

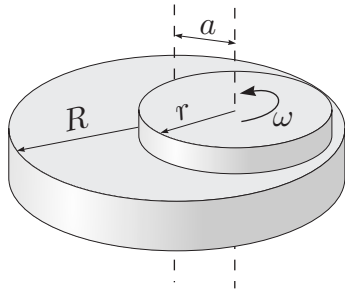
XXXIII Tartu (2004)

1. Klots purgis (6 punkti)

Silindrilisse katseklaasi asetatakse kera tihedusega ρ_k (mis on väiksem vee tihedusest ρ_v), täidetakse ääreni veega ja suletakse tihedalt korgiga. Katseklaas keeratakse horisontaalasendisse, kera asub katseklaasi parempoolse otsa juures. Katseklaasi nihutatakse piki telge vasakule poole kaugusele l . Kuidas liigub kera? Viskoosset hõõret ja kera hõõret vastu katseklaasi seina mitte arvestada. Kera liikumisel vedelikus kasvab tema efektiivne mass $\frac{1}{2}\rho_v V$ võrra, kus V on tema ruumala.

2. Ketas pöörleb (6 punkti)

Homogeenne silindrikujuline ketas raadiusega R ja massiga M saab pöörelda hõõrdevabalt ümber oma vertikaalse telje. Teine ketas (millel on samasuguse mass, kuid väiksem raadius r) lebab vabalt esimesel kettal, ketaste vaheline hõõrdetegur on μ , telgede vahekaugus on a ($a < R - r$). Teine ketas pannakse pöörlema ümber oma telje nurkkiirusega ω . Leida esimese ketta nurkkiiruse ω . Leida esimese ketta nurkkiiruse ω .



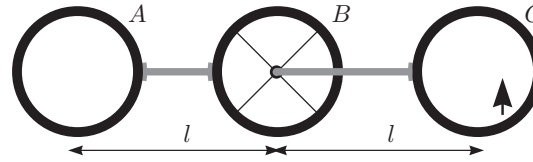
3. Õhupall (6 punkti)

Õhupall kujutab endast ühtlase paksusega elastsest materjalist sfäärilist kesta, mille raadius algolekus (kui siserõhk võrdub välisrõhuga) on R_0 ja paksus — δ . Eeldada, et (a) õhupalli paisumisel tema kesta ruumala ei muutu; (b) pinget ja deformatsiooni vaheline seos $\sigma = E\varepsilon$ kehtib ka suurte deformatsioonide puhul. Leida sise- ja välisrõhu vahe p sõltuvus palli raadiusest R .

4. Võrud (8 punkti)

Massiivsest traadist on valmistatud kolm ühesugust võru raadiusega r . Võru A ja B on ühendatud omavahel jäigalt pulga abil. Võru B keskele kodarate abil fikseeritud võll, mis annab vabalt pöörlema ning mille külge on jäiga pulga abil kinnitatud võru C . Pulkade massid on tühiselt väikesed, võrude keskpunktid O_A, O_B

ja O_C asuvad ühel sirgel, $O_A O_B = O_B O_C = l$. Süsteem lebab libedal alusel — hõõre lugeda tühiselt väikseks. Võrudele C antakse sümmeetriateljega ristuvaline kiirus nii, et teised võrud jäävad alghetkel liikumatuks. Milline peab olema suhe l/r , et võrud A ja C ei puutuks edaspidise liikumise jooksul kokku?



5. Udu (10 punkti)

Hinnata, millise suhtelise niiskuse juures võib alata udu moodustumine, kui kondensatsioonitsentrite raadius on $r_0 = 0,1 \mu\text{m}$. Temperatuur $T = 293 \text{ K}$, vee pindpinevustegur $\sigma = 0,073 \text{ N/m}$.

6. Energia kokkuhoiust (10 punkti)

Teie metsatagune üksinda asuv suvila saab voolu alajaamast üle pika 1-faasilise õhuliini. Seepärast on majakilbis peale elektriarvesti ka voltmeeter kontrollimaks majja jõudvat pinget. Tulnud suvilasse peale kolmekuulist äraolekut avastasite, et ehkki kõik elektritarbijad, k.a. valgustus olid olnud välja lülitatud, oli pinget alla jäänud trafo, mida kasutasite basseinilampide jms madalpingeliste tarbijate toitmiseks. Te tahate kindlaks teha, kui mitme kilovatt-tunni eest jääb Teil maksmata Eesti Energiatile õhuliiniga atmosfääri kütmise eest, sest seda energiakulu Teie elektriarvesti ei näita. Selleks võtsite 3 voltmeetri näitu: (1) $U_k = 234,0 \text{ V}$ — nagu ta oli Teie kilbi juurde tulles, (2) $U_0 = 236,0 \text{ V}$ — kui nii trafo kui ka kõik tarbijad välja lülitatud, (3) $U_r = 219,6 \text{ V}$ kui trafo välja lülitatud, aga 1200 W elektriradiaator sisse lülitatud. Viimasel juhul saite tarbitavat võimsust kontrollida elektriarvesti ja kella abil. Samamoodi fikseerisite, et kui vaid trafo on sisse lülitatud, nagu ta oli need kuud, on majas tarbitav võimsus $P = 5 \text{ W}$. Kadude tõttu ei saa koormuseta trafot pidada puht-induktiivtaksistuseks.

