

1. Kumminiit (12 pts)

Elastsest kummist niidid võivad venida niisuguse pikkuseni l , mis on hulga suurem algpikkusest deformeerimata olekus l_0 . Sedasorti kummi puhul jääb niidi koguruumala konstantseks.

1) Avaldage niisuguse kumminiidi ristlõikepindala deformeeritud olekus S tema pikkuse l ja algmõõtmete l_0 ning S_0 kaudu (1 p).

2) Elastse materjali väikeste deformatsioonide korral on venitav jõud F ja deformatsioon x seotud Hooke'i seadusega, $F = k_0x$, kus jäikus $k_0 = E_0S_0/l_0$ ning E_0 on kummi Youngi moodul. Kui elastse kummi deformatsioon pole väike (võimalik, et isegi väga suur, $l \gg l_0$), siis asendub Hooke'i seadus mitte-lineaarse seadusega $F(l) = a + \frac{b}{l}$ (eriti suurte l väärtuste korral ei pruugu ka see valem kehtida, kuid antud ülesandes me seda efekti ei vaatle). Avaldage konstandid a ja b suuruste l_0 , S_0 , ning E_0 kaudu (2 p).

3) Oletagem, et mingi jõu abil on see niit venitatud pikkuseni l . Väike muutus venitavas jõus ΔF põhjustab väikese pikkusmuudu $\Delta l \ll l$. Avaldage ΔF suuruste l , l_0 , S_0 , E_0 ja Δl kaudu (1 p).

4) Oletagem, et väike keha on kinnitatud niidi ühte otsa ja süsteem pannakse pöörlema ümber teise otsa. Eeldades, et tegemist ringjoonelise liikumisega, avaldage niidi pikkus l suuruste l_0 , S_0 , E_0 , ja keha kineetilise energia K abil (niidi kineetilist energiat ja raskusjõudu mitte arvestada) (1,5 p)

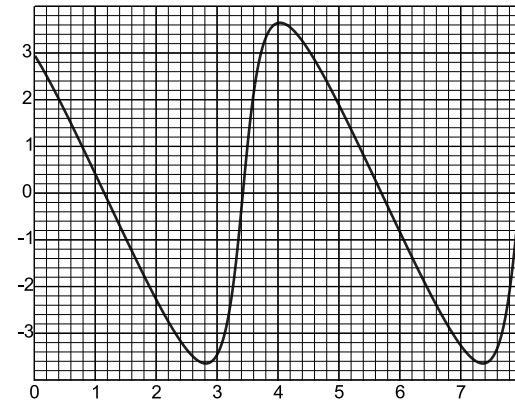
5) Uurigem keha nõrgalt mitte-ringjoonelist liikumist. Kirjeldagem süsteemi liikumist järgmistest suurustest: niidi pikkusmuut $r(t) = l(t) - l(0)$, keha radiaal- ja tangentsiaalsuunalised kiiruskomponendid $v_r(t)$ ja $v_t(t)$ (komponendid, mis on vastavalt paralleelsed ja risti niidiga). Tähistagem antud suuruste algväärtused sümbolitega $L \equiv l(0)$, $V_r \equiv v_r(0)$ ja $V_t \equiv v_t(0)$. Suurused L ja V_t on valitud nii, et juhul kui algne radiaalkiirus oleks olnud null, siis oleks keha lii-

kumine ringjooneline. Kirjutage välja kaks üks-teisest sõltumatut võrrandit, mis seovad omavahel suurusi $r(t)$, $v_r(t)$ ja $v_t(t)$ (kasutades ka keha massi m ning parameetreid L , V_r , V_t , l_0 , S_0 , E_0). (3,5 p).

6) Leidke seos suuruste $r(t)$ ja $v_r(t)$ vahel (või sisaldada ka suurusi m , L , V_r , V_t , l_0 , S_0 , E_0) eeldades, et $|r| \ll L$. Avaldage $r(t)$ väikeste võnkumiste periood T . Lihtsutage T avaldist juhul, kui $L \gg l_0$ (3 p).

2. Planeedid (6 p)

Kaks planeeti liiguvad mööda ringjoonelisi orbite ümber tähe, mille mass $M = 2,0 \cdot 10^{30}$ kg; gravitatsioonikonstant $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg·s². Planeedi ja tähe vahelise nurkkauguse sõltuvus ajast, nii nagu seda nähakse ühe planeedi pinnalt, on toodud juuresoleval graafikul.



1) Milline on planeetide orbite raadiuste suhe k (2 p)?

