

Estonian-Finnish Olympiad - 2010

1. Hiukkaset sähkökentässä (8 points) Kaksi hiukkasta (punainen ja sininen), joiden massa on m ja varaus q ($q > 0$), kytketään yhteen jousella, jonka lepopituus on L ja jousivakio k . Alueessa $x > 0$ on homogeeninen sähkökenttä E , joka on x -akselille vastakkaisuuntainen. Alueessa $x < 0$ ei ole kenttää. Varaussysteemi liikkuu aluksi alueella $x < 0$ x -akselin suuntaisella nopeudella v . Jousi on tällöin x -akselin suuntainen ja lepopituudessaan. Hetken kuluttua systeemin havaitaan liikkuvan alueella $x < 0$ nopeudella $-v$. Lisäksi tiedetään, että punainen hiukkanen ei ole vierailut alueella $x > 0$ ja jousi on saavuttanut minimipituutensa vain keran.

i) (2,5 pt) Kuinka pitkän ajan sininen hiukkanen viettää alueella $x > 0$?

Prosessi tapahtuu täsmälleen edellä kuvatusti, jos eräs yhtälö ja epäyhtälö ovat voimassa suureille m, v, k, q, E ja L .

ii) (3 pt) Minkä yhtälön täytyy päteä?

iii) (2,5 pt) Minkä epäyhtälön täytyy päteä?

2. Termospullo (6 points) Termospullon lämpöominaisuuksien tarkastelemiseksi on hyödyllistä mallintaa se kahdeksi sisäkkäiseksi palloksi, joiden säteet ovat $R_1 = 7$ cm ja $R_2 = 10$ cm. Sisäkkäisten seinien välisessä tilassa on tyhjiö, joten lämmönjohtavuutta ei tarvitse ottaa huomioon.

i) (3,5 pt) Mikä on pullojen seinien välinen, säteilyn aiheuttama lämpövoima (ts. yhdessä aikayksikössä siirtynyt lämpö), kun ulkoinen lämpötila on $T_2 = 293$ K ja termospullon sisus on täytetty nestemäisellä tyypellä kiehumislämpötilassaan $T_1 = 77$ K. Kaikki pinnat ovat ruostumatonta terästä, jonka emissiviteetti on $\varepsilon = 0.1$. *Huomaa:* Lämpövoima pinta-alaa kohti P on Stefan-Boltzmannin lain mukaisesti $P = \varepsilon\sigma T^4$, missä $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴ (oletetaan, että ε ei riipu säteilyn aallonpituudesta).

ii) (2,5 pt) Arvioi, kuinka kauan kuluu kaiken nestetyypen höyrystymiseen (typpihöyry pääsee ulos ylipaineventtiilistä). Nestemäisen tyypin tiheys on $\rho = 810$ g/l ja höyrystymislämpö $\lambda = 5.580$ kJ/mol). *Huomaa:* Jos et saanut ratkaistua lauseketta P :lle (kysymys i), esitä tässä haihtumisajalle lauseke käyttäen symbolia P .

3. Tyrannosaurus Rex (6 points) Paleontologit ovat löytäneet tyrannosauruksen jäljet, joissa saman jalan jalanjäljet ovat $A = 4.0$ metrin päässä toisistaan. He ovat myös löytäneet palan dinosauruksen reisiluuta, jonka poikkileikkauksen pinta-ala on $N = 10\,000$ kertaa suurempi kuin kanan (joka on tyrannosauruksen lähisukulainen) reisiluussa.

i) (3 pt) Kun kanan jalka on suunnilleen $l = 15$ cm pitkä, arvioi tyrannosauruksen jalan pituus L . Voit olettaa, että jalan pi-

tuus skaalautuu samassa suhteessa kuin koko eläimen pituus, ja että luun lujuus (voima pinta-alaa kohtaan) on sama molemmille eläimille. Onko tulos järkevä askelpituuteen A nähden?

ii) (3 pt) Arvioi tyrannosauruksen luontaista kävelynopeutta olettamalla, että kävellessä jalan liike on vapaata heiluriliikettä. Kirjoita selkeästi näkyviin laskua varten tekemäsi oletukset.

4. Kuula (6 points) Kuulaa, jonka massa on $M = 100$ kg, yrittään vierittää ylös seinää työntämällä sitä voimalla F pisteestä P pallon pinnalla. Kitkakerroin pallon ja seinän välissä on $\mu = 0.7$

i) (5 pt) Mikä on pienin voima F_{min} , jolla vierittäminen onnistuu?

ii) (1 pt) Piirrä kuva tilanteesta sivulta päin kuvattuna ja konstruoi geometrisesti piste P ja voiman suunta.

