## 1. Kuivaus(12 p)

Yleisen uskomuksen mukaan ikkuna kannattaa pitää auki pyykin kuivumiseksi, vaikka suhteellinen kosteus ulkona olisi 100%, koska sisääntulevan ilman lämpötilan noustessa suhteellinen kosteus pienenee.

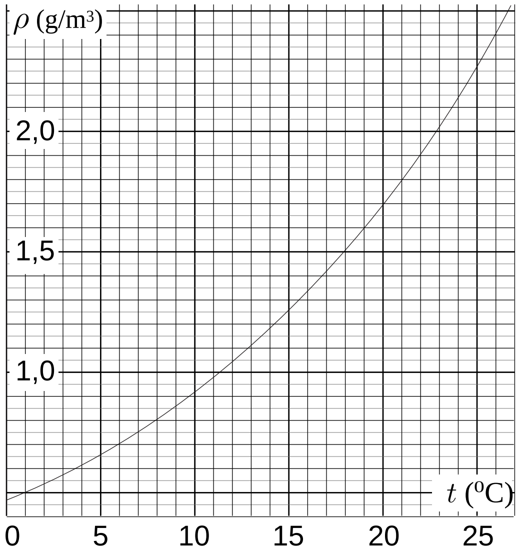
Analysoidaan näiden väitteiden paikkaansa pitävyyttä lämmityksen ollessa pois päältä.

Oletetaan, että huoneessa sisäilmaan, jonka tilavuus on $V_1 = 20\,\mathrm{m}^3$ ja lämpötila $t_1 = 25\,\mathrm{C}^\circ$ sekoittuu ulkoilmaa, tilavuus $V_2 = 10\,\mathrm{m}^3$ ja lämpötila $t_2 = 1\,\mathrm{C}^\circ$.

Ilman ominaislämpö (tietyssä paineessa) $c_p = 1005\,\mathrm{J/(kg{\cdot}K)}$ voidaan olettaa vakioksi tietyllä lämpötila-alueella; lämmönvaihtoa väliaineen kanssa ei tarvitse ottaa huomioon. Myöskään vesihöyryn mahdollista (osittaista) tiivistymistä ei tässä vaiheessa oleteta tapahtuvan. Kaikkien alla olevien prosessien oletetaan tapahtuvan normaali-ilmanpaineessa.

**1)** Osoita, että ilman kokonaistilavuus ei muutu, ts. että lämpimän ja kylmän ilman seoksen tilavuus on $V = V_1 + V_2$.

**2)** Mikä on seoksen lämpötila $T$?




**3)** Oheisessa kuvassa on esitetty kylläisen vesihöyryn paineen riippuvuus lämpötilasta. Ennen sekoittumista sekä sisä- että ulkoilman suhteellinen kosteus oli 100%. Mikä on seoksen suhteellinen kosteus $r$ (Jos se kasvaa, voit olettaa, että aluksi muodostuu ylikylläistä höyryä $r > 100\%$)?

**4)** Kun $r > 100\%$, ylikylläinen vesihöyry tiivistyy nopeasti sumuksi. Jos sait $r > 100\%$, mikä on sumuksi tiivistyvän vesihöyryn massa $m$? Ilman tiheys on $\rho_0 = 1{,}189\,\mathrm{Kg/m^3}$ ja veden höyrystymislämpö $q = 2500\,\mathrm{kJ/kg}$.

## 2. Photographing (7 p)

Määritä annetun valokuvan avulla kuvan ottamisessa käytetyn kameran linssin halkaisija. Kameran linssi muodostaa kuvan filmille tai CCD/CMOS anturille. Linssiä voidaan pitää ideaalisena ohuena linssinä.

## 3. Imaisu (7 p)

Suuri astia sisältää kokoonpuristumatonta nestemäistä eristettä, jolla on homogeeninen (tilavuus)varaus, ja jonka eristevakio on($\varepsilon \approx 1$) ja tiheys $\rho_m$. Seuraavassa kaikki korkeudet mitataan nesteen häiriöttömästä pinnasta. Varaustiheys (varaus tilavuusyksikköä kohti) $\rho_e$ on niin pieni, että varauksen luoma sähkökenttä $E_0$ voidaan jättää ottamatta huomioon, $E_0\rho_e \ll g\rho_m$. Tässä $g$ putoamiskiihtyvyys. Myöskään pintajännitystä ei tarvitse ottaa huomioon. Lähelle eristenesteen pintaa korkeudelle $H$ tuodaan mitättömän kokoinen vastakkaismerkkinen varaus $-q$. Tästä aiheutuu, että nesteen pintaan muodostuu kumpu.

**1)** Määritä kummun korkoeus $a$.

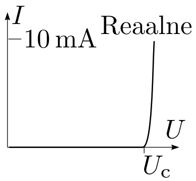
**2)** Varaus tuodaan lähemmäksi nesteen pintaa. Millä korkeudella neste alkaa virrata varausta kohti?

