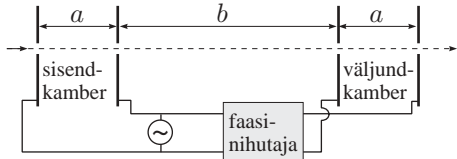


1. Varia

1) Klüstron. Klüstronid on niisugused seadmed, mida kasutatakse väga kõrge sagedusega signaalide võimendamiseks. Klüstroni põhielementideks on kaks identset paralleelsete plaatide paari (kambrit), mis asuvad üksteisest kaugusel b nii, nagu näidatud joonisel.

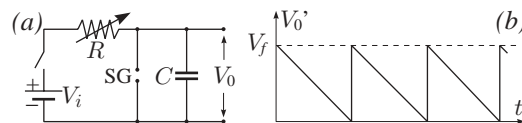


Elektronide kimp algkiirusega v_0 läheb läbi terve süsteemi, läbides plaatidesse tehtud pisikesed augud. Võimendatav kõrgesageduslik pinge rakendatakse mõlemale plaadipaarile. Faasinihutaja tekitab kahe plaadipaari pingete vahel mõningase faasinihke. Niisiis tekitatakse mõlemas kambri horisontaalne vahelduv elektriväli. Elektrone, mis saavad sisendkambris ajal, kui elektriväli on suunatud vasakult paremale aeglustatakse ja vastupidi. Selle tulemusel toimub teatud kaugusel sisendkambrist elektronide kuhjumine. Kui väljundkamber on paigutatud sellisesse kuhjumispunkti, neelab kambri olev elektriväli elektronikiire energiat juhul kui tema faas on sobivalt valitud. Olgu rakendatud vahelduvpinge ajaline käik ristkülikukujuline, perioodiga $T = 1,0 \times 10^{-9}$ s, st. pinge muutub väärtuste $V = \pm 0,5$ V vahel (lugegem, et ka sellise signaali puhul vastab perioodile T faasinihe 2π). Elektroni algkiirus on $v_0 = 2,0 \times 10^6$ m/s ning tema laengu ja massi suhe $e/m = 1,76 \times 10^{11}$ C/kg. Vahemaa a on nii pisike, et kambrites viibimise aega võib mitte arvestada. Säilitades arvutustes neli numbrikohta, arvutage: **a)** kaugus b , kus toimub elektronide maksimaalne kuhjumine. [1,5p] **b)** faasinihe, mille peab tekitama faasinihutaja, tagamaks seadme eelpoolkirjeldatud funktsionaalsus. [1,0 p]

2) Molekulide vahekaugus Olgu d_L ja d_V vee molekulide keskmised vahekaugused vedelikus ja aurufaasis, vastavalt. Eeldame, et temperatuur mõlemas faasis on 100°C , nad asuvad atmosfäärirõhul ja veeaur käitub ideaalse gaasina. Kasutades järgmisi andmeid, arvutage suhe d_V/d_L . Vee molaarmass: $M = 1,8 \times 10^{-2}$ kg/mol; atmosfäärirõhk: $P_a = 1,0 \times 10^5$ N/m²; Avogadro arv: $N_A = 6,0 \times 10^{23}$ mol⁻¹; gaasikonstant: $R = 8,3$ J/mol·K; vee tihedus vedelas olekus: $r_L = 1,0 \times 10^3$ kg/m³ [2.5p].