5. Kumilanka (10 points) Välineet: viivain, sulkija, elastinen lanka, puusauva, tussi, tunnettu paino.

Tehtävän tarkoituksena on tutkia kumilangan elastisuutta suurilla suhteellisilla venymillä $\varepsilon = (l - l_0)/l_0$, missä l_0 ja l ovat pituudet alkutilassa ja venyneenä. Jos Hooken laki pitäisi paikkansa, niin suhde F/ε elastiselle voimalle F ja ε :lle olisi vakio: $F/\varepsilon = SE$, missä S on langan poikkileikkauspinta-ala ja E kimmokerroin (Youngin moduuli) langan materiaalille.

i) Tee mittaukset ja kerää tarvittavat tulokset piirtääksesi suhteen F/ε suhteellisen venymän ε funktiona, n. arvoon $\varepsilon \approx 4$ saakka. Esitä kuvaajassa myös mittauspisteiden virheet.

ii) Olettaen, että kimmokerroin $E = F/S\varepsilon$ pysyy vakiona, määritä, miten langan tilavuus riippuu ε :sta. Piirrä tätä kuvaava kuvaaja.

6. Varaukset magneettikentässä (5 points) Alueessa $x > 0$ on homogeeninen z -akselin suuntainen magneettikenttä, jonka voimakkuus on B . Alueessa $x < 0$ ei ole kenttää. Oletetaan kaksi hiukkasta, joiden molempien massa on m ja varaus q . Hiukkaset ovat aluksi pisteissä $x_1 = -L_0$, $x_2 = -2L_0$ ja $y = z = 0$, missä $L_0 > 0$. Molempien hiukkasten x -suuntainen alkunopeus on v magneettikenttää kohti. Hiukkasten välisen sähköstaattisen poistovoiman voi jättää huomiotta.

i) (1,5 pt) Luonnostelee ensimmäisen hiukkasen rata ja sen y -koordinaatin aikariippuvuus.

ii) (3,5 pt) Luonnostelee etäisyys L ajan funktiona, kun oletetaan, että $\pi m v / B q > L$. Mikä on pienin etäisyys L_{min} ?

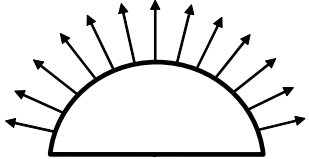
7. Satelliitti (5 points)

i) (3 pt) Pallo, jonka massa on m_1 on korkeudella h lattiasta. (pallon keskipisteen korkeus on siis $h + d/2$, missä d on pallon halkaisija). Pieni pallo, jonka massa on m_2 asetetaan ison pallon päälle, ja systeemi pudotetaan lattialle. Mille korkeudelle lattiasta pieni pallo pomppaa, jos oletetaan täysin kimmoiset törmäykset ja pallojen massoille pätee $m_1 \gg m_2$?

ii) (2 pt) Oletetaan seuraava suunnitelma satelliitin laukaisemiseksi. Pinotaan N täysin kimmoisaa palloa, joiden massat ovat $m_1 \gg m_2 \gg \dots \gg m_N$ (painavin asetetaan alimmaksi, sen päälle toiseksi painavin ja niin edelleen). Ylin pallo on haluttu satelliitti, jolle halutaan nopeus $v_N = 7.8$ km/s. Alin pallo on korkeudella $h = 1$ m lattiasta kun systeemi päästetään irti. Mikä on tarvittava pallojen määrä N ? Kuinka suuri on alimman pallon massan oltava, jos $m_i / m_{i+1} = 10$, ja satelliitin massa on $M_N = 1$ kg?

8. Kastelulaite (3 points)

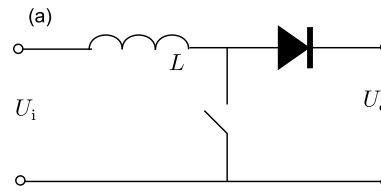
Kastelulaite koostuu puolipallosta, jonka kaarevaan pintaan on porattu pieniä reikiä. Näistä pienistä rei'istä vesi suihkuaa nopeudella $v = 10$ m/s. Kastelulaitteen lähellä vesisuihkut ovat tasaisesti jakautuneet kaikkiin ylemmän puoliavaruuden suuntiin. Kastelulaite on maan tasalla litteä puoli vaakatasossa maahan päin. Ilmanvastus voidaan jättää huomiotta tässä tehtävässä ja kastelulaitteen koko olettaa pieneksi.



i) (1,5 pt) Mikä on kastelulaitteen kastelema pinta-ala?

