LUKION FYSIIKKAKILPAILU 4.11.2014

PERUSSARJA

Kirjoita tekstaten koepaperiin
oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.
Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.
Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

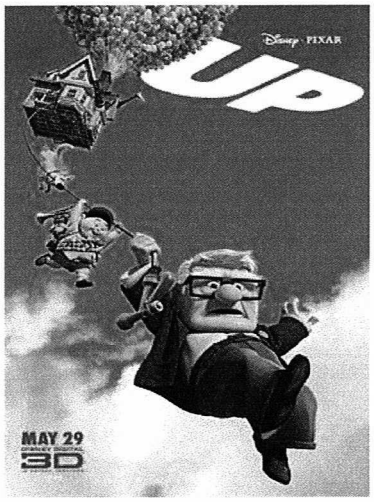
Graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaaja voidaan laatia (millimetri)paperille ja ratkaista siitä tarvittaessa kuvaajan yhtälö. Vaihtoehtoisesti graafinen esitys voidaan tehdä graafisella tai symbolisella laskimella. Tällöin vastauksessa esitetään periaatekuva, josta käy ilmi, mitä suureita akseleilla on ja minkä muotoinen kuvaaja on sekä tarvittaessa annetaan laskimen ilmoittama kuvaajan yhtälö yksiköineen.

1. Ota perustellen kantaa seuraaviin Aurinkokuntaa käsitteleviin väitteisiin.

   a) Planeettojen välisessä avaruudessa ei ole painovoimaa.
   b) Planeettoja ei voi nähdä paljain silmin.
   c) Aurinkokunta sisältää useita tähtiä.
   d) Täydellinen auringonpimennys näkyy yhtä aikaa maapallon koko päivänpuolella.
   e) Auringon säteilyenergian sanotaan syntyvän siitä, että vety palaa Auringon ytimessä. Aurinko siis muuttuu hiljalleen vedeksi.
   f) Eteläisellä pallonpuoliskolla Aurinko nousee lännestä ja laskee itään.

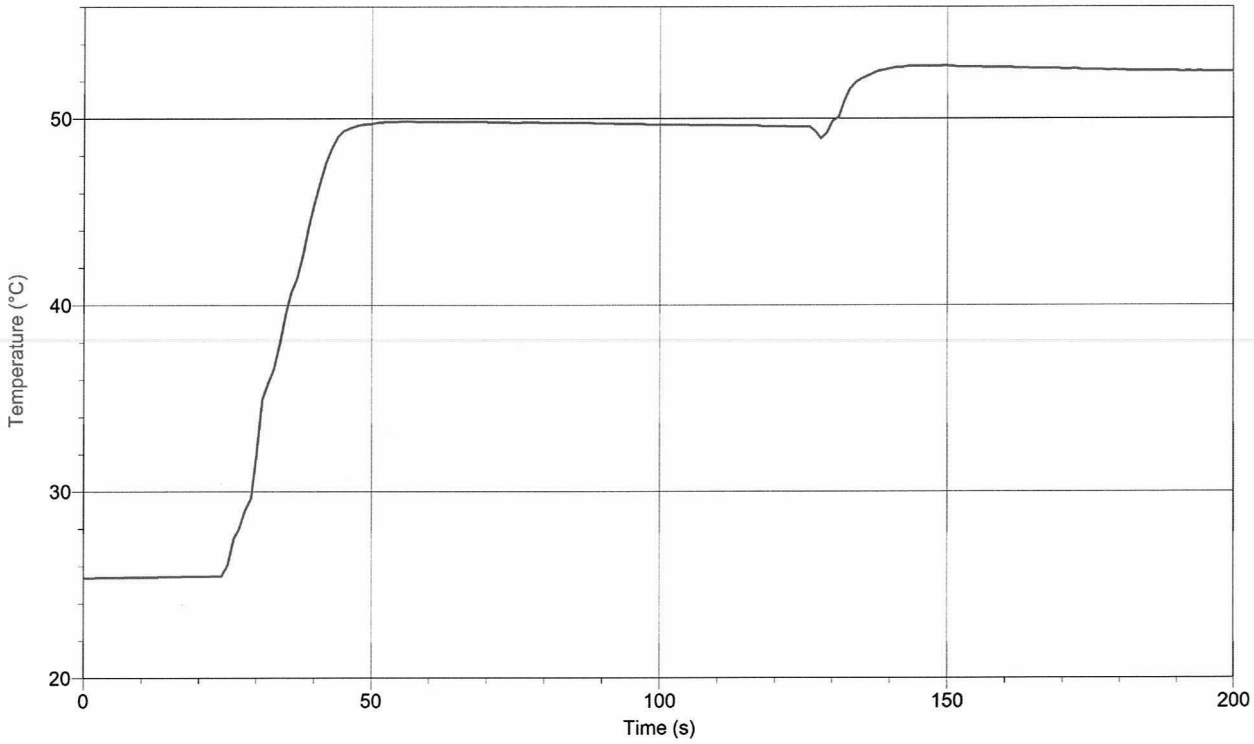
2. Disneyn animaatioelokuvassa "Up - kohti korkeuksia" 78-vuotias ilmapallokauppias Carl Fredricksen kytkee taloonsa niin paljon ilmapalloja, että se kohoaa korkeuksiin.

   Pohdi suunnitelman realistisuutta ja laske kuinka monta ilmapalloa tällaiseen operaatioon tarvittaisiin. Laskemista varten tehdään seuraavat oletukset:
   - omakotitalon massa on 30 000 kg,
   - yhden heliumtäytteisen ilmapallon tilavuus on 10 litraa ja yhden pallon kiinteän materiaalin massa on 2,0 g,
   - Ilman tiheys on 1,3 kg/m^3 ja heliumin 0,18 kg/m^3.



http://fi.wikipedia.org/wiki/Up_%E2%80%93_kohti_korkeuksia

3. Termosastiassa oli 112 g vettä. Astiaan lisättiin ensin 70 g kiehuvaa vettä ja sitten kiehuvasta vedestä otettu metallikappale, jonka massa oli 170 g. Oheinen kuvaaja esittää termosastian kannen läpi työnnetyn lämpömittarin lukemaa.
   a) Laske termosastian lämpökapasiteetti.
   b) Laske metallin ominaislämpökapasiteetti.



