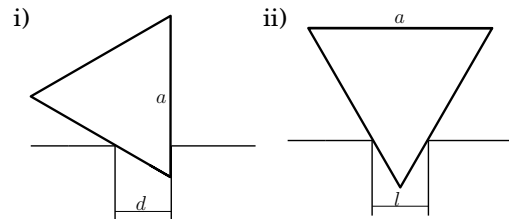


Suomalais-virolaiset Fysiikkaolympialaiset 2013

1. PRISMA (8 pistettä)

i) (4 pistettä) Lieriöprisma, jonka pohja on muodoltaan tasasivuinen kolmio (sivun pituus a), asetetaan kahden pöydän väliseen vaakasuoraan tasalevyiseen rakoon kuvan mukaiseen asentoon, jossa prisman yksi sivu on pystysuorassa. Kuinka pieni saa raon leveys d olla, jotta prisma ei kaadu? Pöydän ja prisman välinen kitka on pieni ja prisma on homogeeninen.

ii) (4 pistettä) Prisma asetetaan rakoon uudelleen toisen kuvan mukaisesti siten, että yksi sen sivuista on vaakasuorassa. Kuinka pieni saa raon leveys l nyt olla, ennen kuin prisman asento tulee epästabiiliksi?



2. KÄNNYKKÄKAMERA (6 pistettä) Valokuvaaja tarkensi kameransa etäisyydelle L ja otti kuvan. Kuvassa myös kaikki tarkennuspistettä kaukaisemmatkin esineet näyttivät yllättäen teräviltä. Myös kaikki lähempänä olevat esineet etäisyydelle s asti olivat

teräviä.

i) (4 pistettä) Mikä on pienin mahdollinen L ?

ii) (2 pistettä) Löydä sitä vastaava s .

Taustaa Määrittelemme pistemäisen kappaleen kuvan olevan terävä, jos sen kuva kennolla on pienempi kuin yksi kuvapiste (pikseli). Muutoin kuva on epäterävä. Kameran linssiä voidaan pitää kuperana linssinä. Kamera tarkennetaan linssin ja kennon välimatkaa muuttamalla.

Parametrit Lasketaan arvot erälle kameranokkelle. Sen kameraselän polttoväli on $f = 4,3\text{ mm}$ ja linssin läpimitta $D = 1,8\text{ mm}$. Kennon on $w = 4,6\text{ mm}$ leveä, joka vastaa $N = 3264$ kuvapistettä.

3. MARSLENTO (7 pistettä) Ryhmä astronautteja lähetetään tutkimaan Marsin napal alueita hautautuneen vesijään toivossa. Heidän avaruusaluksensa lähetetään Marsiin pitkin elliptistä siirtorataa, joka sivuaa molempien planeettojen ratoja. Huonoista puolistaan huolimatta rata on suosittu sen taloudellisuuden vuoksi. Tulevaisuuden Marslennot tulevat todennäköisesti käyttämään tätä rataa, jonka ominaisuuksiin tutustutaan tässä tehtävässä.

Marsin radan keskimääräinen säde on $R_a = 1,52\text{ AU}$. Maan radan keskisäde on $R_g = 1\text{ AU} = 149\,600\,000\text{ km}$. Marsin säde on $r_a = 3397\text{ km}$ ja putomiskiihtyvyyden $g_a = 3,71\text{ m/s}^2$. Maan säde on $r_g = 6371\text{ km}$.

i) (1 piste) Mikä on Marsin kiertoaika T_a , eli Marsin vuoden pituus Maan vuosissa.

ii) (1,5 pistettä) Kuinka kauan (t_t) kestää yksisuuntainen matka Marsiin?

iii) (1,5 pistettä) Avaruusalus ammutaan pohjoisnavalta siirtoradalle voimakkaalla rakettilla. Polttoainetaloudellisesti on viisasta polttaa polttoaine lyhyessä ajassa Maan läheisyydessä. Kuinka paljon lisää nopeutta (Δv_1) raketin täytyy pystyä antamaan alukselle? Ilmanvastus jätetään huomiotta.

iv) (1,5 pistettä) Arvioi Δv_2 , joka tarvitaan aluksen saamiseksi ympyräradalle lähelle Marsin pintaa.

v) (1,5 pistettä) Mikä on edestakaisen Marsmatkan minimikesto?