2) Leidke vertikaaltelje ühikud (kui te ei suutnud vastata eelmisele küsimusele, siis avaldage vastus suuruse k abil) (2 p).

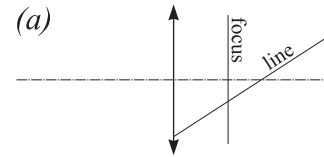
3) Millised on planeetide raadiused, kui graafiku horisontaaltelje ühikuks on üks aasta (2 p)?

3. Nihutatav-kallutatav lääts (6 p)

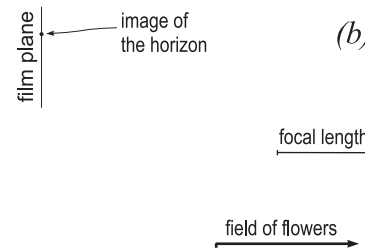
1) Näidake, et õhukese lääts poolt tekitatav sirgjoone kujutis on samuti sirgjoon. Vaadeldage ainult kahe-dimensionaalset geometriat, st

eeldage, et optiline peatelg (=läätsesümmeetriatelg) ja sirgjoon lebavad ühes ja samas (x, y) -tasandis. Soovitus: kasutage sellist koordinaatide süsteemi, kus koordinaatide alguspunkt ühtib läätsesümmeetrilise keskpunktiga ja esitage sirge algebraliselt, st kujul $y = ax + b$. Kasutage läätsesümmeetrilise valemite $f^{-1} = x^{-1} - x'^{-1}$ (kus $x > 0$ ja x' on vastavalt punkti ja tema kujutise x -koordinaadid). (2 p).

2) Joonistage joonisel (a) toodud sirgjoone kujutis ning näidake, milline kujutise osa on näiv ja milline tegelik (2 p).

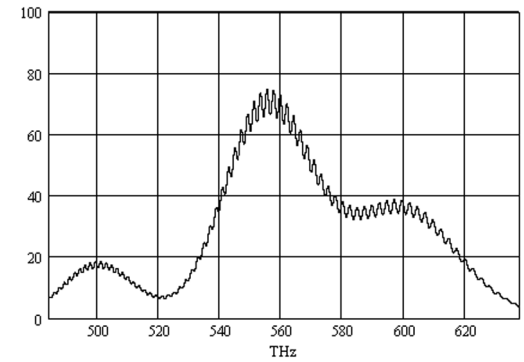


3) Fotograaf tahab pildistada lillepõldu. Selleks, et kõik lilled (nii lähedased kui kauged) oleksid kujutisel teravad, peab ta kasutama nihutatavat-kallutatavat (tilt-shift, TS) läätsesümmeetrilist (selleks võib olla kas harilik fotoaparaat TS-objektiiviga või vabalt liigutatava objektiivipesaga stuudioaparaat). Lillepõld (mille võib lugeda lõpmatult pikaks) ja tema kaugema serva kujutis on toodud joonisel (b). Taastage läätsesümmeetrilise asukoht. Joonisel on toodud ka kujutise tasand ning läätsesümmeetrilise fookuskaugus (mastaabina) (2 p).



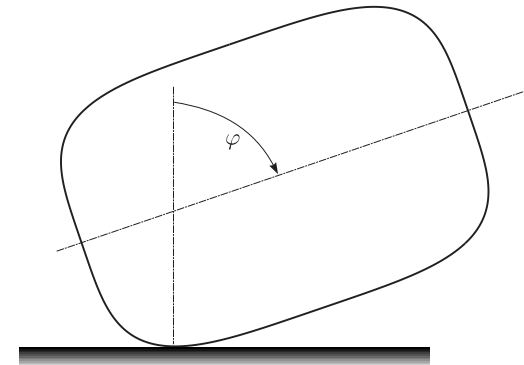
4. Läbipaistev kile (6 p)

Paks klaasplaat on kaetud õhukese läbipaistva kilega. Süsteemi läbilaske spekter on toodud juuresoleval graafikul (valgus langeb risti plaadile). Kile murdemisnäitaja $n \approx 1.3$. Milline on kile paksus d ?



5. 4-ndat järku ellips (6 p)

4-ndat järku ellips on defineeritud valemiga $\frac{x^4}{a^4} + \frac{y^4}{b^4} = 1$, kus a ja b on pooltelgede pikkused. Vaadeldagem homogeenet silindrit, mille ristlõikepindalaks on 4-ndat järku ellips. Mõõtkem silindri asendit nurga φ abil, mis moodustub pikema pooltelje ja vertikaalsihi vahel, $0 \leq \varphi \leq \pi/2$, vt joonis.