4. Kun koeputken avoimeen päähän puhalletaan sivusuunnasta, syntyy koeputkeen seisova aalto äänen heijastuessa koeputken pohjasta. Äänen korkeus muuttuu, kun koeputkeen lisätään vettä. Eräässä mittauksessa tutkittiin koeputkeen syntyvän äänen perustaajuutta. Äänen taajuus mitattiin tietokoneeseen liitetyllä mikrofonilla ja koeputken ilmatilan korkeus mitattiin viivoittimella, jolloin saatiin oheiset tulokset.

ilmatilan korkeus (m)	0,060	0,080	0,100	0,120	0,150
taajuus (Hz)	1266	990	813	676	556

Koeputkeen syntyvän äänen kupukohta on hieman koeputken reunan ulkopuolella. Määritä sopivaa graafista esitystä käyttäen tämän kupukohdan etäisyys putken suusta sekä äänen nopeus ilmassa. Pohdi, miksi määritetty äänen nopeus poikkeaa nopeudesta huoneilman lämpötilassa.

LUKION FYSIIKKAKILPAILU 4.11.2014

PERUSSARJA

Kirjoita tekstaten koepaperiin
oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.
Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.
Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

Graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaaja voidaan laatia (millimetri)paperille ja ratkaista siitä tarvittaessa kuvaajan yhtälö. Vaihtoehtoisesti graafinen esitys voidaan tehdä graafisella tai symbolisella laskimella. Tällöin vastauksessa esitetään periaatekuva, josta käy ilmi, mitä suureita akseleilla on ja minkä muotoinen kuvaaja on sekä tarvittaessa annetaan laskimen ilmoittama kuvaajan yhtälö yksiköineen.

1. Ota perustellen kantaa seuraaviin Aurinkokuntaa käsitteleviin väitteisiin.

   a) Planeettojen välisessä avaruudessa ei ole painovoimaa.
   b) Planeettoja ei voi nähdä paljain silmin.
   c) Aurinkokunta sisältää useita tähtiä.
   d) Täydellinen auringonpimennys näkyy yhtä aikaa maapallon koko päivänpuolella.
   e) Auringon säteilyenergian sanotaan syntyvän siitä, että vety palaa Auringon ytimessä. Aurinko siis muuttuu hiljalleen vedeksi.
   f) Eteläisellä pallonpuoliskolla Aurinko nousee lännestä ja laskee itään.

ratkaisu

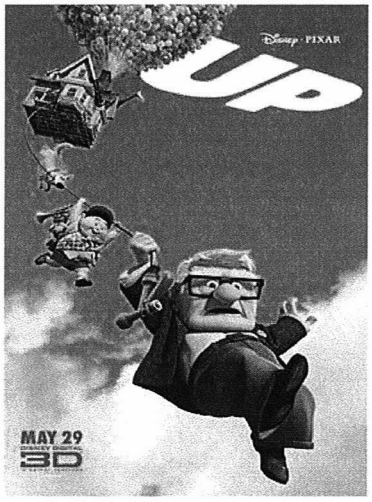
a) Väärin. Planeettojen välisessä avaruudessa on vallitsevana Auringon painovoima.
b) Väärin. Venus, Mars, Jupiter ja Saturnus näkyvät hyvin, Merkurius vaikeammin.
c) Väärin. Aurinkokunta sisältää vain yhden tähden, Auringon.
d) Väärin. Auringonpimennys on täydellinen noin 100 kilometriä leveällä vyöhykkeellä ja näkyy tietyllä paikkakunnalla vain muutamia minuutteja.
e) Väärin. Auringon vety muuttuu fuusioreaktiossa heliumiksi. Palaminen ei tarkoita tässä yhteydessä vedyn yhtymistä happeen.
f) Väärin. Aurinko nousee myös eteläisellä pallonpuoliskolla idästä, koska Auringon nousun ilmansuunnan määrää yksinomaan maapallon pyörimissuunta.

pisteytys: Kukin kohta 1p. Oikea vastaus, mutta ei perusteluita tai perustelu puutteellinen ½ p. Perustelu täysin väärä 0p.

2. Disneyn animaatioelokuvassa "Up - kohti korkeuksia" 78-vuotias ilmapallokauppias Carl Fredricksen kytkee taloonsa niin paljon ilmapalloja, että se kohoaa korkeuksiin.

Pohdi suunnitelman realistisuutta ja laske kuinka monta ilmapalloa tällaiseen operaatioon tarvittaisiin. Laskemista varten tehdään seuraavat oletukset:

- omakotitalon massa on 30 000 kg,
- yhden heliumtäytteisen ilmapallon tilavuus on 10 litraa ja yhden pallon kiinteän materiaalin massa on 2,0 g,
- Ilman tiheys on 1,3 kg/m^3 ja heliumin 0,18 kg/m^3.

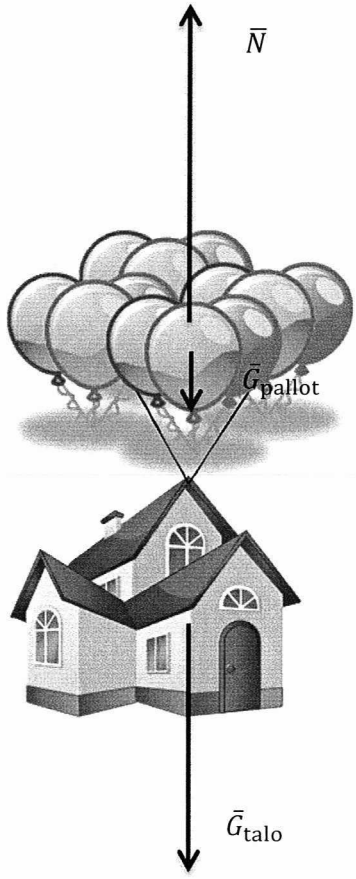


http://fi.wikipedia.org/wiki/Up_%E2%80%93_kohti_korkeuksia

ratkaisu:

Talo nousee, jos pallojen noste on suurempi kuin pallojen ja talon yhteenlaskettu paino. Rajatapauksessa talon ja pallojen paino on yhtä suuri kuin pallojen noste.

