas, mille seosenergia on  $B_1$ ).
- A202.  $g \approx 15 e$  (e - elementaarne elektrilaeng).
- A203.  $E = -V_0(1 - x \text{th}x)/\text{ch}^2x$ , kus x on võrrandi  $(x/\text{ch}x)^3 \text{sh}x = (n\hbar\beta)^2/2mV_0$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ , m - taandatud mass) lahend, mis rahuldab tingimust  $x < x_0$ .  $x_0$  leitakse võrrandist  $x_0 \text{th}x_0 = 1$  ( $x_0 = 1,20$ ).
- A204. Võrdub suurima täisarvuga, mis ei ületa väärtust  $x_0(2mV_0)^{1/2} / \beta \hbar \text{ch}x_0$  (tähistused vt. eelmise ülesande vastusest).
- A205. 1,15.
- A206. 3/2; 2 või 3; 7/2; 9/2; 7/2; 0.
- A207. 1,8 cm.

- A208. 0,16 At.  
 A209. 2,34 MeV.  
 A210. 17,7 cm.  
 A211. 11  $\mu$ m.  
 A212.  $5,97 \cdot 10^{-3}$  cm.  
 A213.  $1,15 \cdot 10^{-2}$  cm.  
 A214. 13,9 mg/cm<sup>2</sup>.  
 A215.  $4 \cdot 10^4$  1/cm;  $10^{-3}$  cm.  
 A216. 0,238; 0,280; 0,482.  
 A217. 0,37.  
 A218. 0,634 MeV.  
 A219.  $3,68 \cdot 10^4$ .  
 A220.  $4,7 \cdot 10^3$ .  
 A221. 5,7.  
 A222.  $(dE/dx)_{Al} / (dE/dx)_{Pb} = 0,84$ .  
 A223.  $(dE/dx)_{\alpha} / (dE/dx)_{d} = 6,5$ .  
 A224. 9,75 MeV; 3,25 MeV.  
 A225. 0,018.  
 A226. 0,363 MeV; 2,2%.  
 A227. 1,4 cm.  
 A228.  $\sim 0,3$  g/cm<sup>2</sup>.  
 A229. 0,371.  
 A230. 60 b.  
 A231. 6,5 cm.  
 A232. 1,48.

$$A233. \mu_2 = (A_1/A_2)(\rho_2/\rho_1) \left[ (Z_2/Z_1)^4 \mu_{f1} + \right. \\
 \left. + (Z_2/Z_1) \mu_{c1} + (Z_2/Z_1)^2 \mu_{f1} \right].$$

(Z - järjenummer, A - aatomkaal,  $\rho$  - tihedus).

- A234. 88 erg/g; 0,88 rad.  
 A235. 0,06 R/s.  
 A236. 39 mR/h; 14 korda.  
 A237. 0,635  $\mu$  R/s.

- A238. 2,52  $\mu$ R/s.  
 A239. 2,3 rad/s;  $\sim$  20 rem/s.  
 A240. 0,251 R; 24 min.  
 A241. 18 1/s.  
 A242. 410 V.  
 A243. 1250 1/s.  
 A244.  $3,7 \cdot 10^7$  1/s.  
 A245.  $2,1 \cdot 10^3$  1/s.  
 A248. 0,286 MeV.  
 A249.  $< 0,043 \text{ \AA}$ .  
 A250. 181 MeV; 318 MeV; 37 GeV.  
 A251. Müöonid.  
 A252. 15,6 GeV.  
 A253.  $47^{\circ}06'$ .  
 A254.  $\sim 8$ .  
 A255.  $1,68 \cdot 10^8$  m/s.  
 A256. 464 eV/cm.  
 A257. 275 g.  
 A258. 4100 a.  
 A259.  $1,52 \cdot 10^9$  a.  
 A260.  $0,042 \text{ cm}^3$ .  
 A261.  $2,94 \cdot 10^{-8}$  g.  
 A262. 0,193%.  
 A263. 5  $\mu$ g.  
 A264. 6 l.  
 A265. 1,77 mg.  
 A266. 0,713.  
 A267. 33 min;  $3,49 \cdot 10^{-9}$  g.  
 A268. 0,07 g.  
 A269. 9,77 min.  
 A270. 10,7 min.  
 A271. 3,5  $\mu$ Ci.  
 A272.  $4,5 \cdot 10^9$  a.  
 A273.  $6,5 \cdot 10^{-9}$  kg;  $6,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$ .  
 A274. 0,348 g;  $2,2 \cdot 10^{-4}$  g;  $6,05 \cdot 10^{-3}$  g.