4. MAGNEETTIDIPOLI (7 pistettä) Käsitellään seuraavanlaista mallia magneettidipolille. Ideaalisesta johteesta valmistettu lanka on taivutettu neliöksi, jonka sivujen pituus on a . Jossain kohtaa lankaa on ideaalinen virtalähde, joka ylläpitää johdossa virtaa I . Tasosilmukan magneettinen momentti m saadaan kaavalla $m = IA$, missä vektori \vec{m} on kohtisuorassa silmukan tasoon nähden oikean käden säännön mukaisesti. (A on silmukan sisäänsä sulkema pinta-ala).

i) (3 pistettä) Dipoli laitetaan homogeeniseen magneettikenttään \vec{B} siten, että vektoreiden \vec{m} ja \vec{B} välinen kulma on θ . Löydä kulmat θ_s ja θ_u , jotka vastaavat stabiileja ja

epästabiileja tasapainotiloja. Laske työ (w), joka tehdään käännettäessä dipoli kulmasta θ_s kulmaan θ_u . Anna tulos suureiden m ja B avulla.

Tätä mallia voidaan käyttää laskettaessa pariumattomia elektroneja sisältävien aineiden magneettisia ominaisuuksia. Käsitellään ainetta jossa on n kappaletta pariumattomia elektroneja tilavuusyksikköä kohden. Elektronien välinen vuorovaikutus on hyvin heikko ja voidaan jättää huomiotta. Aine asetetaan homogeeniseen magneettikenttään, jonka voimakkuus on \vec{B} . Spininsä asiosta jokainen elektroni käyttäytyy kuten pieni magneettidipoli. Kvanttimekaanisten syiden takia elektronin magneettinen momentti vektorin \vec{B} suunnassa voi kuitenkin olla vain joko μ_B tai $-\mu_B$ (μ_B on niin kutsuttu Bohrin magnetoni).

ii) (4 pistettä) Laske M , aineen magneettinen momentti tilavuusyksikköä kohden. Lämpötila on T ja ulkoinen magneettikenttä B .

5. NARUN KITKAKERROIN (8 pistettä) Mittaa liikekitkakerroin μ_1 kuulakärkikynän ja narun välillä ja arvioi tuloksen virhe. Saman narun ja annetun lyijykynän välinen kitkakerroin on $\mu_2 = 0,20 \pm 0,01$, mikä saattaa auttaa mittauksessa.

Välineet: Jousivaaka, naru, kuulakärkikynä, lyijykynä ja paino.

Suomalais-virolaiset Fysiikkaolympialaiset 2013

6. PALLO JA SYLINTERI (7 pistettä) Pallo ja sylinteri ovat kaltevalla tasolla jonka kaltevuuskulma on α . Molempien massa on m ja säde r . Kappaleet päästetään liikkeelle samalta korkeudelta H . Pallon hitausmomentti on $I_{\text{sph}} = \frac{2}{5}mr^2$ ja sylinterin $I_{\text{cyl}} = \frac{1}{2}mr^2$. Kappaleiden ja pinnan välinen kitkakerroin on μ .

i) (2 pistettä) Kumpi kappaleista tulee alas nopeammin? Kuinka paljon suhteessa hitaampi kappale jää jälkeen; määritä suure $\gamma = (t_2 - t_1)/t_1$. Aika t_1 on nopeamman kappaleen putoamisaika ja t_2 hitaamman kappaleen putoamisaika. Oletetaan että kappaleet vierivät liukumatta.

ii) (2,5 pistettä) Määritä pienin mahdollinen kaltevuuskulma α_0 jolla sylinteri lakaa vierimisen lisäksi liukumaan.

iii) (2,5 pistettä) Jos $\alpha \rightarrow 90^\circ$ kappaleet selvästi menettävät kosketuksen pintaan ja putoavat vapaasti yhtä nopeasti. Mikä on pienin kaltevuuskulma α_m jolla pallo ja sylinteri tulevat alas yhtä nopeasti?