$$\sum \bar{F} = \bar{0} \Rightarrow \bar{N} + \bar{G}_{pallot} + \bar{G}_{talo} = \bar{0} \Rightarrow N - G_{pallot} - G_{talo} = 0 \ ,$$



jossa talon paino: $G_{talo} = m_{talo} g$,

pallojen paino:

$$G_{pallot} = m_{pallonkuoret} g + m_{He} g$$
$$= m_{pallonkuoret} g + \rho_{He} V_{kok} g = x m_p g + x \rho_{He} V g$$

noste: $N = \rho_{ilma} V_{kok} g = x \rho_{ilma} V g$

(merkitään, että palloja on x kappaletta)

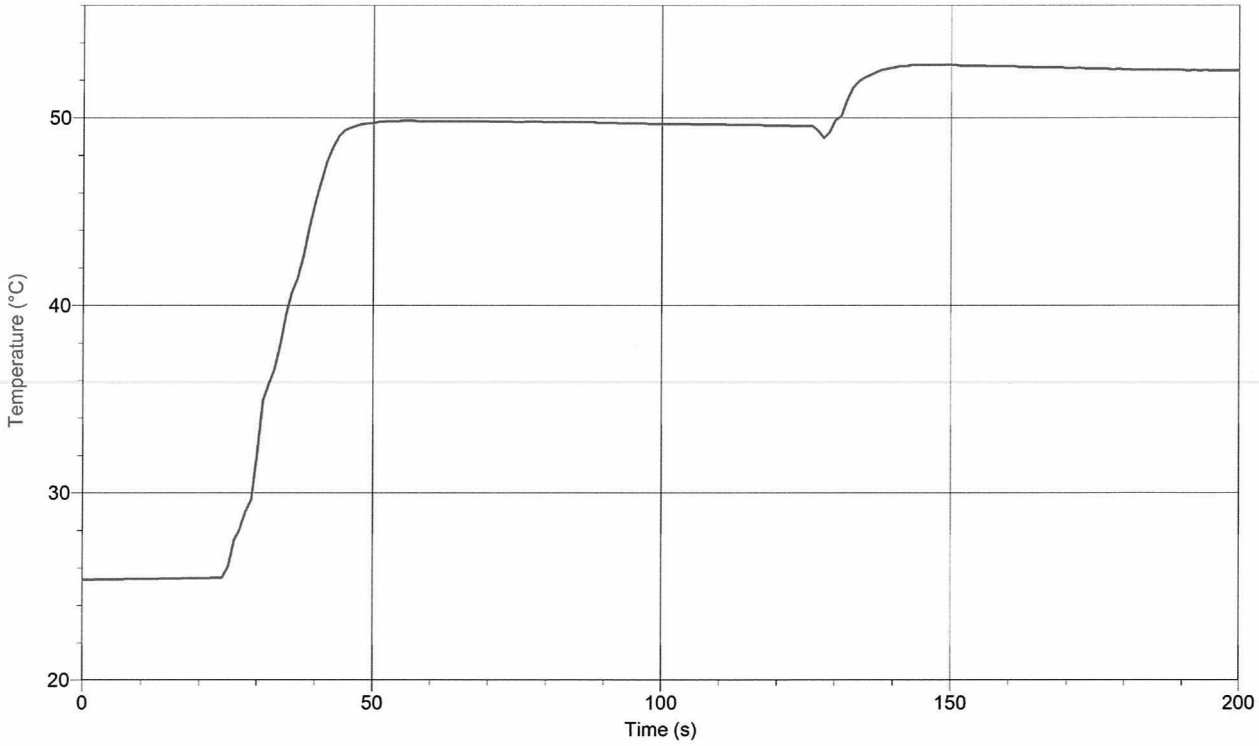
Saadaan:

$$x \rho_{ilma} V g - x m_p g - x \rho_{He} V g - m_{talo} g = 0$$
$$\Rightarrow x(\rho_{ilma} - \rho_{He}) V - x m_p = m_{talo}$$
$$\Rightarrow x\left((\rho_{ilma} - \rho_{He}) V - m_p\right) = m_{talo}$$
$$\Rightarrow x = \frac{m_{talo}}{(\rho_{ilma} - \rho_{He}) V - m_p}$$
$$= \frac{30000 \text{ kg}}{(1{,}3 \ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 0{,}18 \ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 - 2{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} \approx 3{,}3 \cdot 10^6 \text{ kappaletta}$$

Ilmapalloja tarvitaan todella iso määrä, joten suunnitelma ei ole kovin realistinen.

pisteytys: liikeyhtälö rajatapauksessa 1p, voimakuvio 1p, suureyhtälö 1p, suureyhtälön ratkaisu 1 p, sijoitukset 1 p, lopputulos ja johtopäätös 1p
Jos pallojen painoa ei ole huomioitu, max 3 p.

3. Termosastiassa oli 112 g vettä. Astiaan lisättiin ensin 70 g kiehuvaa vettä ja sitten kiehuvasta vedestä otettu metallikappale, jonka massa oli 170 g. Oheinen kuvaaja esittää termosastian kannen läpi työnnetyn lämpömittarin lukemaa.
   a) Laske termosastian lämpökapasiteetti.
   b) Laske metallin ominaislämpökapasiteetti.



ratkaisu:

Kuvaajasta saadaan termoastian ja kylmän veden lämpötilaksi $t_{kylmä} = 25{,}5$ °C, kiehuvan veden lisäämisen jälkeen loppulämpötilaksi $t_{kylmä+kuuma} = 49{,}8$ °C sekä metallikappaleen ja veden loppulämpötilaksi $t_{vesi+metalli} = 52{,}9$ °C.

a) Termosastia ja siinä aluksi ollut vesi lämpenevät. Lisätty vesi taas jäähtyy. Oletetaan systeemi riittävän eristetyksi ja merkitään vastaanotettu ja luovutettu lämpömäärä yhtä suuriksi:

$$Q_{vast} = Q_{luov}$$

$$c_{vesi} m_{kylmä} \Delta t_{kylmä} + C_{termosastia} \Delta t_{kylmä} = c_{vesi} m_{kuuma} \Delta t_{kuuma}$$

Ratkaistaan yhtälöstä termosastian lämpökapasiteetti

$$C_{termosastia} = \frac{c_{vesi} m_{kuuma} \Delta t_{kuu,ma} - c_{vesi} m_{kylmä} \Delta t_{kylmä}}{\Delta t_{kylmä}}$$