- A275. 0,21.  
 A276. a)  $4,1 \cdot 10^{13}$ ; b)  $2,05 \cdot 10^{13}$ .  
 A277.  $1,09 \cdot 10^{13}$ .  
 A278. 1,59%.  
 A279. 0,02.  
 A280. 24,9 mCi.  
 A281.  $2,7^{\circ}$ .  
 A282. 29 MeV.  
 A283.  $2,1 \cdot 10^{-12}$  s.  
 A284. Tuum on  $\beta^{-}$ -aktiivne.  
 A285. 0,937 MeV/Ci.  
 A286.  $7,05 \cdot 10^5$  cm/s.  
 A287.  $5,64 \cdot 10^3$ .  
 A288. Ei ole võimalik, kuna tagasilöögi energia on nivoolaiusest suurem.  
 A289. 217 m/s.  
 A290.  $10^{-10}$  s;  $8,6 \cdot 10^{-6}$  eV.  
 A291. 2,75 km ( $\text{Fe}^{57}$ ); 4,6 m ( $\text{Zn}^{67}$ ).  
 A292. 5,4 mR/h.  
 A293. 3,3 mg.eqRa.  
 A294. 6 h.  
 A295. 0,176 R/s.  
 A296.  $\text{Cu}^{62}$  (10 min),  $\text{Cu}^{64}$  (12,88 h),  $\text{Cu}^{66}$  (4,34 min).  
 A297. 4,4 MeV;  $5,3 \cdot 10^6$  m/s.  
 A298. 17,3 MeV.  
 A299. 7,15 MeV.  
 A300. 1,88 MeV.  
 A301.  $\alpha$ -osakese kiirus  $9,25 \cdot 10^6$  m/s; liitiumituuma kiirus  $5,3 \cdot 10^6$  m/s.  
 A302. 17,3 MeV.  
 A303. 2,15 MeV.  
 A304. 8,56 MeV.  
 A305. 5,28 MeV.  
 A306. 1,91 MeV.  
 A307. 6,96 MeV; 3,95 MeV.  
 A308.  $6,4 \cdot 10^{10}$  s.

- A309.  $2,03 \cdot 10^{11}$ .  
 A310.  $0,907 \text{ mW}$ .  
 A311.  $0,1 \text{ b}$ .  
 A312.  $0,0665 \text{ b}$ .  
 A313.  $1,76 \text{ b}$ .  
 A314.  $3,8 \text{ mCi}$ .  
 A315.  $3,39 \text{ Ci}$ .  
 A316.  $3,62 \text{ mCi}$ .  
 A317.  $9 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$ .  
 A318.  $1,5 \cdot 10^{-3}$ .  
 A319.  $0,02 \text{ b}$ .  
 A320.  $10^{-5}$ ;  $0,045 \text{ b}$ .  
 A321.  $0,535 \text{ b}$ .  
 A322.  $0,1 \text{ b}$ .  
 A323.  $0,0755 \text{ b}$ .  
 A324.  $\sigma(E) = (f(E)/n)(d\eta/dE)$ .  
 A325.  $7,3 \cdot 10^{-21} \text{ s}$ .  
 A326.  $19,3 \cdot 10^3 \text{ b}$ .  
 A327.  $2,07$ .  
 A328.  $1,51 \text{ b}$ .  
 A329.  $0,4 \text{ mm}$ .  
 A330.  $1,5 \text{ b}$ .  
 A331.  $20$ .  
 A332.  $0,077$ .  
 A333.  $2,9 \cdot 10^{12} \text{ 1/m}^2 \cdot \text{s}$ .  
 A334.  $1,14$ .  
 A336.  $25 \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s}$ .  
 A337.  $10 \text{ cm}$ .  
 A339.  $5 \text{ eV}$ .  
 A340.  $1,53\%$ ;  $40\%$ .  
 A341.  $6,64 \text{ h}$ .  
 A342.  $3,33 \cdot 10^{10} \text{ 1/s}$ .  
 A343.  $7,25 \cdot 10^{-7}$ .  
 A344.  $45$ ; perioodilisuse süsteemi viimaste elementide  
 aatomituumade lõhustumisparameeter on väiksem  
 kui  $45$ .

