

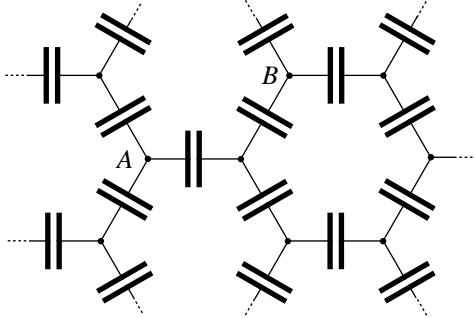
XXXIII Tartu (2005)

1. Nöör (8 punkti)

Homogeenne vabalt rippuv (ühelt otsast fikseeritud) nöör pikusega l pannakse perioodiliselt võnkuma homogeenes gravitatsiooniväljas g nii, et tema ringsagedus ω on võimalikult väike. Lei da ringsagedus ω .

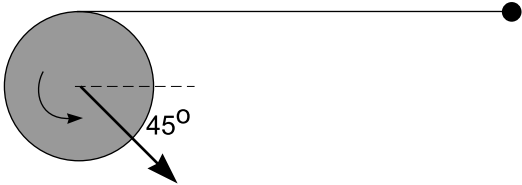
2. Kondensaatorid (8 punkti)

Leidke joonisel toodud lõpmatul skeemil mahtuvus punktide A ja B vahel. Iga kondensaatori mahtuvus on C .



3. Ketas (10 punkti)

Homogeenselt materjalist kettale raadiusega R , mis lebab siledal horisontaalsel alusel, on mähitud kerge venimatu nöör ning nööri vaba ots on kinnitatud vaia külge. Nööri vaba osa pikkus on alg hetkel $l_0 = 10R$. Ketas saab alusel libiseda hõõrdevabalt. Alghetkel on nöör pingul ja horisontaalne. Kettale antakse teatav algkiirus, mille vektor moodustab nööriga 45° nurga ning on suunatud vaia poole. Seejuures antakse kettale selline nurkkiirus, et nöör ei hakka lõtvuma. Edaspidi süsteemile väliseid jõude ei mõju. Kui pikk on nööri vaba osa sel hetkel, kui nöör katkeb?



4. Veetilk (10 punkti)

Vee tilgake raadiusega $R = 10 \mu\text{m}$ asub suletud õõnsuses ja on tasakaalus auruga. Millise õõnsuse ruumala V korral on see tasakaal stabiilne? Õõnsuse seinad on mittemärguvad ja ta ei sisalda teisi tilkudega kondensatsioonitsentreid. Süsteem on isothermiline

($T = 293 \text{ K}$). Aur lugeda ideaalseks gaasiks. Küllastunud auru rõhk on $p_k = 2330 \text{ Pa}$.

5. Seebimull (10 punkti)

Tillukese seebimulli raadius suurenes keskkonna rõhu alanemisel kaks korda. Protsess lugeda isothermiliseks. Leida seebimulli entroopia (kaasaarvatud seebikile entroopia) muutus. Mulli pindpinevus on σ ja algraadius r . Seebikile (ühe pooole) moodustumise erisoojus on q (see on soojus, mis neeldub kiles pindala ühikulisel suurendamisel). Keskkonna algrõhk on p_0 . Gaas lugeda ideaalseks, vedeliku aurustumisega seebikilelt mitte arvestada.

6. Laser (12 punkti)

Monokromaatoris (mis koosneb sisend- ja väljundpilust ning sisend- ja väljundkollimaatorläätest) on dispergeerivaks elementiks klaasprisma, mille (i) dispersioon kollases spektripiirkonnas naatriumi D-dubleti lainepikkusel $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$ on $\frac{dn}{d\lambda} = 1300 \text{ cm}^{-1}$, (ii) ristlõikeks on võrdhaarne kolmnurk aluse pikkusega $a = 10 \text{ cm}$ ja (iii) mis asub kaldemiinimumi asendis nii, et väljundpilust paistab naatriumi D-dublett.

Kui sisendpilule langeb valgus naatriumlambi asemel ülilühikest välget (kestusega alla ühe valguslaine võnkeperioodi) genereerivast laserist, siis mis värvi ja millise kestusega on monokromaatorist väljuv valgusimpulss? Optika lugeda ideaalseks ja aberratsioonidevabaks ning kogu apertuuri ulatuses valgusega täidetuks.