Sijoitetaan arvot $m_{kylmä} = 0{,}112$ kg, $\Delta t_{kylmä} = (49{,}8 - 25{,}5)$ °C $= 24{,}3$ °C, $m_{kuuma} = 0{,}070$ kg ja $\Delta t_{kuuma} = (100 - 49{,}8)$ °C $= 50{,}2$ °C :

$$C_{termosastia} = \frac{4{,}19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg°C}} \cdot 0{,}070 \text{ kg} \cdot 50{,}2 \text{ °C} - 4{,}19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg°C}} \cdot 0{,}112 \text{ kg} \cdot 24{,}3 \text{ °C}}{24{,}3 \text{ °C}} = 0{,}13663193 \ldots \frac{\text{kJ}}{\text{°C}}$$

$$\approx \underline{\underline{140 \frac{\text{J}}{\text{°C}}}}$$

b) Termosastia ja siinä ollut vesi lämpenevät. Metallikappale taas jäähtyy. Oletetaan systeemi riittävän eristetyksi ja merkitään vastaanotettu ja luovutettu lämpömäärä yhtä suuriksi:

$$Q_{vast} = Q_{luov}$$

$$c_{vesi}m_{vesi}\Delta t_{vesi} + C_{termosastia}\Delta t_{vesi} = c_{metalli}m_{metalli}\Delta t_{metalli}$$

Ratkaistaan yhtälöstä metallin ominaislämpökapasiteetti:

$$c_{metalli} = \frac{c_{vesi}m_{vesi}\Delta t_{vesi} + C_{termosastia}\Delta t_{vesi}}{m_{metalli}\Delta t_{metalli}}$$

Sijoitetaan arvot $m_{vesi} = m_{kylmä} + m_{kuuma} = 0{,}182\ \text{kg}$, $\Delta t_{vesi} = (52{,}9 - 49{,}8)°\text{C} = 3{,}1\ °\text{C}$, $m_{metalli} = 0{,}170\ \text{kg}$ ja $\Delta t_{metalli} = (100 - 52{,}9)\ °\text{C} = 47{,}1\ °\text{C}$:

$$c_{metalli} = \frac{4{,}19\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg°C}} \cdot 0{,}182\ \text{kg} \cdot 3{,}1\ °\text{C} + 0{,}13663\ \frac{\text{kJ}}{°\text{C}} \cdot 3{,}1\ °\text{C}}{0{,}170\ \text{kg} \cdot 47{,}1\ °\text{C}} = 0{,}348139\ldots\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg°C}} \approx \underline{\underline{0{,}35\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg°C}}}}$$

Tulos on vähän suurempi, jos otetaan huomioon, että yhdistetyt vedet ovat hieman jäähtyneet ennen metallikappaleen lisäämistä.

Pieni, mutta nopea pudotus lämpötilassa noin 130 sekunnin kohdalla aiheutuu termosastian kannen avaamisesta, kun metallikappale lisätään. Kannen läpi työnnetty lämpömittari nousi tällöin pois vedestä kannen mukana. Kuuma vesi lisättiin kannessa olleesta reiästä suppilon avulla.

pisteytys: lämpötilat kuvaajasta 1p
tarvittavat lämpötilojen muutokset 1p
a) suureyhtälö 1p
sijoitukset ja tulos 1p
b) suureyhtälö 1p
sijoitukset ja tulos 1p

Käytetty vaaka antoi massat gramman tarkkuudella. On kuitenkin hyväksyttävää, jos lisätyn veden ja metallikappaleen massat on annettu tarkkuudella 0,07 kg ja 0,17 kg.

4. Kun koeputken avoimeen päähän puhalletaan sivusuunnasta, syntyy koeputkeen seisova aalto äänen heijastuessa koeputken pohjasta. Äänen korkeus muuttuu, kun koeputkeen lisätään vettä. Eräässä mittauksessa tutkittiin koeputkeen syntyvän äänen perustaajuutta. Äänen taajuus mitattiin tietokoneeseen liitetyllä mikrofonilla ja koeputken ilmatilan korkeus mitattiin viivoittimella, jolloin saatiin oheiset tulokset.

ilmatilan korkeus (m)	0,060	0,080	0,100	0,120	0,150
taajuus (Hz)	1266	990	813	676	556

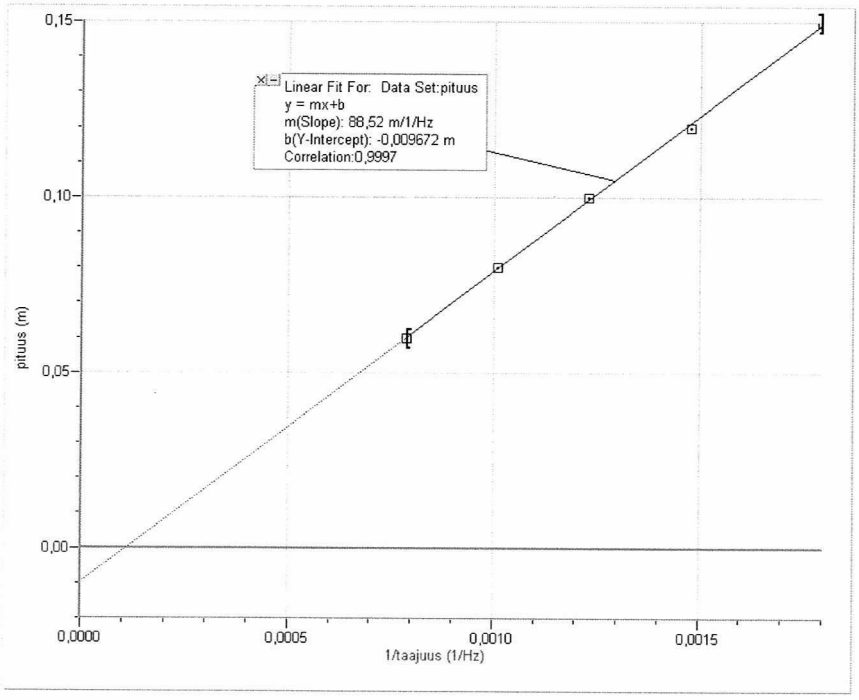
Koeputkeen syntyvän äänen kupukohta on hieman koeputken reunan ulkopuolella. Määritä sopivaa graafista esitystä käyttäen tämän kupukohdan etäisyys putken suusta sekä äänen nopeus ilmassa. Pohdi, miksi määritetty äänen nopeus poikkeaa nopeudesta huoneilman lämpötilassa.