- A346. 98,5 MeV; 66,0 MeV.  
 A347. 2 MeV.  
 A348. 0,7 MeV.  
 A349. 1,53 kg.  
 A350. 1650 kW;  $5 \cdot 10^{18}$  1/a.  
 A351. 1,33; 1,65.  
 A352. 0,02.  
 A353.  $0,013 \text{ W/cm}^2$ .  
 A354. 1,22.  
 A355. 0,2 mm.  
 A356.  $5,6 \cdot 10^{-4}$ .  
 A357. Ei ole võimalik, sest neutronite paljunemiskoeffitsient on ühest väiksem.  
 A358. 0,82.  
 A359.  $N_G/N_U = 2,18 \cdot 10^5$ .  
 A360.  $df/dg > 0$  ( $\epsilon - U^{235}$  levik uraani isotoopide seas).  
 A361.  $2,7 \cdot 10^4$  kW.  
 A362. 20.  
 A363. 10 s.  
 A364. 0,1 s.  
 A365.  $\sim 10^9$  Q.  
 A366.  $11,4 \cdot 10^7$  kcal;  $1,96 \cdot 10^7$  kcal.  
 A367.  $5 \cdot 10^6 \text{ W/m}^3$ .  
 A368. 19,5 MeV.  
 A369. 22 MeV.  
 A370. 940 MeV (neutron).  
 A371. 1115 MeV ( $\Lambda$ -hüperon).  
 A372.  $60^\circ$ .  
 A373. 320 MeV.  
 A374.  $99^\circ$ .  
 A375. 905 MeV.  
 A376. 1,24 GeV, 1,51 GeV, 1,69 GeV.  
 A377. 2,17 1/a.  
 A378. 2,2 1/a.  
 A379.  $2,54 \cdot 10^{-8}$  s.  
 A380. 0,686.

A381.  $8 \cdot 10^{-16}$  m.

A382. Keelatud on 1., 3. ja 6.

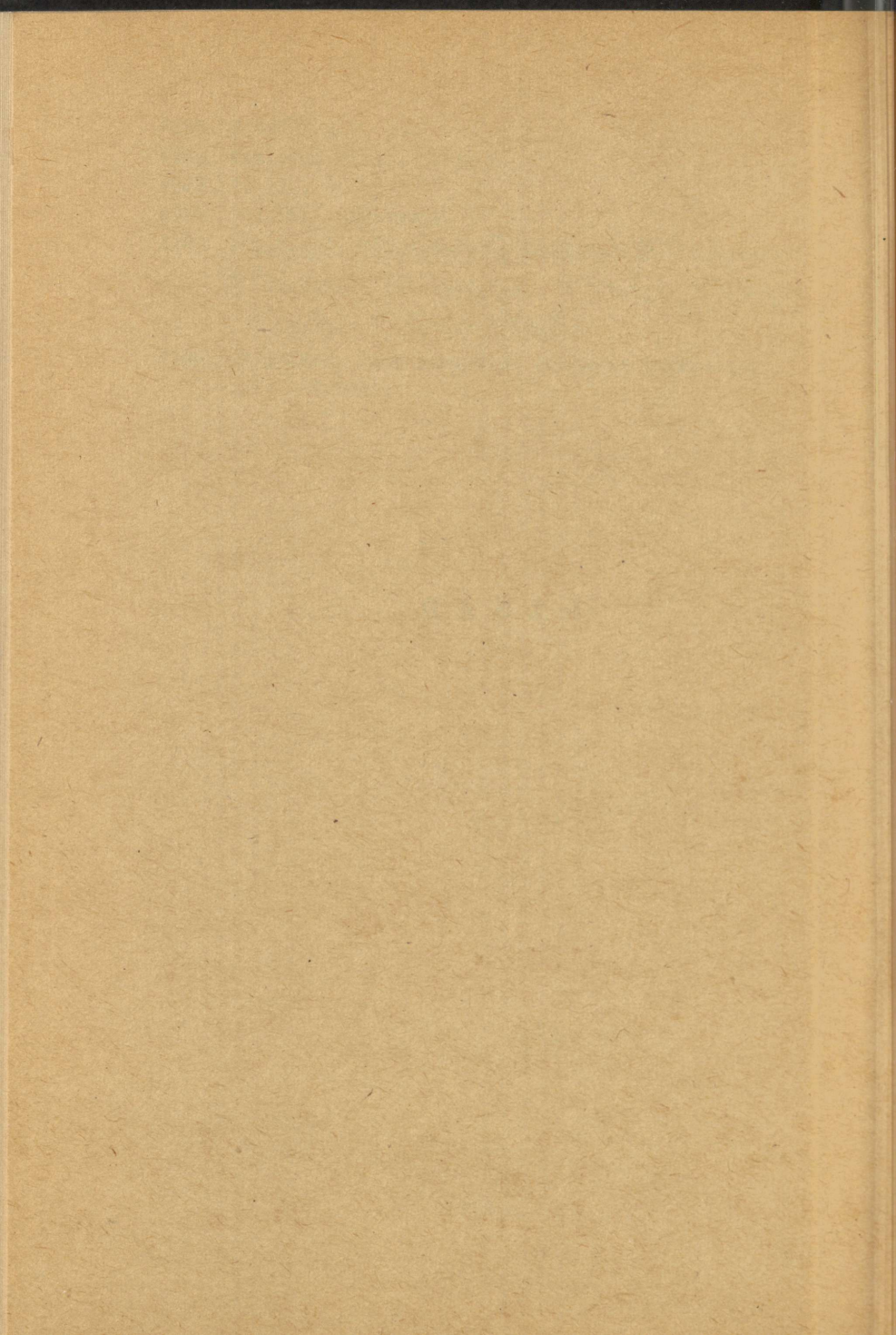
A383. 1., 3., 4.