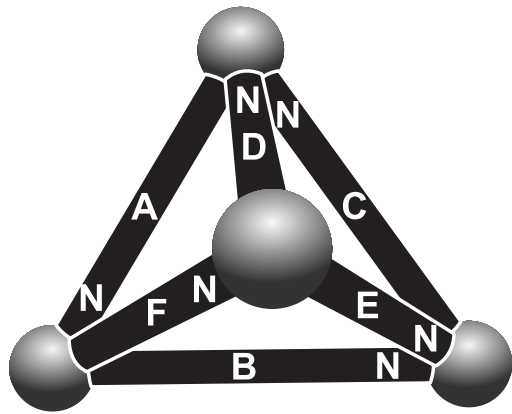
1) Millised on horisontaalpinnal lebava silindri tasakaaluasendid (3,5 p)?

2) Visandage graafikul silindri mõjuv toereaktsiooni ja raskusjõu summaarne jõumoment (silindri ja horisontaalpinna kontaktpunkti suhtes) funktsioonina kaldenurgast φ ($0 \leq \varphi \leq \pi/2$). Vertikaalteljele (st jõumomendi jaoks) ei ole vaja kanda kvantitatiivset skaalat (1,3 p).

3) Millised tasakaaluasendid on stabiilsed ja millised mitte? Motiveerige vastust (1,2 p).

6. Magnetid (6 p)

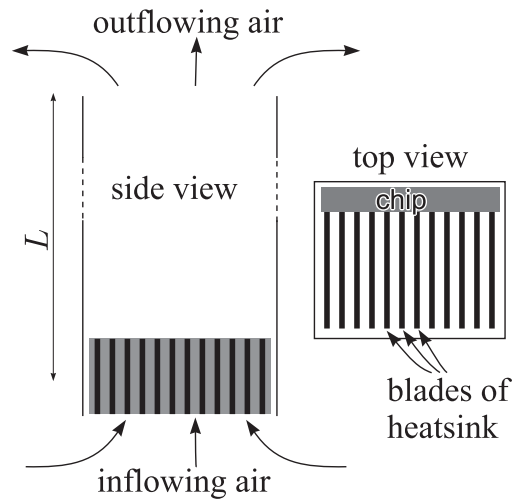
Teatud tüüpi magnetmänguasjad koosnevad ferromagneetilisest materjalist keradest ja silindrilise kujuga püsomagnetitest. Nendest komponentidest saab ehitada näiteks tetraeedri, vt joonis (täht "N" tähistab magneti põhjapoolust). Kõik magnetid on identsed ja igauks neist üksikuna on suuteline tekitama magnetvoo Φ (kui mõlemad magneti otsad on kontaktis massiivse U-kujulise ferromagneetikuga). Eeldagem, et materjalide suure magnetilise läbitavuse tõttu püsivad kõik magnetjõujooned konstruktsioonikomponentide sees (st ümbritsevas keskkonnas $B = 0$).



- 1) Tähistagem sümbolitega $\Phi_A - \Phi_F$ magnetvood magnetites A–F. Kirjutage võrrand, mis seovad suurusi Φ_A , Φ_B , ja Φ_C (ning võimalik, et ka suurust Φ) omavahel (1 pt).
- 2) Kirjutage võrrand, mis seovad suurusi Φ_A , Φ_B , ja Φ_F (ning võimalik, et ka suurust Φ) omavahel (1 pt).
- 3) Leidke suhe Φ_F/Φ_C (1 pt).
- 4) 5) Leidke magnetvood igas püsimagnetis (joonisel magnetid A–F) (2 p).
- 6) Millist magnetit on kõige raskem eemaldada? Põhjendage vastust (1 pts).

7. Passiivne õhkjahutus (9 p)

Vaatleme passiivset õhkjahutussüsteemi, mis on kujutatud joonisel. Külma õhku (normaaltingimustel: $p_0 = 10^5$ Pa, $T_0 = 293$ K) voolab üle kiibi jahutusribide ja siseneb vertikaalsesse toru pikkusega $L = 1$ m ning ristlõikepindalaga $S = 25$ cm². Kiibi soojuseraldusvõimsus $P = 100$ W. Toru läbimise järel siseneb õhk ümbritsevasse ruumi. Eeldada, et torus voolav õhk seguneb kiiresti; torus ja ribide vahel voolava õhu viskoosne ja turbulentsne hõõre lugeda tühi. Õhk lugeda ideaalseks gaasiks adiabaadinäitajaga $\gamma = 1.4$ ja molaarmassiga $\mu = 29$ g/mol. Universaalne gaasikonstant $R = 8,31$ J/K·mol.

