

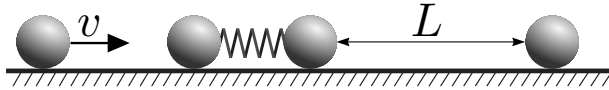
Eesti-Soome maavõistlus - 2008

1. Käsipaino (Dumbbell) (6 pistettä)

Kaksi täysin kimmoisaa samanlaista palloa, joiden massa on m , on yhdistetty käsipainon näköiseksi systeemiksi jousella, jonka jousivakio on k . Käsipaino on levossa liukkaalla vaakasuoralla pinnalla (kaikki kitkavoimat ovat mitättömän pieniä). Kolmas (edellä mainittujen pallojen kanssa samanlainen) pallo lähestyy käsipainoa sen pituusakselin suuntaisesti vasemmalta nopeudella v (kts. kuvio). Neljäs (myös edellä mainittujen pallojen kanssa samanlainen) pallo on paikallaan käsipainon akselilla käsipainon oikealla puolella.

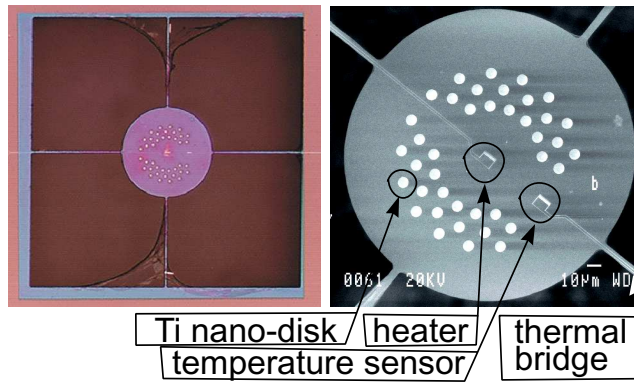
i) Mikä on käsipainon massakeskipisteen nopeus vasemmalta tulevan pallon törmättyä siihen?

ii) Mitkä ovat käsipainon ja siitä oikealla olevan pallon väliset etäisyydet L , kun oikealla olevan pallon loppunopeus on täsmälleen sama kuin vasemmalta tulevan pallon alkunopeus?



2. Mikrokalorimetri (8 pistettä)

Mikrokalorimetri on ohut ympyränmuotoinen piinitridikalvo. se on lämpöeristetty ympäristöstä muuten paitsi kohdista, missä se on termisesti yhdistetty piikiekkoon (wafer) neljällä ohuella ja kapealla lämpösillalla (kts. kuvio). Kalvon keskellä on pieni lämmitin ja rakenteeltaan samanlainen laite kalvon reunassa toimii lämpömittarina. Tätä mikrokalorimetriä käytetään tutkittaessa nanomittakaavan kokoisten Ti levyjen (näkyvät kuviossa vaaleina pieninä pisteinä). Lämmittimen lämmitysteho riippuu ajasta sinimuotoisesti, $P = P_0 \cos(\omega t)$ (negatiivinen teho tarkoittaa lämmön poistumista). Sinimuotoisesti muuttuva taajuus ω on riittävän matala niin että millä tahansa ajanhetkellä t mikrokalorimetrin lämpötila $T(t)$ voidaan olettaa olevan sama koko pinnan alueella ja lämpösilloilla lämpötila muuttuu lineaarisesti ajan mukana. Piikiekkoon (wafer), johon lämpösillat on kiinnitetty, on tarpeeksi suuri ja paksu, niin että sen lämpötilan T_0 voidaan olettaa säilyvän samana koko ajan. Kunkin neljän sillan pituus on L ja poikkipinta-ala S_j ; niiden lämmönjohtavuus on κ (lämpövuojaettuna pinta-alalla, kun lämpötilan lasku on 1°C yhden metrin matkalla). Mikrokalorimetrin lämpökapasiteetti (mukaan lukien Ti-levyt) on C .



i) Määritä mikrokalorimetrin ja piikiekon välinen lämpöresistanssi R (ts. lämpötilaeron ja lämpövuon suhde).

Kysymyksissä ii ja iii käytä suuretta R älä kysymyksen i vastauksena.

ii) Kirjoita mikrokalorimetrin lämpötasapainoyhtälö ja määritä mikrokalorimetrin lämpötila ajan $T(t)$ funktiona [etsi muotoa $T(t) = T_0 + \Delta T \sin(\omega t + \phi)$].