A384.  $-3$  ( $\Omega^-$ -hüperon).

A385.  $p(q_1 q_1 q_2)$ ,  $n(q_1 q_2 q_2)$ ,  $\Sigma^+(q_1 q_2 q_3)$ ,  $\Sigma^-(q_2 q_2 q_3)$ ,  
 $\Xi^0(q_1 q_3 q_3)$ ,  $\Xi^-(q_2 q_3 q_3)$ ;  $\bar{\kappa}^+(q_1 \bar{q}_2)$ ,  $\bar{\kappa}^-(\bar{q}_1 q_2)$ ,  
 $\bar{K}^+(q_1 \bar{q}_3)$ ,  $\bar{K}^-(\bar{q}_1 q_3)$ ,  $\bar{K}^0(q_2 \bar{q}_3)$ .

A386.  $-2/3$  (vrd. eksperimentist järgneva tulemusega  
 $-0,685$ ).

L I S A D



Tähtsamaid konstante

Maa mass.....	$5,96 \cdot 10^{24}$ kg
Päikese mass .....	$1,97 \cdot 10^{30}$ kg
Kuu mass .....	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg
Gravitatsioonikonstant .....	$6,67 \cdot 10^{-11}$ m <sup>3</sup> /kg.s <sup>2</sup>
Maa keskmine raadius .....	$6,37 \cdot 10^6$ m
Maa keskmine kaugus Päikesest .....	$1,49 \cdot 10^{11}$ m
Päikese keskmine raadius .....	$6,96 \cdot 10^8$ m
Kuu raadius .....	$1,74 \cdot 10^6$ m
Kuu keskmine kaugus Maast .....	$3,84 \cdot 10^8$ m
Maa raskuskiirendus .....	$g = 9,81$ m/s <sup>2</sup>
Normaalne õhurõhk .....	$1,01 \cdot 10^5$ N/m <sup>2</sup>
Avogadro arv .....	$N = 6,02 \cdot 10^{26}$ 1/kmool
Universaalne gaasikonstant .....	$R = 8,31 \cdot 10^3$ J/deg.kmool
Boltzmanni konstant .....	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/deg
Gaasi kilomoolruumala normaaltin- gimustel .....	$22,4$ m <sup>3</sup> /kmool
Faraday arv .....	$9,65 \cdot 10^7$ C/kg-ekv
Elektroni laeng .....	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Elektroni paigalolekumass .....	$9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Prootoni paigalolekumass .....	$1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Valguse kiirus vaakumis .....	$c = 3 \cdot 10^8$ m/s
Plancki konstant .....	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J/s
Stefan-Boltzmanni konstant .....	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ W/m <sup>2</sup> .deg <sup>4</sup>
Wiieni konstant .....	$C = 2,90 \cdot 10^{-3}$ m.deg
Ridbergi konstant .....	$R_{\infty} = 1,10 \cdot 10^7$ 1/m

Mõnede ainete tihedusi

	(tihedus) $\times 10^{-3}$ kg/m <sup>3</sup>		(tihedus) $\times 10^{-3}$ kg/m <sup>3</sup>
Alumiinium	2,7	Parafiin	0,89
Berüllium	1,85	Plaatina	21,5
Boor	2,45	Plii	11,3
Grafiit	1,6	Plutoonium	19,8
Hõbe	10,5	Puit	0,8
Indium	7,28	Raske vesi	1,1
Jää	0,9	Raud	7,8
Kaadmium	8,65	Teras	7,7
Kaalium	0,86	Tina	7,4
Koobalt	8,9	Toorium	11,7
Kork	0,2	Tsink	7,0
Kuld	19,3	Uraan	19,0
Litium	0,53	Valgevask	8,4
Magneesium	1,74	Vask	8,9
Natrium	0,97	Vismut	9,8
Nikkel	8,9	Volfram	19,1

Tahkete ainete elastseid omadusi

Aine	Elastsus- moodul $10^{-10}$ $E(N/m^2)$	Poissoni suhe
Klaas	6,0	0,25
Malm	8,0	0,27
Puit	0,9	-
Raud	21,0	0,28
Teras	20-22	0,28
Tsink	8,0	0,23
Valgevask	10,0	0,35

Ainete tugevuse piire venitusel

Aine	$E_{max}(N/m^2)10^{-8}$
Klaas	0,3
Puit	0,3
Plii	0,2
Raud	0,8
Teras	4,5
Tsink	1,2
Valgevask	1,5