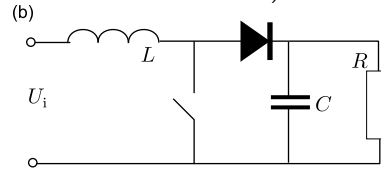
ii) (1,5 pt) Millä etäisyydellä sprinkleristä kastelu on runsainta?

9. Muuntaja (6 points)



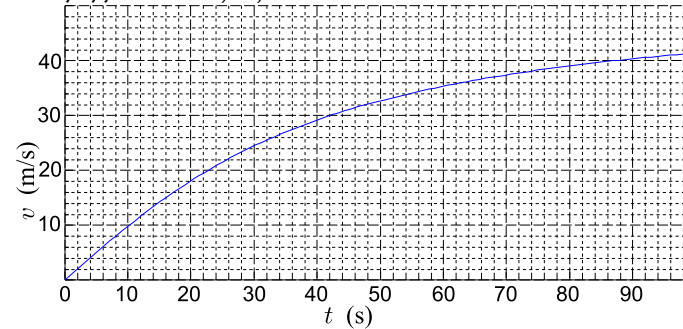
i) (2 pt) Käsitellään kuvan (a) virtapiiriä, missä diodi oletetaan ideaaliseksi (sillä on siis päästösuuntaan mitätön resistanssi ja estosuuntaan ääretön resistanssi). Kytkin suljetaan ajaksi τ_c ja sitten avataan jälleen. Piiriin syötettävä ja ulostuleva jännite ovat koko tapahtuman ajan vakiot ja suuruudeltaan U_i ja U_o , missä $(2U_i < U_o)$. Piirrä ulostulevan ja sisään menevän virran kuvaajat ajan funktiona.

ii) (2 pt) Oletetaan, että kytkintä suljetaan ja avataan jaksollisesti. Joka kerralla kytkintä pidetään suljettuna aika τ_c ja avoinna aika τ_c . Mikä on keskimääräinen ulostulojännite.



iii) (2 pt) Piiri korvataan piirillä (b) ja kytkintä suljetaan ja avataan kuten edellä. Mikä on jännite vastuksen R yli, kun tasapainotila on saavutettu? Voit olettaa, että $\tau_c \ll RC$, eli jännitteen vaihtelu vastuksessa ja kondensaattorissa on mitätön yhden syklin aikana (kondensaattorin varauksella ei ole aikaa muuttua merkittävästi).

10. Jääralli (7 points) Auto kiihdyttää liukkaalla tiellä siten, että sen pyörät ovat koko ajan juuri ja juuri liukumattomat. Tällaisen kiihtyvyyden kuvaaja ajan funktiona on annettu kuvassa.



i) (2 pt) Mikä on lepokitkakerroin, jos oletetaan auton olevan nelivetoinen?

Koska autossa on käsivalintainen vaihteisto, vaihteenvaihdon aikana auto hidastuu ilmanvastuksen vaikutuksesta. Vaihto kestää ajan $\tau_1 = 0.5$ s. Tätä ajanjaksoa lukuun ottamatta auton kiihty-

vyys on annetun käyrän mukainen. Tämän seurauksena loppunopeus $v_t = 40$ m/s saavutetaan $\tau_2 = 1$ s myöhemmin kuin ilman vaihteenvaihtoa. Kun loppunopeus on saavutettu, auto liikkuu tasaisella nopeudella. Voit laskussasi olettaa, että ilmanvastus on vakio vaihteenvaihdon aikana.

ii) (2,5 pt) Missä nopeudessa vaihteenvaihto tapahtui?

iii) (2,5 pt) Kuinka monta metriä lyhyempi etäisyys kuljetaan ensimmäisen 100 sekunnin aikana vaihteenvaihdosta johtuen? (eli vaihteenvaihdolla häiritty kiihdytys ideaalikiihdytykseen verrattuna)

11. Musta laatikko (10 points) Välineet: musta laatikko, yleismittari, paristo, kello (valkokankaalla) Määritä mustan laatikon sisältämä kytkentä ja sen sisältämien vastusten resistanssi. Arvioi muiden komponenttien arvojen suuruus. Laatikko sisältää johdinten lisäksi kolme komponenttia.