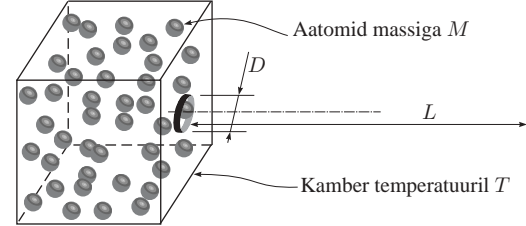
3) lihtne saehammassignaali generaator

Saehambakujulise ajalise käiguga pinge V_0 võib saada kondensaatoril C joonisel a kujutatud skeemis. R on muudetav takistus, V_i on ideaalne patarei ja SG on sädevahemik, mis koosneb kahest muudetava vahekaugusega elektroodist. Kui pinge elektroodide vahel ületab kindla süütepinge V_f , toimub elektroodide vahel õhus läbilöök, sädevahemik lühistub ja jääb lühistatuks seni, kuni pinge sädevahemikul on muutunud väga väikeseks. **a)** Joonistage pinge V_0 sõltuvus ajast t pärast lüliti sulgemist. [0,5p] **b)** Milline tingimus peab olema rahuldatud selleks, et saehamba pinge V_0 sõltuks ajast peaaegu lineaarselt? [0,2p] **c)** Eeldades, et see tingimus on rahuldatud, tuletage lihtsustatud valem pinge muutumise perioodi T jaoks. [0,4p] **d)** Mida tuleb muuta (R ja/või SG) selleks, et muutuks ainult pinge periood? [0,2p] **e)** Mida tuleb varieerida (R ja/või SG) selleks, et muuta ainult pinge amplituudi? [0,2p] **f)** Teile on antud täiendav muudetava pingega alalispinge allikas. Kasutades joonise a komponente ja seda täiendavat pingeallikat koosta uus skeem, millelt (näita, millistelt klemmidelt!) oleks võimalik saada joonisel b kujutatud ajalise sõltuvusega pinge. [1.0p]



Kommentaari: võimalikke skeeme on tegelikult mitu. Naljakas seik: võistkonna juhendajatel kulus moderatsiooni pool tundi töestamiseks, et Jaanus Sepa skeem töötab õieti; kohale kogunenud kuuele türklastele jäigi asi veidi segaseks, kuid et nad midagi vastu väita ka enam ei osanud, sai Jaanus oma punktid kätte.

4) Aatomite kimp Aatomite kimp saadakse kuumutades aatomeid joonisel kujutatud kambri temperatuurini T ja lastes kambri seinas oleva väikese augu kaudu välja lennata ainult neil aatomitel, mis liiguvad augu telje sihis. Augu diameeter D on aatomi mõõtmega samas suurusjärgus. Hinnake kimbu läbimõõtu pärast seda, kui ta on horisontaalsuunas (piki kimbu telge) läbinud teepikkuse L . Aatomite mass on M . [2,5p]



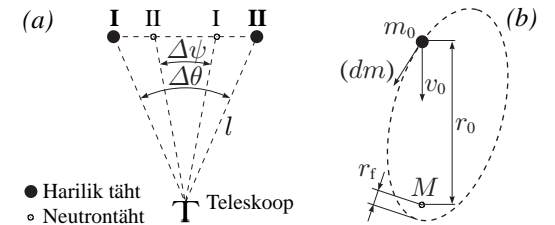
2. Kaksiktähe süsteem

1) On hästi teada, et enamik tähti moodustab kaksiksüsteeme. Üks rühm selliseid kaksiksüsteeme koosneb harilikust tähest massiga m_0 ja raadiusega R ning massiivsemast kompaktselt neutrontähest massiga M , mis tiirlevad ringorbiidil teineteise ümber. Kõikjal alljärgnevas võite Maa liikumist mitte arvestada. Taolise kaksiksüsteemi teleskoopvaatlused andsid järgmist informatsiooni: **(i)** hariliku tähe maksimaalne nurknihe on $\Delta\theta$, neutrontähel on see $\Delta\varphi$ (vt. joonis a); **(ii)** aeg, mis kulub jõudmiseks ühest äärmisest asendist teisele t ; **(iii)** hariliku tähe kiirgusarakteristikud näitavad, et tema pinnatemperatuur on T ja tema kiirgusenergia, mis Maa juures läbib ajaühikus pinnauhik on P ; **(iv)** kaltsiumi kiirgusjoone lainepikkus selles kiirguses λ_0 erineb $\Delta\lambda$ võrra oma normaal-

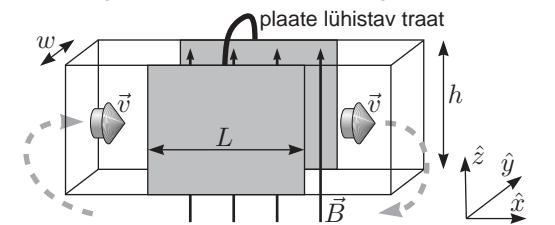
sest väärtusest ning selle erinevuse ainupõhjus on hariliku tähe gravitatsiooniväli. (Selles arvutuses võib footonit vaadelda osakesena, mis omab efektiivset massi $h/c\lambda$).