Tahkete ainete soojuslikke omadusi

A i n e	Sulamis- tempera- tuur °C	Erisoojus J/kg.deg	Sulamis- soojus J/kg	Joonpai- sumis- tegur x10 <sup>6</sup> /deg
Aluminium	659	896	3,22.10 <sup>5</sup>	25
Hõbe	960	234	8,8.10 <sup>4</sup>	19
Jää	0	2100	3,35.10 <sup>5</sup>	-
Kork	-	2050	-	-
Flaatina	1770	117	1,13.10 <sup>5</sup>	8,9
Plii	327	126	2,26.10 <sup>4</sup>	29
Raud	1530	500	1,25.10 <sup>5</sup>	11
Teras	-	460	-	12
Tina	232	230	5,86.10 <sup>4</sup>	21
Tsink	420	391	1,17.10 <sup>5</sup>	26
Valgevask	-	386	-	18
Vask	1100	395	1,76.10 <sup>5</sup>	17

Vedelike omadusi

Vedelik	Tihedus kg/m <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup>	Erisoojus J/kg.deg	Pindpine- vustegur 20°C juu- res N/m	Sisehõrde- tegur 20°C j. (kg/ms)
Bensool	0,88	1720	0,03	6,5.10 <sup>-4</sup>
Elavhõbe	13,60	138	0,49	1,6.10 <sup>-3</sup>
Glütseriin	1,26	2430	0,064	8,5.10 <sup>-1</sup>
Petrooleum	0,80	2140	0,026	-
Piiritus	0,79	2510	0,022	1,2.10 <sup>-3</sup>
Seebivesi	1,00	4190	0,040	-
Vesi	1,00	4190	0,072	1,0.10 <sup>-3</sup>

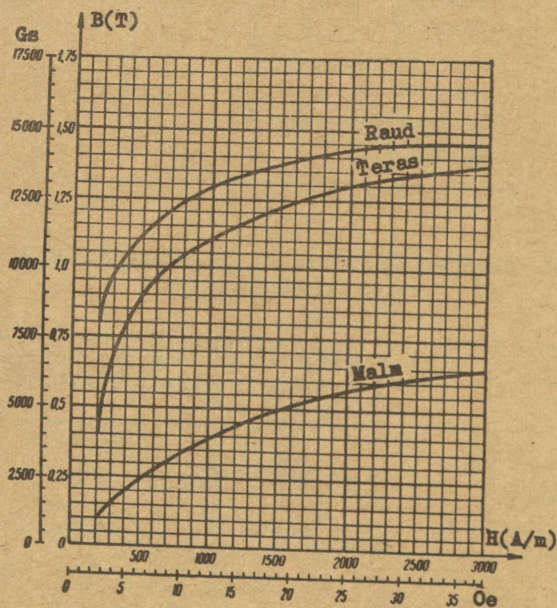
Gaaside molekulide efektiivdiameetreid

G a a s	(m) x 10 <sup>10</sup>
Vesinik H <sub>2</sub>	2,3
Hapnik O <sub>2</sub>	2,9
Lämmastik N <sub>2</sub>	3,1
Argoon Ar	2,8
Beelium He	1,9
Vingugaas CO	3,2
Süsihappegaas CO <sub>2</sub>	3,2
Vee aur H <sub>2</sub> O	2,6

Juhtide eritakistusi (0°C) ja takistuse temperatuurilise koefitsiente

A i n e	Eritakistus oom.m x 10 <sup>8</sup>	Temperatuuriline koefitsient (1/deg)
Aluminium	3,2	4,2 · 10 <sup>-3</sup>
Nikeliin	40	3 · 10 <sup>-4</sup>
Plaatina	11	3,65 · 10 <sup>-3</sup>
Plii	21	4,2 · 10 <sup>-3</sup>
Raud	12	6 · 10 <sup>-3</sup>
Süsi	4000	-8 · 10 <sup>-4</sup>
Vask	1,7	4 · 10 <sup>-3</sup>
Volfram	5,5	6 · 10 <sup>-3</sup>

Magnetvälja induksiooni B sõltuvus väljatugevusest H



Röntgeni- ja  $\gamma$ -kiirte nõrgenemiskoeffitsiendid

Kvandi energia MeV	Massnõrgenemiskoeffitsient $\text{cm}^2/\text{g}$			
	Aluminium	Flii	Vesi	Õhk
0,02	3,48	72,0	0,789	0,764
0,04	0,558	10,5	0,264	0,245
0,06	0,270	3,55	0,204	0,186
0,08	0,198	1,66	0,183	0,166
0,1	0,169	5,46	0,171	0,155
0,2	0,122	0,942	0,137	0,123
0,4	0,0927	0,220	0,106	0,0953
0,6	0,0779	0,119	0,0896	0,0804
0,8	0,0683	0,0866	0,0786	0,0706
1,0	0,0614	0,0703	0,0706	0,0635
1,5	0,0500	0,0550	0,0590	0,0515
2,0	0,0431	0,0463	0,0493	0,0445
3,0	0,0360	0,0410	0,0390	0,0360
4,0	0,0310	0,0421	0,0339	0,0307
6,0	0,0264	0,0436	0,0275	0,0250
8,0	0,0241	0,0459	0,0240	0,0220
10,0	0,0229	0,0489	0,0219	0,0202

Märkus. Arvestatud on fotoefekti, Comptoni efekti ja elektronpositronpaaride teket.

