

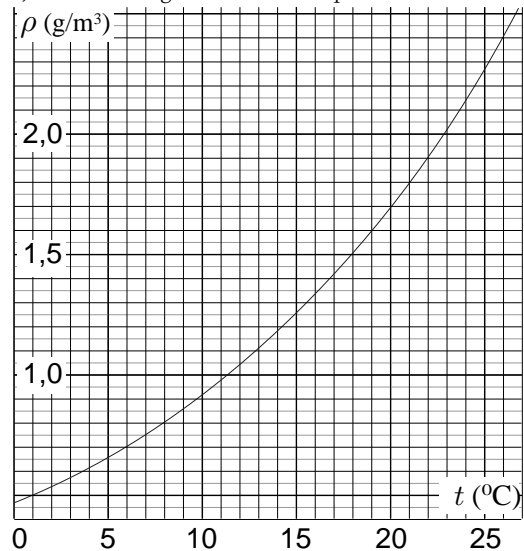
1. Kuivatamine (12 p)

Laialtlevinud arvamuse kohaselt on kasulik pesu kuivatamise ajal akent lahti hoida isegi siis, kui väljas on suhteline õhuniiskus 100%, sest tuppna tulnud välisõhu temperatuur tõuseb ning suhteline niiskus langeb. Vaatleme, kas see arutluskäik kehtib ka siis, kui toas on kütte välja lülitatud.

Oletagem, et toas segunevad $V_1 = 20 \text{ m}^3$ toaõhku temperatuuril $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja $V_2 = 10 \text{ m}^3$ välisõhku temperatuuril $t_2 = 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Õhu erisoojus (konstanttsel rõhul) $c_p = 1005 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ lugeda vaadeldavas temperatuurivahemikus konstatseks, soojusvahetus väliskeskkonnaga lugeda tühiseks. Esiialgu ignoreerida võimalust, et osa veeaurust võiks kondenseeruda. Lugeda, et kõik alljärgnevad protsessid toimuvad normaalse õhurõhu p_0 juures.

1) Tõestage, et õhu segunemisel summaarne ruumala ei muutu, st et külma ja sooja õhu segu ruumala $V = V_1 + V_2$.

2) Milline on segunenud õhu temperatuur T ?



3) Juuresoleval graafikul on toodud küllastunud veeauru tiheduse sõltuvus temperatuurist. Enne segunemist oli nii toa- kui välisõhu suhteline niiskus 100%. Milline on segunenud õhu suhteline niiskus r (kui see peaks suurenema, siis oletagem, et alguses moodustub üleküllastunud aur, st $r > 100\%$)?

4) Kui saite tulemuseks $r > 100\%$, siis üleküllastunud aur laguneb kiiresti ning tekib udu. Milline on sellisel juhul uduks kondenseeruva vee mass m ? Õhu tiheduseks võite võtta $\rho_0 = 1,189 \text{ Kg}/\text{m}^3$; vee aarus-

tumissoojus $q = 2500 \text{ kJ}/\text{kg}$.

2. Pildistamine (7 p)

Kasutades eraldi lehel olevat fotot leidke pildistamisel kasutatud objektiivi läbimõõt. Objektiiv on lääts, mille abil tekitatakse kujutis filmile või fotosensorile; võite vaadelda seda kui ideaalset õhukest läätsi.

3. Imemine (7 p)

Olgu suures anumaskokkusurumatu dielektriline vedelik ($\varepsilon \approx 1$), mille tihedus on ρ_m ja mis kannab homogeenet ruumlaengut. Laengu ruumtihedus (laeng ruumalaühiku kohta) ρ_e on nii väike, et tema tekitatud elektrivälja E_0 võib mitte arvestada: $E_0\rho_e \ll g\rho_m$, kus g on vabalangemise kiirendus. Samuti võib mitte arvestada pindpinevusega. Edaspidi mõeldame kõiki kõrgusi kaugusena vedeliku pinnast algsest tasakaaluasendist. Vedelikule lähendatakse vastasmärgiline punktlaeng $-q$ kõrguseni H , selle tulemusel moodustub vedeliku pinnale kühm.

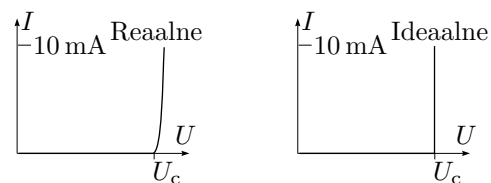
1) Leidke kühmu kõrgus a .

2) Laengut lähendatakse veelgi, millise laengu kõrguse h juures hakkab vedelik voolama punktlaengule?