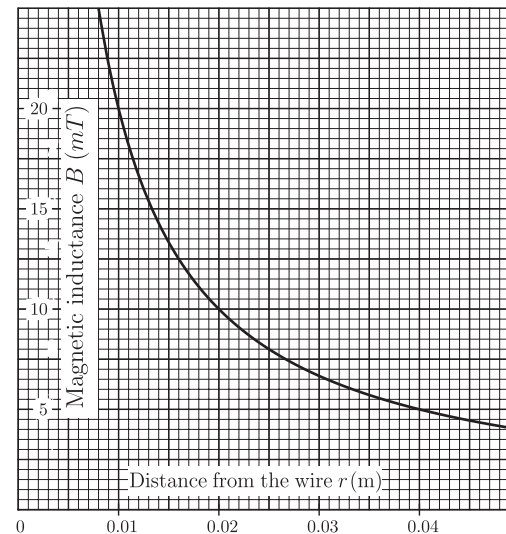
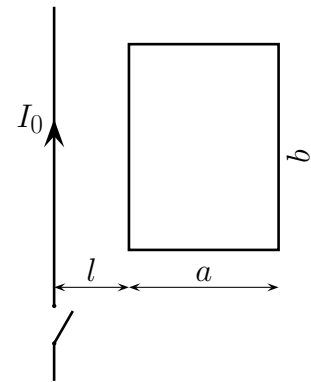


- 1) Avaldage õhu soojusmahtuvus konstantsel rõhul c_p suuruste γ ja R abil (1 pt).
- 2) Leidke seos väljavoolava õhu tiheduse ρ ja temperatuuri T vahel (see seos võib sisaldada ka eelpooldefineeritud algandmeid) (2 p).
- 3) Leidke seos suuruste v ja ρ vahel, kus v on õhu voolukiirus torus ja ρ — väljavoolava õhu tihedus (see seos võib sisaldada ka eelpooldefineeritud algandmeid) (2 p).
- 4) Avaldage soojuseraldusvõimsus P suuruste v , T ja ρ abil (see seos võib sisaldada ka eelpooldefineeritud algandmeid) (2 p).

5) Milline on väljavoolava õhu temperatuur T ? Oma arvutustes võite kasutada lähendust $T - T_0 \ll T_0$ (2 p).

8. Traataas (7 p)

Vaadeldgem ristkülikukujulise ristlõikega traataasa mõõtmetega $a = 0.03$ m ja $b = 1.0$ m. Aaasa üks külg on paralleelne pika sirgvooluga $I_0 = 1000$ A, mis asub kaugusel $l = 0,01$ m, vt joonis. Niisuguse sirgvoolu magnetilise induktiooni sõltuvus kaugusest traadist on toodud juuresoleval graafikul. Traataasa oomiline takistus on $R = 1,0$ Ω , tema induktiivsuse võib lugeda tühiselt väikeseks.



- 1) Arvutage traataasa läbiv magnetvoog Φ (2 p).
- 2) Teatud hetkel lülitatakse pikas sirgjuhtmes vool välja. Milline kogulaeng Q voolab läbi traataasa juhtme fikseeritud ristlõike (3 p)?
- 3) Milline koguimpulss p antakse aasale sirgvoolu väljalülitamise käigus (või avaldage vastus suuruse Q abil — juhul, kui te ei suutnud arvutada Q väärtust) (2 pts)?

9. Eksperiment (15 p)

Must kast sisaldab mittelineaarset elementi (takistus) ja mahtuvust, mis on ühendatud järjestikku. Leidke mahtuvus C (5 p) ja mittelinearse elemendi volt-ampere-tunnusjoon (6 p). Pange tähele, et (a) elektrolüütcondensaatorit tohib laadida ainult fikseeritud polaarsusega (see on märgitud musta kasti väljundtraatide värvide abil); (b) pole alust eeldada, et volt-ampere-tunnusjoon on sümmeetriline telje $I = 0$ suhtes. Teilt nõutakse ainult piirkonna $I > 0$ uurimist, mis vastab mahtuvuse tühjenemisvoolu suunale. Tabuleeri oma mõõtmistulemused ja joonista vastavad graafikud (4 p). Eksperimentaalvahendid: patareid, juhtmed, multimeeter, sekundeid näitav kell, millimeeterpaber.