Röntgeni- ja  $\gamma$ -kiirte neeldumiskoeffitsiendid

Kvandi energia MeV	Massneeldumiskoeffitsient $\text{cm}^2/\text{g}$			
	Alumiinium	Plii	Vesi	Õhk
0,1	0,0371	2,16	0,0253	0,0233
0,2	0,0275	0,586	0,0299	0,0269
0,4	0,0287	0,136	0,0328	0,0295
0,6	0,0286	0,0684	0,0329	0,0295
0,8	0,0278	0,0477	0,0321	0,0288
1,0	0,0269	0,0384	0,0310	0,0276
1,5	0,0246	0,0280	0,0283	0,0254
2,0	0,0227	0,0248	0,0260	0,0236
3,0	0,0201	0,0238	0,0227	0,0211
4,0	0,0188	0,0253	0,0204	0,0193
6,0	0,0174	0,0287	0,0178	0,0173
8,0	0,0169	0,0310	0,0163	0,0163
10,0	0,0167	0,0328	0,0154	0,0156

Märkus. Arvestatud on fotoefekti ja elektronpositronpaaride teket.

D. I. MENDELEJEVI ELEMENTIDE

Period	R ü h m a d					
	I	II	III	IV	V	
1	H 1 1,008					
2	Li 3 6,94	Be 4 9,01	B 5 10,81	C 6 12,01	N 7 14,01	
3	Na 11 22,99	Mg 12 24,31	Al 13 26,98	Si 14 28,09	P 15 30,97	
4	K 19 39,10	Ca 20 40,08	21 44,96	Sc 22 47,90	Ti 23 50,94	V
	29 63,54	Cu 30 65,37	Zn 31 69,72	Ge 32 72,59	As 33 74,92	
5	Rb 37 85,47	Sr 38 87,62	39 88,91	Y 40 91,22	Zr 41 92,91	Nb
	47 107,9	Ag 48 112,4	Cd 49 114,8	In 50 118,7	Sn 51 121,8	Sb
6	Cs 55 132,9	Ba 56 137,3	57 * 138,9	La 72 178,5	Hf 73 181,0	Ta
	79 197,0	Au 80 200,6	Hg 81 204,4	Tl 82 207,2	Pb 83 209,0	Bi
7	Fr 87 (223)	Ra 88 (226)	89 *** (227)	Ac 104 (260)		

\* L a n t a n i d i d

58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm (145)	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3
65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tu 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0

PERIODILISUSE SÜSTEEM

R ü h m a d							
VI		VII		VIII			0
							He 2 4,00
O 8 16,00		F 9 19,00			Ne 10 20,18		
S 16 32,06		Cl 17 35,45			Ar 18 39,95		
24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,71			
Se 34 78,96	Br 35 79,91				Kr 36 83,80		
42 Mo 95,94	43 Tc (97)	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4			
Te 52 127,6	J 53 126,9				Xe 54 131,3		
74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1			
Po 83 (209)	At 85 (210)				Rn 86 222		

III Aktiniidid

90 Th 232,0	91 Pa (231)	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)
97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lw (257)

## Sisukord

Eessõna .....	3
<b>M E H A A N I K A</b>	
I. Ainepunkti kinemaatika .....	7
II. Kulgliikumise dünaamika .....	14
III. Ringliikumine ja gravitatsioon .....	26
IV. Kindla keha pöörlemine .....	29
V. Staatika .....	35
VI. Võnkumised ja lained .....	41
VII. Elastsed deformatsioonid .....	56
VIII. Vedelike ja gaaside voolamine .....	58
<b>M O L E K U L A A R F Ü Ü S I K A</b>	
IX. Gaaside kineetiline teooria .....	65
X. Termodünaamika .....	68
XI. Molekulaarjõud vedelikes ja gaasides	72
<b>E L E K T E R J A M A G N E T I S M</b>	
XII. Elektrostaatika .....	79
XIII. Alalisvoolu seadused .....	93
XIV. Voolu töö ja võimsus .....	105
XV. Juhtivusmehhanism metallides, vede- likes ja gaasides .....	110
XVI. Voolu magnetväli .....	115
XVII. Vooluga juhe magnetväljas .....	120
XVIII. Elektromagnetiline induksioon .....	124
XIX. Laetud osakeste liikumine elektri- ja magnetväljas .....	129
XX. Vahelduvvool .....	132