4. Elektri eksperiment (12 p)

Leida tundmatu kondensaatori mahtuvus ja hinnata mõõteviga. Töövahendid: punane valgusdiiod, kolm takistit, millest ühe takistus pole teada, ühe takistus on $R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega$ ja teise oma $R_2 = 6.2 \text{ k}\Omega$, tundmatu elektromotoorjõuga alalispinge allikas (sisetakistus on alla 500Ω), ühendusjuhtmeid, stopper, tundmatu mahtuvusega kondensaator.

Märkused: Juuresoleval graafikul on toodud valgusdiiodi tüüpiline volt-ampere tunnusjoon; antud katse planeerimisel võite lugeda diodi ideaalseks, vt graafik. Diiodi lävipinge U_c väärtus pole teada. Diiod helendab siis, kui teda läbib vool.



Kui kondensaator mahtuvusega C , takisti R ja elektromotoorjõud E on ühendatud jadamsi suletud kontuuriks, siis toimub kondensaatori pingelähenedamine tasakaalulisele väärtusele eksponentsiaalselt: $U = E \pm U_0 e^{-t/RC}$.

5. Tühi kott (12 p)

Vabalt deformeeruvast venimatust õhku mitte-läbilaskvast materjalist pindtihedusega σ on valmistatud kott, mille ümbermõõt L on hulga väiksem tema pikkusest l . Seega meenutab täispuhutud kott vorsti (silinderjas). Kott laotatakse siledale libedale (hõrdetegur $\mu = 0$) põrandale ja sinna pumbatakse õhku seni, kuni sise- ja välisrõhu vahe saab võrdseks p -ga; vabalangemise kiirendus on g . Õhu tihedus lugeda tühiselt väikseks.

1) Leida koti ja põranda kontaktpinna laius c .

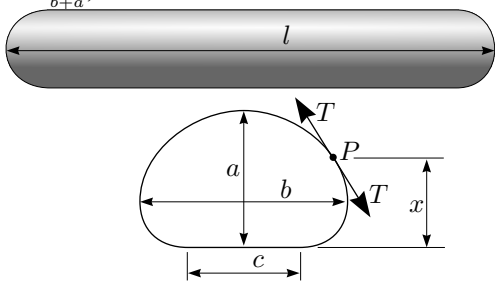
2) Tõestage, et pinge kotiriides avaldub kujul $T = \alpha x + \beta$, kus x on vaadeldava kotiriide punkti P kõrgus maapinnast ning leidke konstant α . Märkus: pinge riides on lühidalt öeldes jõud pikkusühiku kohta. Pikemalt seletades on see aga mõnevõrra keerulisem mõiste, kui pinge niidis, sest riidepinna tasandis lebavat jõuvektorit iseloomustab ka suund. Antud juhul siiski pingutatakse riiet "vorsti" telje sihis nii nõrgalt, et seda võib mitte arvestada. Seega võime antud juhul iseloomustada riide pinguldatust üheainsa arvuga — jõuga T , millega tõmbab riide mõttelisel ühikulise pikkusega horisontaallõikest ühele poole jääv riideosa sellest lõikest teisele poole jäävat riideosa.

Soovitus: Võite vaadelda kotiriide väikesele tükile (vertikaallõike joonisel) mõjuvate jõudude tasakaalu?

3) Olgu koti kõrgeima punkti kõrgus põrandast a . Milline on pinge T_1 selles kõrgeimas punktis? Vastus andke suuruste a , σ ja p (või α , kui teine küsimus jäi lahendamata) kaudu.

Soovitus: võite vaadelda ühele mõttelisele kotipoolle mõjuvate jõudude tasakaalu.

4) Kui $p \gg \sigma g$, siis milline on koti "lapikuse" määra $\varepsilon = \frac{b-a}{b+a}$, kus b on koti laius?



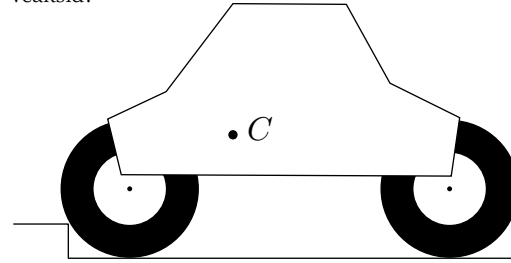
6. Auto (7 p)

Autoga tahetakse sõita üle teepiirde ilma hoovõtu- ta, paigaltseisust (vt joonis). Auto ratta diameeter on $d = 1$ m, hõrdetegur rataste ja pinnase vahel $\mu = 1$. Juuresoleval joonisel on auto kujutatud fikseeritud mõotkavas ning C tähistab tema massikeskme asukohta; teepiirde kõrguse puhul mõotkava ei kehti. Leida, millise kõrgusega teepiirdest suudab auto üle sõita, kui mitte-vedavas teljes hõõre puudub (rattad pöörlevad vabalt) ning vedavaks teljeks on

1) esimene telg;

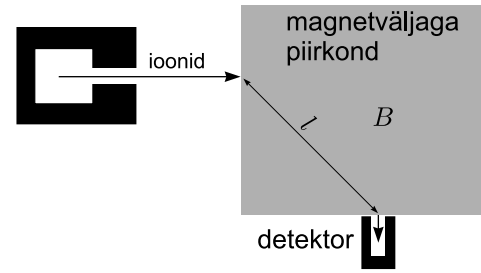
2) tagumine telg.