ratkaisu

Äänen voimistuminen johtuu siitä, että putkessa oleva ilmapatsas alkaa värähdellä omalla ominaistaajuudellaan. Kun ääni heijastuu vedestä ja taajuus on oikea, ilman rakenneosien värähtelylle muodostuu seisovan aallon solmu veden pintaan ja kupu putken suun ulkopuolelle. Ensimmäinen maksimi kuullaan, kun veden pinta on putken suulta etäisyydellä *l + d*, jossa *l* on putken ilmapatsaan pituus ja *d* kupukohdan etäisyys putken suulta, joka on aallonpituuden neljäsosa eli $l+d=\frac{\lambda}{4}$. Tällöin äänen aallonpituudeksi saadaan $\lambda = 4(l+d)$. Äänen nopeudeksi saadaan aalto-opin perusyhtälön perusteella $v = f\lambda = f \cdot 4(l+d)$. Putken pituus taajuuden funktiona on siis $l = \frac{v}{4f} - d$.

ilmapatsaan korkeus (m)	0,060	0,080	0,100	0,120	0,150
taajuus (Hz)	1266	990	813	676	556
1/ taajuus (10^{-3} 1/Hz)	0,790	1,01	1,23	1,48	1,80

Piirretään mittaustuloksista kuvaaja $\frac{1}{f}, l$ -koordinaatistoon.



Kuvaajan ja pituusakselin leikkauskohta ilmaisee etäisyyden, johon kupukohta putken ulkopuolelle syntyy, joka on **9, 7 mm.**

Äänen nopeus saadaan kulmakertoimesta:
$kk = \frac{v}{4} \rightarrow v = 4 \cdot kk = 4 \cdot 88{,}52\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 354{,}08\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx \mathbf{354}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Mitattu äänen nopeus on suuri verrattuna taulukkoarvoon huoneenlämpötilassa t = 20 °C, jolloin äänen nopeus on v = 343 m/s. Ulos hengitetty ilma on huoneilmaa lämpöisempää ja äänen nopeus on suurempi ilman lämpötilan ollessa korkeampi.

Äänen nopeus on verrannollinen absoluuttisen lämpötilan neliöjuureen eli $v = k\sqrt{T}$. Tällöin saadaan

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}} \Rightarrow T_2 = (\frac{v_2}{v_1})^2 \cdot T_1 = \left(\frac{354\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{343\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}\right)^2 \cdot (273+20)\mathrm{K} = 312\ \mathrm{K} = 39^\circ\mathrm{C}$. Taulukkokirjasta katsottuna saatu äänen nopeus vastaa nopeutta +40 °C:ssa ilmassa.

pisteytys: koordinaatistoon sijoitettavat lukuarvot (korkeus ja taajuuden käänteisluku) 1p
graafinen esitys 1p
tulos kupukohdan etäisyydelle putken päästä 1p
ymmärrettävä perustelu, miten nopeus saadaan graafisesta esityksestä 1p
tulos äänen nopeudelle 1p
pohdinta nopeuden suuruudelle 1p

LUKION FYSIIKKAKILPAILU 4.11.2014

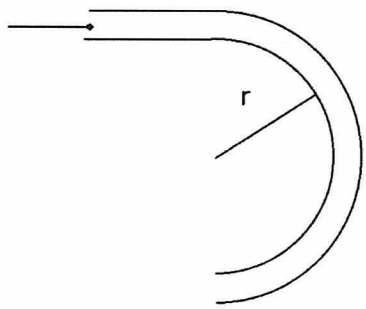
AVOIN SARJA

Kirjoita tekstaten koepaperiin
oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.
Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.
Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

Graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaaja voidaan laatia (millimetri)paperille ja ratkaista siitä tarvittaessa kuvaajan yhtälö. Vaihtoehtoisesti graafinen esitys voidaan tehdä graafisella tai symbolisella laskimella. Tällöin vastauksessa esitetään periaatekuva, josta käy ilmi, mitä suureita akseleilla on ja minkä muotoinen kuvaaja on sekä tarvittaessa annetaan laskimen ilmoittama kuvaajan yhtälö yksiköineen.

1. Käytössäsi on kello ja metrimitta sekä puupalikka. Määritä puupalikan ja alustan välinen liukukitkakerroin. Selvitä tarkasti, minkä suureiden arvoja mittaat ja miten saat niiden avulla selville kitkakertoimen arvon. Merkitse näkyviin myös mittaustulokset. Pohdi, mitä virhelähteitä määritykseen liittyy.

2. Kuinka suuri täytyy kuvassa olevan sisäsäteen r olla, jotta valo pysyisi optisessa kuidussa? Optinen kuitu on ilmassa, ja sen halkaisija on d ja taitekerroin n. Valo tulee puoliympyrän muotoiseen valokaapelin kohtaan suoraan kuidun päästä.