## O P T I K A

XXI. Geomeetriline optika .....	139
XXII. Fotomeetria .....	151
XXIII. Interferents .....	154
XXIV. Difraktsioon. Spektraalriistad .....	160
XXV. Polarisatsioon .....	167
XXVI. Valguse rõhk. Doppleri efekt .....	172
XXVII. Soojuskiirgus. Fotoefekt .....	174

## A A T O M I F Ü Ü S I K A

XXVIII. Planetaarne aatomimudel ja Bohri teooria	179
XXIX. Osakeste laineomadused .....	184
XXX. Aatomi elektronkatte ehitus. Spektrid..	189
XXXI. Molekulide spektrid .....	200
XXXII. Aatomituumade põhiomadused .....	202
XXXIII. Kiirguse läbimine ainetest .....	205
XXXIV. Radioaktiivsus .....	212
XXXV. Tuumareaktsioonid .....	218
XXXVI. Elementaarosakesed .....	230

## Ü L E S A N N E T E V A S T U S E D

Mehaanika .....	237
Elekter .....	252
Optika .....	268
Aatomifüüsika .....	279

## L I S A D

293

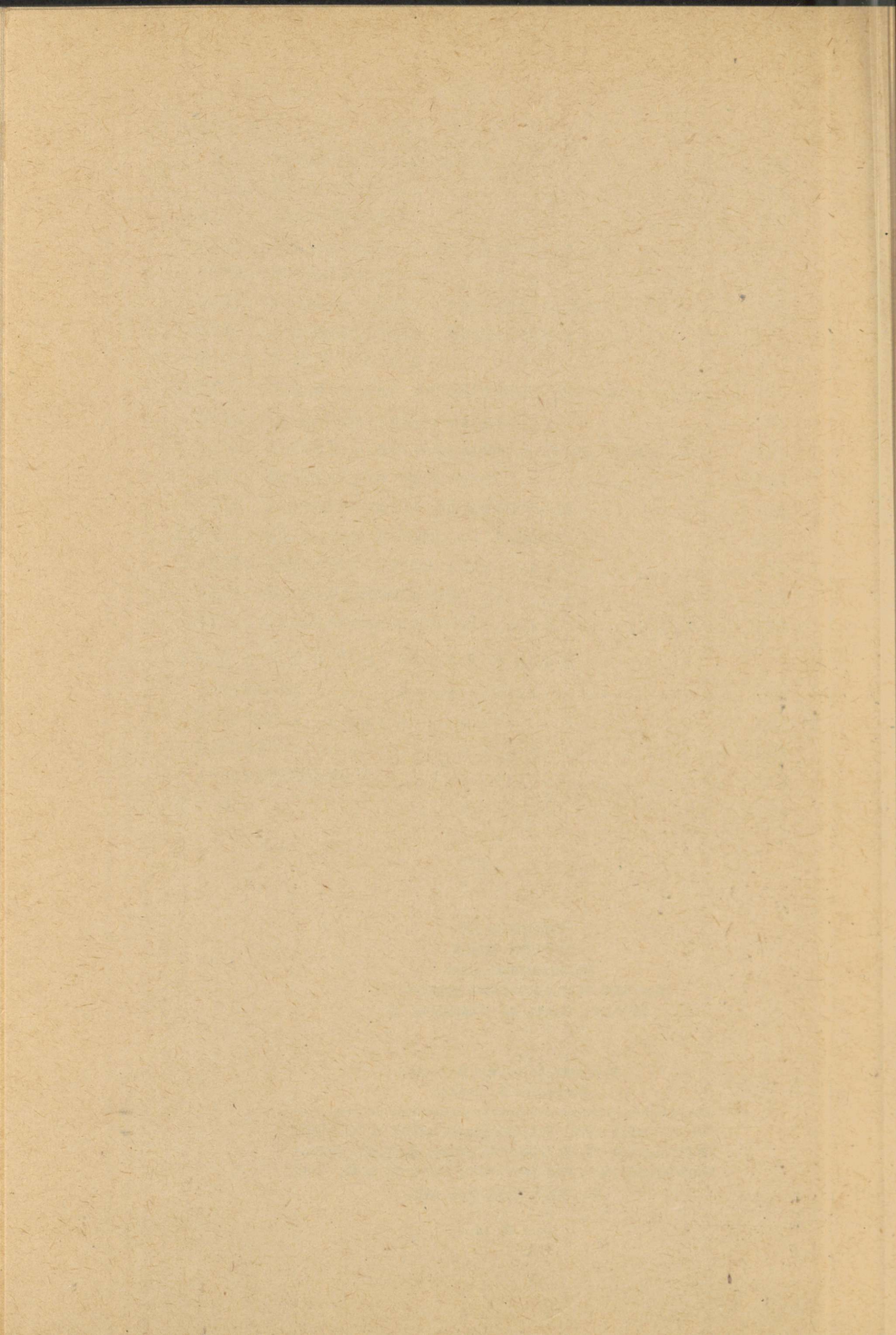
СБОРНИК ЗАДАЧ  
ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ  
На эстонском языке  
Тартуский государственный университет  
СССР, г. Тарту, ул. Лийвексели, 18