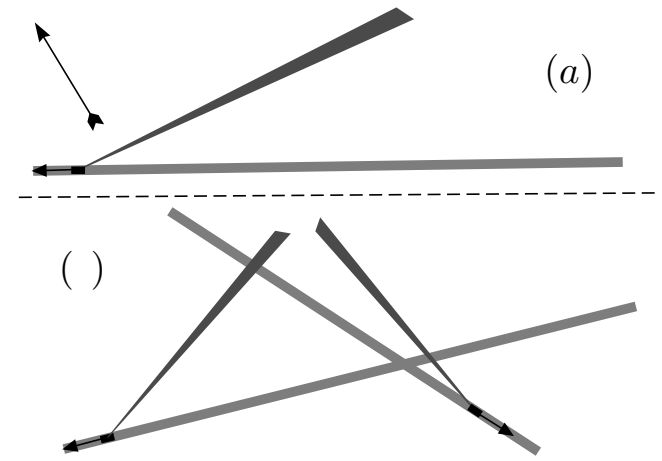
iii) Ti-nanolevyjen lämpöominaisuuksien tutkimiseksi lämpötilan $T(t)$ sinimuotoisten värähtelyjen amplitudin tulisi muuttua niin paljon kuin mahdollista mikrokalorimetrin lämpökapasiteetin C pienestäkin muutoksesta (minkä Ti-levyt aiheuttavat). Määritä tähän tarkoitukseen paras taajuus ω_0 .

iv) Alussa oletettiin, että lämpösilloilla lämpötila muuttuu lineaarisesti ajan mukana, ts. lämpösillojen lämpökapasiteetti oletettiin mitättömän pieneksi. Suurilla taajuuksilla $\omega \gtrsim \omega_c$ tämä ei pidä paikkaansa. Esitä kriittinen taajuus ω_c siltamateriaaliin liittyvien suureiden (lämmönjohtavuus κ , pituus L , ominaislämpökapasiteetti c ja tiheys ρ) avulla.

3. Traktori (6 pistettä)

Oheiset piirroksat (a) ja (b) on tehty satelliittikuvista niin, että mittakaava säilyy. Ne esittävät traktoreita savujälkineen. Traktorit liikkuvat maanteilla nuolen osoittamiin suuntiin. Kunkin traktorin nopeus oli $v_0 = 30 \text{ km/h}$. Piirroksessa (a) on lisäksi merkitty toisen nuolen avulla tuulen suunta. i) Mikä piirroksen mukaan on tuulen nopeus tapauksessa (a)?

ii) Mikä piirroksen mukaan on tuulen nopeus tapauksessa (b)?



4. Magneetikenttä (6 pistettä)

Magneetikenttä, jonka magneettivuon tiheys on B (z -akselin suuntaan), täyttää alueen $x^2 + y^2 < R^2$. Tarkastellaan elektronia, jonka nopeus on $v = RBe/m$, missä e on elektronin varaus ja m sen massa.

i) Piirrä sellaisen hiukkasen rata, joka lähtee levosta ja liikkuu pitkän suoraa $y = 0$ kohti magneetikentän täyttämää aluetta.

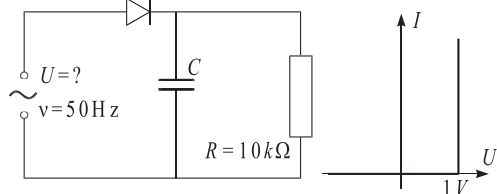
ii) Kuinka kauan elektroni on magneetikentässä?

iii) Seuraavaksi tarkastellaan tilannetta, että elektroni liikkuu aluksi pitkän suoraa $y = a$ ($a < R$). Määritä kulma α , jonka elektronin radan suunta on muuttunut elektronin kulkiessa magneetikentän läpi.

5. Pallo (10 pistettä)

Välineet: kaksi viivotinta, lasipallo, paperiarkki, tussi Määritä lasipallon ja viivotinten välinen kitkakerroin. Esitä tuloksesi vihearvio.

6. Laite (8 pistettä) Kuvassa näkyvässä piirissä on laite, jota voidaan kuvata $R = 10 \text{ k}\Omega$ vastuksella. Laitteeseen on syötettävä keskimäärin tasavirta $I = 2 \text{ mA}$. Tämä tuotetaan vaihtojännitteestä puoliaaltotasasuuntaavalla diodilla, jonka ominaiskäyrä (jännitehäviö-virtakäyrä) on myöskin kuvassa. Laite vaatii, että siihen syötettävä virta saa vaihdella jakson aikana enintään prosentin, eli $\Delta I/I < 1\%$.