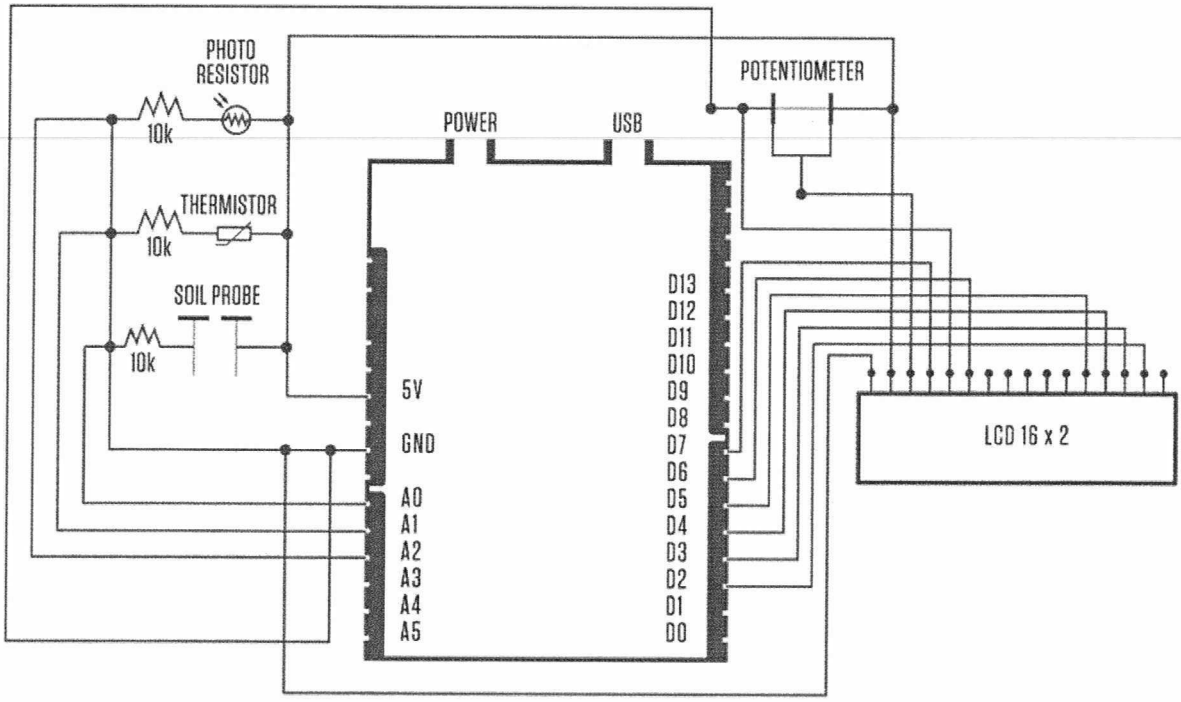


3. Pimeä aine havaitaan gravitaatiovuorovaikutuksen kautta. Pimeän aineen vaikutuksesta etenkin galaksin ulommat osat liikkuvat radallaan nopeammin kuin näkyvän aineen massan perusteella niiden pitäisi liikkua. Omassa aurinkokunnassamme pimeää ainetta ei kuitenkaan tarvita, vaan yksi massiivinen keskustähti riittää selittämään planeettojen kiertoliikkeen.

   MAOLin taulukkokirjassa on aurinkokuntamme kahdeksan planeetan sideeriset kiertoajat ja keskietäisyydet Auringosta. Selvitä sopivaa graafista esitystä käyttäen arvio keskustähden eli Auringon massalle. Voit olettaa planeettojen radat ympyröiksi.

4. Popular Mechanics –lehdessä jaettiin keväällä 2014 ohjeet kasvin hyvinvointia seuraavan mittarin valmistamiseen Arduino-alustalle. Arduino on suosittu yksinkertainen mikrokontrollerialusta, jota ohjelmoidaan C++ -ohjelmointikielellä. Sen liittimiin voi kytkeä esimerkiksi erilaisia antureita ja pienen LCD-näytön.

Ohjeissa neuvotaan tekemään kytkennät mikrokontrolleriin ao. kaavion mukaisesti. Vasemman puolen liitin GND on maadoitettu ja liittimestä 5V saadaan jännite U_0 = 5,0 V. Mikrokontrolleri mittaa jännitteen liittimistä A0, A1 ja A2. Kytkentäkaaviossa vastukset on merkitty sahalaidoin ja ne ovat kaikki 10 kΩ:n suuruisia. Oikeanpuoliset liittimet ovat ulostuloja, jotka on kytketty LCD-näyttöön. Mikrokontrollerin ohjelmointi määrittää, miten se esittää mitatut arvot näytössä.



a) Minkä virheen havaitset vasemman puolen kytkennöissä? Mitä virhe aiheuttaa? (2p)

b) Piirrä vasen puoli annetuilla komponenteilla uudestaan niin, että sillä voidaan suorittaa kaikkien kolmen anturin lukeminen liittimillä A0-A2. Johtimia potentiometriin tai LCD-näyttöön ei tarvitse huomioida. (2p)

c) Tutkitaan tarkemmin valon määrän mittausta piirtämässäsi piirissä (valovastus R_{valo}, PHOTO RESISTOR). Esitä yhtälö liittimen A2 jännitelukemalle. Arvioi lukeman vaihteluväliä, kun valmistajan ilmoittamat resistanssit valovastukselle ovat 200 kΩ pimeässä ja 0,10 kΩ kirkkaassa päivänvalossa (10 000 lux). (2p)

LUKION FYSIIKKAKILPAILU 4.11.2014

AVOIN SARJA

Kirjoita tekstaten koepaperiin
oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.
Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.
Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

Graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaaja voidaan laatia (millimetri)paperille ja ratkaista siitä tarvittaessa kuvaajan yhtälö. Vaihtoehtoisesti graafinen esitys voidaan tehdä graafisella tai symbolisella laskimella. Tällöin vastauksessa esitetään periaatekuva, josta käy ilmi, mitä suureita akseleilla on ja minkä muotoinen kuvaaja on sekä tarvittaessa annetaan laskimen ilmoittama kuvaajan yhtälö yksiköineen.

1. Käytössäsi on kello ja metrimitta sekä puupalikka. Määritä puupalikan ja alustan välinen liukukitkakerroin. Selvitä tarkasti, minkä suureiden arvoja mittaat ja miten saat niiden avulla selville kitkakertoimen arvon. Merkitse näkyviin myös mittaustulokset. Pohdi, mitä virhelähteitä määritykseen liittyy.

ratkaisu

Valitse tietty kohta, josta aloitat ajan mittauksen palikan liukuessa. Mittaa palikan liukuma matka. Palikka on liukuessaan tasaisesti hidastuvassa liikkeessä. Palikan nopeus voidaan laskea keskinopeuden avulla $s = v_k t = \frac{v}{2} t$, jossa t on aika, jonka palikka on liikkeessä ja v on palikan nopeus ajan mittauksen alkuhetkellä. Nopeus ajan mittauksen alkuhetkellä on $v = \frac{2s}{t}$. **1p**

Palikan liikettä hidastavan voiman tekemä työ on yhtä suuri kuin palikan liike-energian muutos $F_\mu s = \frac{1}{2} m v^2$.