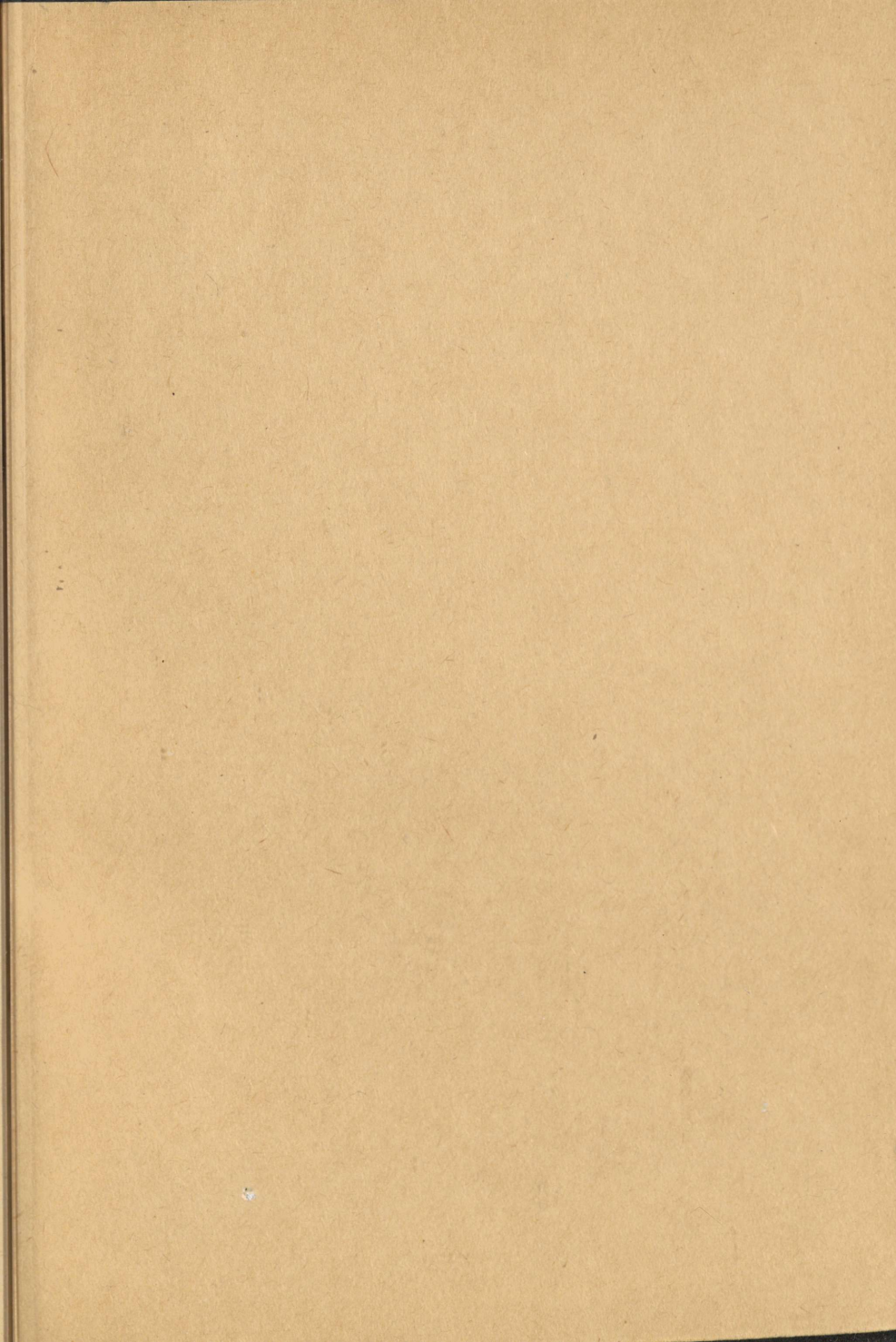
Vastutav toimetaja E. Tamm  
Korrektor M. Raissa

=====

TRÜ rotaprint 1970. Paljundamisele antud 4. XI 1970.  
Trükipoognaid 19,12. Tingtrükipoognaid 17,78. Arves-  
tuspoognaid 13,9. Trükiarv 1000. Paber 30 x 42. 1/4.  
MB 09547. Tell. nr. 843.

Hind 90 kop.





Hind 90 kop.

✓

A  
31059

5148418

45  
. VII

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00514841 8