3) Kas auto esimene ots hakkaks kerkima, kui piirde asemel oleks vertikaalsein ning mõlemad teljed veaksid?



7. Mass-spektromeeter (9 p)

Juuresoleval joonisel on toodud mass-spektromeetri põhimõtteskeem, mis võimaldab määrata uuritavas aines sisalduvate molekulide masse. Uuritava aine molekulid ioniseeritakse ühekordselt hõõgniidi abil (viiakse seejures teatud temperatuurini T) ning tekkinud ioonid kiirendatakse pinge U abil. Loeme alguses temperatuuri tühiselt väikseks ($eU \gg kT$, kus e on elementaarlaeng ja k — Boltzmanni konstant). Kiirendatud ioonide kitsas paralleelne kimp siseneb magnetvälja piirkonda, mille loome lihtsuse mõttes ristkülikukujuliseks ning magnetvälja selle ristküliku sees homogeeneks. Sõltuvalt iooni massist ja kiirendavast pingest võivad magnetvälja poolt kõrvale kallutatud ioonid tabada detektorit. Lugegem, et detektori keskpunkti tabavad ioonid sisenevad magnetvälja piirkonda ning väljuvad sealt selle piirkonna piiriga risti ning et nende sisenemise ja väljumispunktide vahekaugus on l (vt joonis).



1) Avaldage detektori keskpunkti tabavate ioonide mass M suuruste B , l , U ja e abil.

2) Kui detektori sisendava raadius on r , siis millises massivahemikus $M - \Delta M$ kuni $M + \Delta M$ ioonid tabavad veel detektorit (leida ΔM)?

3) Kui lai on eelmise küsimuse juures vaadeldud ioonide magnetväljast väljalennusuundade nurkade vahemik $\Delta\varphi$?

4) Lugegem nüüd detektori sisendava raadiuse tühiselt väikseks, kuid arvestame ioonide temperatuuri erinevust nullist (võite kasutada siiski ligikaudset arvutust eeldades, et $eU \gg kT$). Ioonide energiatega erinevuste tõttu tabavad detektorit mõnevõrra erineva massiga ioonid ($M - \delta M$ kuni $M + \delta M$). Hinnata mass-spektromeetri täpsust δM .

8. Optika eksperiment (10 p)

Töövahendid: Vett täis pudel, mõõdulint.

1) Teie ees on silindrilise külgpinnaga pudel, mis on täidetud veega ning millele on kleebitud millimeeterskaalaga paber nii, et paberi kirjadega külg on vastu pudeli pinda. Tehke kindlaks, kui pikka skaalalõiku oleks võimalik näha, kui vaadata seda läbi vett täis pudeli mingist fikseeritud punktist, mis asub skaalaga samas pudeli telje risttasandis ning mille kaugus pudelist on palju suurem pudeli raadiusest.

2) Eelmise punkti mõõtmistulemuste abil määrata, milline on vikerkaare nurkraadius (vaatleja juurest vikerkaare keskpunkti ja vikerkaare kaarele tõmmatud kiirte vaheline nurk).

Märkus: Vikerkaar moodustub tänu neile valguskiirtele, mis sisenevad kerakujulisse veetilka, peegelduvad ühekordselt selle sisepinnal ning väljuvad tilgast peale teistkordset murdumist (sisepinnal pole osalisega: osa valgust murdub välja, osa peegeldub sisse tagasi), vt joonis. Väljumisnurgal α funktsioonina siseneva kiire sihikuparameetrist b on maksimum ning selle nurga juures ongi nähtav vikerkaar [valgus intensiivsusega I_0 langeb tilgale kõik-

võimalike $b < r$ väärtuste juures, väärtuste vahemiku Δb kohta tuleb valgusenergia on $2I_0\pi b\Delta b$ ning seega väljumisnurga vahemiku $\Delta\alpha$ kohta tuleb valgusenergia on $\Delta I/\Delta\alpha = 2I_0\pi b\Delta b/\Delta\alpha = 2I_0\pi b(d\alpha/db)^{-1}$; selle väärtus läheb hästi suureks punktis, mis vastab funktsiooni $\alpha(b)$ maksimumile.]