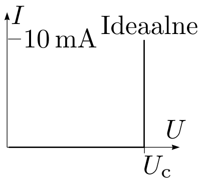
## 4. Sähköopin koe (12 p)

Määritä tuntemattoman kondensaattorin kapasitanssi ja arvioi mittausvirhe.

Välineet: punainen diodi, kolme vastusta, joista yhden resistanssia ei tunneta, $R_1 = 1.5\mathrm{k}\Omega$ ja $R_2 = 6.2\mathrm{k}\Omega$,,jännitelähde, jonka sisäinen resistanssi on alle $500\Omega$, johtimia ja sekuntikello, ja tuntematon kondensaattori.

Kuviossa on annettu valodiodin reaalinen ja ideaalinen ominaiskäyrä. Työssä voitte olettaa diodin ideaaliseksi. Diodin kynnysjännitettä $U_c$ ei tiedetä; diodi syttyy vain, kun diodin läpi kulkee virta.




Jos kondensaattori, jonka kapasitanssi $C$ ja vastus, jonka resistanssi $R$, ja jännitelähde, jonka lähdejännite on $E$, on kytketty sarjaan suljetuksi piiriksi, niin kondensaattorin yli mitattu jännite noudattaa seuraavaa kaavaa: $U = E \pm U_0 e^{-t/RC}$.

## 5. Säkki (12 p)

Säkki on valmistettu vapaasti muokattavissa olevasta ilmaa läpäisemättömästä materiaalista, jonka pintatiheys on $\sigma$. Säkin ympärysmitta $L$ on paljon pienempi kuin sen pituus $l$, joten ollessaan täynnä ilmaa säkki näyttää makkaralta(sylinteriltä). Säkki asetetaan sileälle vaakasuoralle pinnalle (kitkakerroin $\mu = 0$). Säkkiin pumpataan ilmaa niin, että säkissä on ylipaine $p$. Ilman tiheys on mitättömän pieni. Putoamiskiihtyvyys on $g$

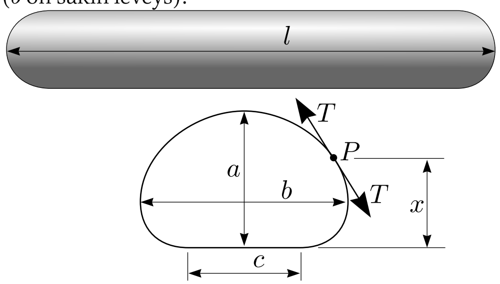
**1)** Määritä säkin ja alustan välisen kosketuspinnan leveys $c$.

**2)** Osoita, että säkkimateriaalin jännitys $T$ kohdassa $P$ saadaan yhtälöstä $T = \alpha x + \beta$, missä $x$ on kohdan $P$ korkeus pinnasta. Määritä vakio $\alpha$. Huom. Yksinkertaistetusti jännitys säkkimateriaalissa on Voima pituusyksikköä kohden. Tarkemmin ajateltuna kankaan jännitys on monimutkaisempi kuin yksittäisen langan tapauksessa, sillä säkin kangas on kolmiulotteinen systeemi. Tässä tapauksesssa kangas venyy vain hyvin vähän säkin akselin suunnassa, joten tämä voidaan jätttäää huomiotta ja jännitys säkissä voidaan ilmaista vain yhdellä luvulla - voimalla $T$, jolla yksikön mittainen osa kangasta venyttää sitä.

Vihje: Voit tarkastella voimien tasapainoa hyvin kapeassa pinnan suikaleessa (katso poikkileikkauskuva).

**3)** Olkoon säkin korkeimman kohdan korkeus (pinnasta) $a$. Mikä on jännitys $T_1$ korkeimmassa kohdassa? Anna vastaus suureiden $a$, $\sigma$ ja $p$ (tai myös $\alpha$)avulla. vihje: Voit tarkastella voimien tasapainoa kuvitellussa säkin puolikkaassa.

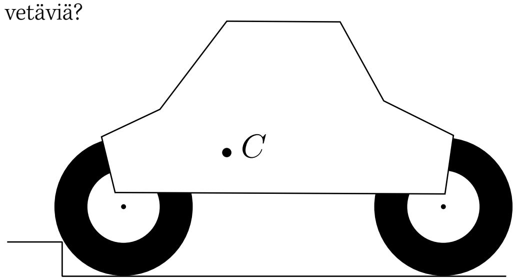
**4)** Jos $p \gg \sigma g$, niin mikä on säkin "litteys" $\varepsilon = \frac{b-a}{b+a}$ ($b$ on säkin leveys)?