Märkused: Kaldemiinimumi asendis on kiirte käik prisma suhtes sümmeetriline. Klaasprisma suudab eristada kahte spektrijoont, kui pikima ja lühima prisma läbiva kiire optilise teepikkuse vahe erinevus on vähemalt üks lainepikkus.

7. Ferromagnetikud magnetväljas (12 punkti)

Kaks homogeenesse magnetvälja (magnetiline induksioon $B = 1 \text{ T}$) asetatud ferromagnetilist silindrilist ketast raadiusega $r = 10 \text{ cm}$ ja paksusega $d = 1 \text{ cm}$ on viidud (koaksiaalselt) tihedasse kontakti. Süsteemi telg on paralleelne induksiooniga.

- Milline on magneetumus J_0 ketaste keskel? (3 p)
- Milline on magneetumus J_1 ketaste sees silindrilise pinna vahetus läheduses? (3 p)
- Hinnata silindrite tõmbejõudu F (6 p).

8. Ahelreaktsioon (12 punkti)

Lihtsaim impulss-tuumareaktor kujutab endast kahte võrdse massiga U^{235} tükki, mis viiakse kiiresti pöörlevatel alustel perioo-

dilisel väga lühikesteks ajavahemikeks üksteise lähedusse. Se da saab kasutada näiteks neutronite allikana. Uurida impulss-tuumareaktori võimalikkust, kui välised neutronite allikad puuduvad. U^{235} kriitiline mass on $m_c = 50 \text{ kg}$, tihedus $\rho = 19 \text{ g/cm}^3$, poolestusaeg ahelreaktsiooni suhtes on $T = 1,9 \cdot 10^{17}$ aastat. Ahelreaktsiooni käigus tekkivate neutronite karakterne energia on $E = 1 \text{ MeV}$.

9. Röntgenteleskoop (12 punkti)

Suur osa röntgenteleskoobe kasutavad paraboloidseid peegleid, mis peegeldavad röntgenkiiri tänu täielikule sisepeegeldumisele. Pöörakem tähelepanu asjaolule, et murdumisnäitaja erinevus ühest on väga väike, sest röntgenkiirte sagedus on palju suurem kõikidest elektronide orbitaalsagedustest (tänu sellele võib röntgenkiirguse ja elektronide vastasmõju uurides lugeda elektronid paigalolevateks).

- Visandage kiirtekäik (lihtsaimas) sellises teleskoobis ja hinna ke peegli lihvimitäpsust (lubatavate ebatasasuste mõõtmeid), kui kiirguskvandi energia on $E = 2 \text{ keV}$ (3 p);
- Milline on röntgenkiire maksimaalne lubatav langemisnurk? Eeldage, et peegel on kaetud 300nm-paksuse iriidiumikihiga: tihedus $\rho = 22,6 \text{ g/cm}^3$, tuumalaeng $Z = 77$, molaarmass $\mu = 192 \text{ g/mol}$ (9 p).

10. Metallkuulid (12 punkti)

Kahest ühesuguse raadiusega R ja massiga m metallkuulist ühel on laeng Q ning teine on laadimata. Alguses on kuulid üksteisest hästi kaugel. Vastasmõju tõttu nad tõmbuvad, pörkuvad kokku ja eemalduvad üksteisest. Leida nende lõppkiirus

- eeldusel, et pörge oli absoluutselt elastne (5 punkti);
- eeldusel, et pörge oli absoluutselt plastne (7 punkti).

Valemeid, mis võivad osutada kasulikuks

Võrrandi

$$4x(xy')' + (x - n^2)y = 0$$

lahenditeks on $J_n(\sqrt{x})$ ja $Y_n(\sqrt{x})$, kus J_n ja Y_n tähistavad esimest ja teist tüüpi Besseli funktsioone. Asümptootika punktis $x = 0$: $J_n \propto x^n$, $Y_0 \propto \ln x$ ja $Y_n \propto x^{-n}$ ($n > 0$).

Tähistagu j_{nm} funktsiooni J_n m -ndat nullkohta ning j'_{00} — tema tuletise m -ndat nullkohta. Siis $j_{00} \approx 2,4048$, $j_{01} \approx 5,5201$, $j_{10} \approx 3,8317$, $j_{11} \approx 7,0156$, $j'_{00} \approx 3,8317$, $j'_{01} \approx 7,0156$, $j'_{10} \approx 1,8412$ ja $j'_{11} \approx 5,3314$.