Kitkavoima riippuu vaakasuoralla alustalla normaalivoimasta $F_\mu = \mu N = \mu m g$, jossa μ on alustan ja palikan välinen liukumiskitkakerroin. **1p**

Tällöin $\mu m g s = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow \mu = \frac{\frac{1}{2} v^2}{g s}$. **1p**

Mittaustulosten esittäminen ja tulos **2p**

TAI

Jarrutusmatkan ja liukumisajan avulla saadaan palikan hidastuvuus: $s = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow a = \frac{2s}{t^2}$. **1p**

Kitkavoima jarruttaa palikan liukumista $F_\mu = ma \rightarrow \mu mg = ma \rightarrow \mu = \frac{a}{g} = \frac{2s}{gt^2}$ **2p**

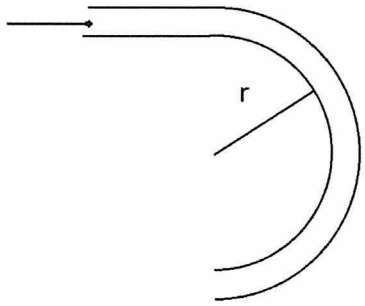
Mittaustulosten esittäminen ja tulos **2p**

Esimerkkinä tehtiin kaksi mittausta, jossa "puupalikka" sysättiin liukumaan pitkin laminaattipöydän pintaa. Jarrutusmatkaksi mitattiin s_1 = 0,57 m ja pysähtymisajaksi t_1 =0,59 s

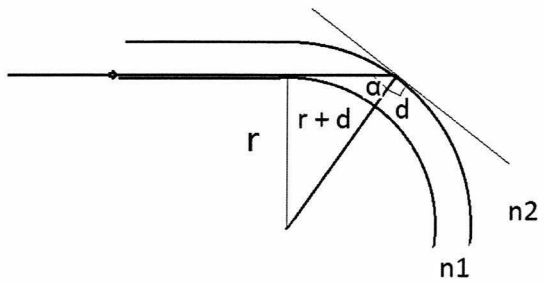
ja s_2 = 0,70 m ja t_2 = 0,41 s. Kitkakertoimen arvoksi saatiin $\mu_1 = 0{,}33$ $\mu_2 = 0{,}85$. Mittaus on syytä toistaa muutaman kerran ja vastauksessa kommentoida ajan mittauksen epätarkkuutta sekä suurta kitkakertoimen arvojen vaihtelua ja mahdollisesti esittää parempaa mittausmenettelyä.

Suurimpana virhelähteenä on ajan mittauksen käynnistäminen ja kappaleen pysähtymisen samanaikainen seuraaminen. **1p**

2. Kuinka suuri täytyy kuvassa olevan sisäsäteen r olla, jotta valo pysyisi optisessa kuidussa? Optinen kuitu on ilmassa, ja sen halkaisija on d ja taitekerroin n. Valo tulee puoliympyrän muotoiseen valokaapelin kohtaan suoraan kuidun päästä.



ratkaisu



2 p

Kokonaisheijastuksen rajakulma pisteessä A

on $\frac{\sin \alpha_r}{\sin 90°} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_1}$ **1 p**

Koska ympyrän keskipisteestä piirretty säde on kohtisuorassa pisteeseen A piirrettyä tangenttia vastaan, saadaan kuvan mukaisesti $\sin \alpha_r = \frac{r}{r+d}$ **1 p**

josta saadaan $\sin \alpha_r = \frac{r}{r+d} > \frac{1}{n_1}$ **1 p**

edelleen $rn_1 > r + d$

josta saadaan vastaukseksi $r > \frac{d}{n_1 - 1}$ **1 p**

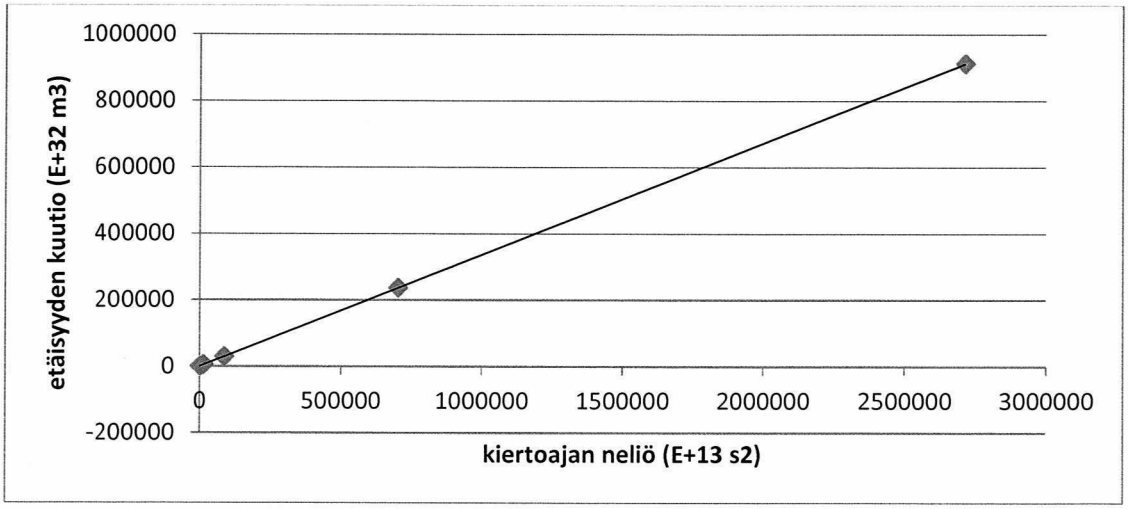
3. Pimeä aine havaitaan gravitaatiovuorovaikutuksen kautta. Pimeän aineen vaikutuksesta etenkin galaksin ulommat osat liikkuvat radallaan nopeammin kuin näkyvän aineen massan perusteella niiden pitäisi liikkua. Omassa aurinkokunnassamme pimeää ainetta ei kuitenkaan tarvita, vaan yksi massiivinen keskustähti riittää selittämään planeettojen kiertoliikkeen.