- i) Mikä on diodilla jakson aikana vapautuva keskimääräinen teho?
- ii) Mikä on syötettävän vaihtojännitteen amplitudi, jotta laite saa halutun virran?
- iii) Millainen kondensaattorin kapasitanssin on oltava?
- iv) Millainen keskimääräinen teho diodissa vapautuu ensimmäisen jakson aikana, kun piiri kytketään rakentamisen jälkeen ensimmäisen kerran päälle?

7. Elektroni (5 pistettä) Elektroni on levossa origossa. Hetkellä $t = 0$ sähkökenttä kytkeytyy päälle. Sähkökentän tiheyden itseisarvo on vakio E_0 , mutta kentän suunta kiertyy vakiokulmanopeudella? (x,y) -tasossa. Hetkellä $t = 0$ kenttä on x -akselin suuntainen.

- i) Mikä on elektronin keskinopeus pitkällä aikavälillä, joka alkaa hetkellä $t > 0$?
- ii) Piirrä luonnos elektronin radasta ja laske sen geometriset ominaisuudet.

8. Savu (6 pistettä) Maan pinnalla on märkää puuta palamassa nuotiossa. Seitsemän metriä maanpinnan yläpuolella savun lämpötila on $t_7 = 40^\circ \text{C}$. Jätä huomiotta savun ja ilman välinen lämmönvaihto. Oleta, että maanpinnalla vallitsee, ajasta riippumaton, $1\,000 \text{ hPa}$ vakiopaine ja korkeudesta riippumaton $t_0 = 20^\circ \text{C}$ vakiolämpötila. Oleta, että savukaasu on ideaalikaasua, jonka moolimassa on $\mu = 29 \text{ g/mol}$ ja vakioilavuuden moolinen ominaislämpökapasiteetti $C_V = 1,45R$. Kuinka korkealle savupatas nousee?

9. Asteroidi (7 pistettä)

Uskotaan, että asteroidien törmäyksillä Maahan on ollut merkittäviä vaikutuksia Maan historiassa. Tämä tehtävä käsittelee tällaista törmäystä. Esimerkkinä käytetään Apollo asteroidin ratatie-toja. Sen lyhin etäisyys Auringosta (perihelion) on $0,65 \text{ AU}$, ts. lyhin etäisyys $r_1 = \beta R$, missä $\beta = 0,65$ ja R on Maan radan säde; sen suurin etäisyys Auringosta (aphelion) on $2,3 \text{ ts. } r_2 = \alpha R$,

missä $\alpha = 2,3$. Laskuissa voit käyttää arvoja: Maan ratanopeus $v_0 = 30 \text{ km/h}$; Maan säde $R_0 = 6400 \text{ km}$ ja putoamiskiihtyvyyden Maan pinnalla $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Voit myös käyttää yhtälöä $E = -GmM/2a$, missä E on kappaleen (massa m) kokonaisenergia, kun tämä kappale liikkuu paljon raskaamman kappaleen (M) gravitaatiokentässä elliptisellä radalla, jonka pitempi puoliakseli on a . Voit olettaa, että Maan ja asteroidin ratatasot yhtyvät ja että Maa ja asteroidi kiertävät samaan suuntaan Auringon ympäri.

- i) Mikä on asteroidin nopeus v lähellä Maata Auringon referenssisysteemissä, kun Maan vetovoimaa ei oteta huomioon.
- ii) Määritä tämän nopeuden radiaalinen ja tangentialinen komponentti v_r ja v_t (v_r on samansuuntainen ja v_t kohtisuorassa Auringon keskipisteestä asteroidin senhetkiseen paikkaan piirrettyyn vektoriin nähden).
- iii) Määritä vastaavat nopeuskomponentit u_r ja u_t Maa referenssisysteeminä.
- iv) Määritä asteroidin nopeus w juuri ennen kun se saapuu Maan ilmakehään (korkeudelle $h = 100 \text{ km}$ Maan pinnasta).

10. Lasilevy (10 pistettä) Välineet: Laserosoitin, ohut lasilevy ($\lambda = 650 \text{ nm}$), linssi, viivoitin. Huom! Lasilevy on jalustalla eikä siihen kannata koskea, sillä se on särkyvä ja sen reunat teräviä. Mittaa levyn paksuus ja arvioi tuloksesi epätarkkuus. Piirrä kuva koejärjestelystäsi.