Leida valem selle tähesüsteemi kauguse l jaoks Maakerast, kasutades vaid ülalnimetatud vaatlusandmeid ja universaalkonstante. [7p]

2) Eeldame, et $M \gg m_0$, nii et harilik täht liigub neutrontähe ümber ringorbiidil raadiusega r_0 . Hakaku harilikust tähest neutrontähe suunas välja paiskuma gaasiosakesi (joonisel tähisega dm) kiirusega v_0 hariliku tähe suhtes (vaata joonist b). Eeldades, et neutrontäht on antud situatsioonis domineeriv raskusjõu allikas ja jättes arvestamata hariliku tähe orbitaalliikumise muutused, leidke gaasiosakeste väikseim lähenemiskaugus r_f (näidatud joonisel b). [3p]



3. Magnetohüdrodünaamiline generaator



Horisontaalne ristkülikukujulise ristlõikega rõngassesuletud (so. paremast otsast väljuv vedelik suunatakse vasakust otsast sisse tagasi) plastiktoru laiusega w ja kõrgusega h on täidetud elavhõbedaga, mille eritakistus on ρ . Turbiini abil on torus tekitatud ülerõhk P , mis paneb elavhõbeda liikuma konstantse kiirusega v_0 . Teatud toru lõigul, mille pikkus on L , on toru kaks vertikaalset vastasseina tehtud vasest.

Realse vedeliku liikumine on väga keeruli-

ne. Olukorra lihtsustamiseks eeldame järgmist: **(i)** kuigi vedelik on viskoosne, on tema liikumise kiirus sama kogu toru ristlõike ulatuses. **(ii)** vedeliku kiirus on alati võrdeline temale mõjuva summaarse välisjõuga. **(iii)** vedelik on kokkusurumatu. Vasest vertikaalseinad on väljastpoolt elektriliselt lühistatud ja (ainult) sellele torulõigule rakendatakse homogeenne vertikaalne magnetväli \vec{B} . Selline seade on kujutatud ülalasuval joonisel, kus on kujutatud ka koordinaattelgede sihilised ühikvektorid \hat{x} , \hat{y} , \hat{z} , mida tuleb kasutada lahenduses.

1) Leidke jõud, mis mõjub vedelikule tänu magnetvälja olemasolule, väljendades selle suuruste L , B , h , w , r ja vedeliku uue (B sisselülitamise järgse) kiiruse v kaudu. [2,0p]

2) Tuletage valem vedeliku uue kiiruse v jaoks suuruste v_0 , P , L , B ja r kaudu pärast magnetvälja sisselülitamist. [3,0p]

3) Tuletage valem turbiini lisavõimsuse jaoks, mida on vaja rakendada, et tõsta kiirus selle esialgse väärtuseni v_0 . Kopeerige tulemus vastuste lehele. [2,0p]

Kommentaar: Küsimus pole üheselt tõlgendtav: kas lisavõimsus võrreldes olukorraga, kus (a) polnud magnetvälja või (b) oli magnetväli, kuid kiirus oli soovitud väiksem? Ebaõnnestunud sõnastuses on teatud määral süüdi ka juhendajad, kuid paraku kubises ülesande algversioon veelgi tõsisematest vigadest ning seetõttu oli teksti arutamise aegu nii allakirjutanu kui ka kõigi teiste tähelepanu võrdlemisi killustunud.... Korraldajatepoolne valik oli (a), kuid näiteks Alar Ainla valis (ja lahendas edukalt mõneti keerulisema) variandi (b).

4) Nüüd lülitatakse magnetväli välja ja elavhõbe asendatakse kiirusega v_0 voolava veega. Elektromagnetlaine sagedusega f levib torus teepikkusel L voolu suunas. Vee murdumisnäitaja on n ja $v_0 \ll c$. Tuletage avaldis selle panuse jaoks, mille annab vee liikumine elektromagnetlaine faaside erinevusse lõigu L algus- ja lõpppunkti vahel. Kopeerige tulemus vastuste lehele. [3,0p]