7. POLTTOLINSSI (7 pistettä) Auringon säteitä kerätään linssillä jonka halkaisija on $d = 10\text{cm}$ ja polttoväli $f = 7\text{cm}$ mustalle ohuelle levyille, jonka takana on peili. Aurignon kulmaläpimitta on $\alpha = 32'$ ja sen säteilyn intensiteetti maan pinnalla $I = 1000\text{W/m}^2$. Stefan-Boltzmannin vakio on $\sigma = 5,670 \times 10^{-8}\text{W/(m}^2\text{K}^4)$.

i) (4 pistettä) Mihin lämpötilaan lämmitettävä levyn piste lämpiää?

ii) (3 pistettä) Käyttäen termodynaamisia perusteluja arvioi suurin mahdollinen linsin halkaisija, jonka kanssa tämä malli on pätevä.

8. ZENERDIODI (7 pistettä) Kela jonka induktanssi on L ja kondensaattori jonka kapasitanssi on C on kytketty sarjaan kytkimen kanssa. Kytkin on aluksi auki ja kondensaattoriin on varattu varaus q_0 . Kytkin suljetaan.

i) (1 piste) Määritä kondensaattorin varaus q ja piirin virta I ajan funktiona. Piirrä järjestelmän faasidiagrammi – systeemin aika-kehitys $I - q$ kuvaajana – ja merkitse kuvaajaan tarpeelliset arvot ja järjestelmän kehityssuunta nuolilla.

Zenerdiodi on epälineaarinen komponentti joka toimii kaksisuuntaisena diodina: se päästää virtaa läpi positiiviseen suuntaan kun päästösuuntainen jännite ylittää tietyn kynnsarvon. Lisäksi se päästää virtaa vastakkaiseen suuntaan kun sen yli on tarpeeksi suuri estosuuntainen jännite. Tavallisesti kaksi jänniteskaalaa ovat selvästi erilaiset, mutta tässä tarkastelemme Zenerdiodia jolla on seuraavat ominaisuudet: päästösuuntaiselle virralle diodin jännite on V_d , estosuuntaiselle virralle diodin jännite on $-V_d$ ja nollavirralle jännite on välillä $-V_d < V < V_d$.

Induktanssin L ja kapasitanssin C kanssa sarjaan kytketään nyt Zenerdiodi ja kyt-

kin, joka on aluksi auki. Kondensaattori varataan aluksi varauksella $q_0 > CV_d$ ja tämän jälkeen kytkin suljetaan.

ii) (2 pistettä) Piirrä järjestelmän faasidiagrammi. Ilmaise kuvaajassa järjestelmän kehityssuunta nuolilla.

iii) (2 pistettä) Pysähtyykö järjestelmän kehitys välttämättä arvoon $q = 0$? Määritä ne q :n arvot joilla järjestelmän kehitys välttämättä pysähtyy.

iv) (2 pistettä) Määritä kondensaattorin varauksen q suurimman positiivisen arvon pudotus Δq yhden kokonaisen oskillaation aikana. Kuinka kauan kuluu siihen että oskillaatiot lakkaavat?

9. LASISYLINTERI (7 pistettä) Oheisessa kuvassa näkyy lasista valmistettu puolikas sylinteri joka on asetettu raidallisen paperin päälle. Raitojen välinen etäisyys on kaikkialla sama. Määritä lasin taitekerroin.

10. LÄMMITYSVASTUS (8 pistettä) Määritä resistanssi. Virhearviointia ei tarvita.

Laitteisto: Vastus, jännitelähde (paristot), virtamittari, kalorimetri, lämpömittari, sekuntikello.

Kalorimetrissä on $V = 0,80\text{dl}$ vettä ja $m_a = 27\text{g}$ alumiinia. Alumiinin ominaislämpökapasiteetti on $c_a = 0,90\text{J/(K}\cdot\text{g)}$ ja veden $c_w = 4,2\text{J/(K}\cdot\text{g)}$. Paristojen sisäinen resistanssi vaihtelee. Paristot saattavat myös tyhjentyä, varaparistoja on saatavilla.