7. Gravitatsioonilained (12 punkti)

Kui elektrilise dipooli \vec{d} teine tuletis aja järgi tähistada $\ddot{\vec{d}}$ -ga, siis osakese poolt kiiratava elektromagnetilise kiirguse võimsus on $\frac{1}{6\pi\epsilon_0} \ddot{\vec{d}}^2 c^{-3}$. Oletagem, et kaks ühesugust laetud osakest laenguga q on ühendatud pulga abil, mille pikkus on l ning süsteem pöörleb ümber pulgaga ristuva telje nurkkiirusega ω . Hinnake tekkiva elektromagnetilise kiirguse võimsust. Kasutades gravitatsiooni- ja

elektrivälja analoogiat hinnake kaksiktähe poolt kiiratavate gravitatsioonilainete võimsust, kui tähtede vahemaa on R ja kummagi mass M .

8. Pulsar (12 punkti)

Pulsaril PSR 1919+21 saavad Maale raadiolainete impulsid erinevatel sagedustel. Hinnata kaugust pulsarini, kui on teada, et sagedustel $\nu_1 = 80 \text{ MHz}$ ja $\nu_2 = 2000 \text{ MHz}$ saabuval impulsside ajaline nihe on $\tau = 7 \text{ s}$ ning et tähtedevahelises ruumis on elektronide keskmine tihedus $n = 0,05 \text{ cm}^{-3}$. Märkus: tähtedevaheline ruum on täidetud hõõreda plasmaga, kus elektronide negatiivse laengu kompenseerib positiivsete ioonide ruumlaeng; madalasaageduslike protsesside puhul liiguvad elektronid ja ioonid koos kui elektrijuhtiv vedelik (nn MHD režiim), kõrgsageduslikel protsessidel aga on ioonid oma suurema massi tõttu faktiliselt paigal.

9. Magnet (15 punkti)

Ülijuhtivast (esimest tüüpi) materjalist on valmistatud õhukeste seintega toru sisediaimeetriga $d_s = 1,01 \text{ cm}$ ja pikkusega $L = 20 \text{ cm}$. Sinna sisse (keskele) asetatakse silindriline püsomagnet pikkusega $l = 10 \text{ cm}$ ja diaimeetriga $d = 1 \text{ cm}$. Püsimagenti otsa juures on magnetiline induksioon $B = 1 \text{ T}$. Seejärel viiakse toru ülijuhtivasse olekusse (alustades jahutamist toru keskosast ja lõpetades otste juures). Visandage graafikul nii detailselt kui oskate toru ja püsimagenti vahelise jõu sõltuvus nende keskpunktide vahelisest kaugusest (koaksiaalsete nihete jaoks).

10. Kiudoptika (15 punkti)

Kiiraku laser monokromaatilist infrapunast kiirgust lainepikkusel $\lambda_0 = 1600 \text{ nm}$, spektri laiuse võib lugeda tühiselt väikseks. Suunatagu see valgus optilisse kiudu pikkusega $l = 5 \text{ cm}$ ja efektiivse murdumisnäitajaga $n_0 = 1,6$. Oletagem, et see murdumisnäitaja muutub ajas amplituudiga $\Delta n = 0,01$ ja perioodiga $2\tau = 1 \text{ ns}$ vastavalt (a) nelinurkprofiilile (poolperioodi jooksul omab maksimumset, ülejäänud aeg — minimaalset väärtust); (b) saehammasprofiilile (poolperioodi jooksul toimub lineaarne kasv, ülejäänud aeg — lineaarne kahanemine) niimoodi, et igal ajahetkel on fiibri igas punktis murdumisnäitaja üks ja sama. Murdumisnäitajat moduleeriva signaali periood pole absoluutselt konstantne, naaberimpulsside kestvuste erinevused on suurusjärgus 1 ps. Visandage kiust väljuva valguse (energeetilise) spekter nii detailselt kui võimalik nii juhtumi (a) kui (b) jaoks. Mis oleks teisiti, kui murdumisnäitaja muutuks ideaalselt perioodiliselt?