## 6. Auto (9 p)

Nuori mies haluaa ajaa auton levosta lähtien tietä rajoittavan esteen yli(katso kuva). Pyörien halkaisija on $d = 1$ m, tien pinnan ja pyörien välinen kitkakerroin on $\mu = 1$. Kuvassa auton on esitetty kiinteässä mittakaavassa, $C$ on painopiste. Este ei ole mittakaavassa. Määritä maksimikorkeus, joka on mahdollista ylittää, kun vapaasti pyörivässä akselissa ei ole kitkaa (pyörät voivat pyöriä vapaasti), ja vetävä akseli on **1)** etuakseli; **2)** taka-akseli.

**3)** Alkaako auton etuosa nousta, jos rajoitin korvataan pystysuoralla seinällä ja molemmat akselit ovat vetäviä?




## 7. Mass spectrometer

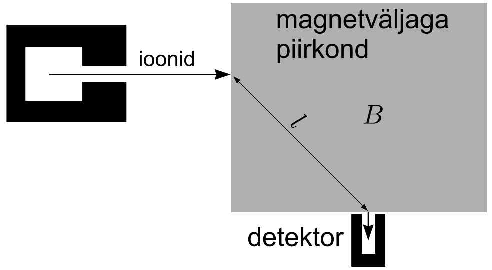
Ohessa on kaaviokuva massaspektrometristä. Massaspektrometri on laite, jolla voidaan mitata näytteen erimassaisten molekyylien osuuksia. Näyte ionisoidaan kuumennettavan hehkulangan avulla jonka lämpötila on $T$. Ionit kiihdytetään korkeajännitteellä $U$. Aluksi voimme olettaa, että lämpötila on suhteellisen alhainen $eU \gg kT$ ($e$ - elektronin varaus, $k$ -Boltzmanin vakio). Kapea Ionisuihku kulkee suorakaiteenmuotoisen homogeenisen magneettikentän läpi. Ionin massasta ja sen kiihdyttämiseen käytetystä jännitteestä riippuen ioni osuu tai ei osu ilmaisimelle. Ainoastaan ne ionit, jotka ylittävät magneettikentän reunat kohtisuorassa siihen nähden osuvat ilmaisimelle. Ionin tulo- ja lähtöpisteiden välinen eäisyys on $\ell$ (katso kuvaa).

**1)** Määritä sellaisten ionien massa $M$, jotka osuvat ilmaisimen keskustaan, parametrien $B, \ell, U$ ja $e$ avulla lausuttuna.

**2)** Jos ilmaisimen aukon säde on $r$ niin minkä massaiset ionit $M - \Delta M$ to $M + \Delta M$ osuvat detektorille?

**3)** Mikä on edellisen kohdan kahden ulostulevan ionisuihkun välinen kulma? $\Delta\varphi$

**4)** Oleta, että ilmaisimen aukko on suhteellisen pieni. Vaikka ionien lämpötila poikkeaa nollasta, voit silti tehdä likimääräisiä laskuja olettaen, että $eU \gg kT$. Ilmaisimelle osuu energia erosta johtuen erimassaisia ioneja. ($M - \delta M$ to $M + \delta M$). Arvioi massaspektrometrin tarkkuus $\delta M$.




## 8. Optiikan koe (10 p)

*Välineet:* Vedellä täytetty pullo, mittanauha.

**1)** Käytössänne on vedellä täytetty sylinterin muotoinen pullo jonka pintaan on tiiviisti liimattu millimetriasteikko. Määritä kuinka pitkän osan asteikosta voit nähdä, kun katsot asteikkoa pullon läpi tietyltä etäisyydeltä asteikon tasolla kohtisuoraan pullon akselia vastaan. Katselu piste on paljon kauempana pullon pinnasta kuin mitä pullon kaarevuussäde on.

**2)** Edellisen kohdan mittausten perusteella määritä kulma jossa näet sateenkaaren (kulma sateenkaaren keskipisteesta sen kehälle).

*Huom:* Sateekaari muodostuu valonsäteistä, jotka osuvat pyöreisiin vesipisararoihin, heijastuvat kerran pisaran sisäpinnasta ja poistuvat pisarasta taittuen uudelleen. (Heijastus ei ole kokonaisheijastus vaan osa valosta taittuu tässäkin ulos pisarasta. kts. kuva).

Kulmalla $\alpha$ (kuvassa) on maksimi tulevan säteen parametrin $b$ funktiona. Sateenkaari muodostuu näistä maksimikulman säteistä.

[Vesipisaraan osuu valoa (intensiteetti $I_0$) kaikilla mahdollisilla $b < r$ arvoilla. Välillä $\Delta b$ tulevan valon energia on $2I_0\pi b\Delta b$ joten välille $\Delta\alpha$ tulee valoenergiaa $\Delta I/\Delta\alpha = 2I_0\pi b\Delta b//\Delta\alpha = 2I_0\pi b(d\alpha/db)^{-1}$; $\alpha(b)$ maksimikohdassa tämä arvo kasvaa hyvin suureksi]