   MAOLin taulukkokirjassa on aurinkokuntamme kahdeksan planeetan sideeriset kiertoajat ja keskietäisyydet Auringosta. Selvitä sopivaa graafista esitystä käyttäen arvio keskustähden eli Auringon massalle. Voit olettaa planeettojen radat ympyröiksi.

ratkaisu

Auringon ja planeetan välinen gravitaatiovuorovaikutus pitää planeetan radallaan. Oletetaan radat ympyrän muotoisiksi. Planeetan liikeyhtälöksi saadaan NII lain mukaan: $\bar{F}_G = m\bar{a}_n \rightarrow G\frac{mM}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$. Sijoitetaan tähän ratanopeudelle $v = \frac{2\pi r}{T}$, jolloin saadaan $G\frac{mM}{r^2} = m\frac{4\pi^2 r^2}{T^2 r}$, joka voidaan sieventää ja muokata esimerkiksi muotoon: $r^3 = \frac{GM}{4\pi^2}T^2$. Jos siis sovitetaan T^2, r^3-koordinaatistossa pisteisiin kuvaajaksi suora, kulmakertoimesta saadaan ratkaistua keskustähden massa M. Oheisessa taulukossa radan säde on metreinä ja kiertoaika sekunteina, mutta säde voi olla esimerkiksi kilometreinä ja kiertoaika vuosina.

radan säde r (10^9 m)	r^3 (10^{32} m^3)	kiertoaika T (s)	T^2 (10^{13} s^2)
57,9	1,94104539	7599202,52	5,774787894
108,2	12,66723368	19414573,88	37,69256789
149,6	33,48071936	31558150	99,59168314
227,9	118,3676364	59357724,34	352,3339438
778,4	4716,376663	374374333,5	14015,61415
1425,6	28972,97289	928125191,5	86141,63711
2870	236399,03	2652146926	703388,3317
4501	911857,635	5207094750	2711383,574



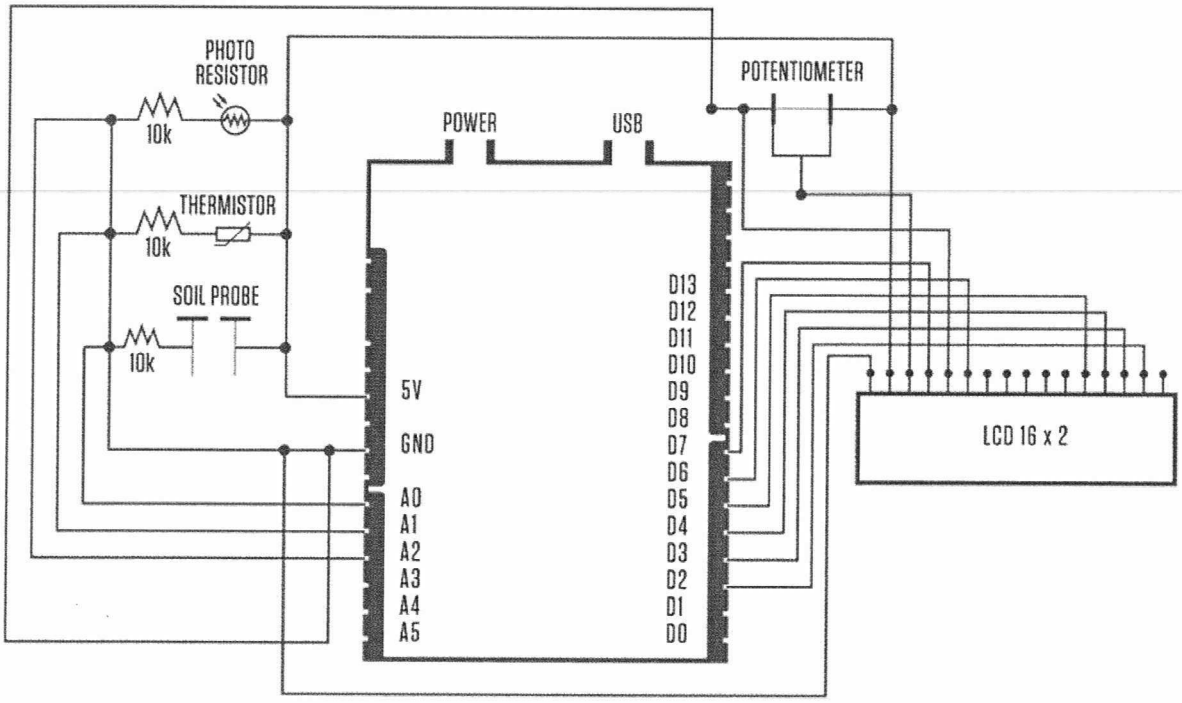
Graafinen tai symbolinen laskin antaa suoran yhtälöksi (regressiokerroin on 0,99999998):
$r^3 = 3{,}3363 \cdot 10^{18}\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}^2} \cdot T^2 - 15{,}725 \cdot 10^{32}\,\mathrm{m}^3$.

Keskustähden massaksi saadaan $M = \frac{4\pi^2 \cdot kk}{G} = \frac{4\pi^2 \cdot 3{,}3363 \cdot 10^{18}\,\frac{m^3}{s^2}}{6{,}67259 \cdot 10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}} \approx 1{,}9739 \cdot 10^{30}\,\mathrm{kg} \approx \underline{\underline{1{,}97 \cdot 10^{30}\,\mathrm{kg}}}$, mikä vastaa hyvin MAOLin taulukkokirjasta Auringon massalle löytyvää arvoa.

pisteytys: liikeyhtälö gravitaatiovoimalla ja normaalikiihtyvyydellä 1p, ratanopeus sijoitettuna 1p, graafiseen esitykseen sopiva muoto 1p, graafinen esitys 1p, kulmakerroin 1p ja Auringon massa 1p

4. Popular Mechanics –lehdessä jaettiin keväällä 2014 ohjeet kasvin hyvinvointia seuraavan mittarin valmistamiseen Arduino-alustalle. Arduino on suosittu yksinkertainen mikrokontrollerialusta, jota ohjelmoidaan C++ -ohjelmointikielellä. Sen liittimiin voi kytkeä esimerkiksi erilaisia antureita ja pienen LCD-näytön.

   Ohjeissa neuvotaan tekemään kytkennät mikrokontrolleriin ao. kaavion mukaisesti. Vasemman puolen liitin GND on maadoitettu ja liittimestä 5V saadaan jännite U_0 = 5,0 V. Mikrokontrolleri mittaa jännitteen liittimistä A0, A1 ja A2. Kytkentäkaaviossa vastukset on merkitty sahalaidoin ja ne ovat kaikki 10 kΩ:n suuruisia. Oikeanpuoliset liittimet ovat ulostuloja, jotka on kytketty LCD-näyttöön. Mikrokontrollerin ohjelmointi määrittää, miten se esittää mitatut arvot näytössä.



   a) Minkä virheen havaitset vasemman puolen kytkennöissä? Mitä virhe aiheuttaa? (2p)

   b) Piirrä vasen puoli annetuilla komponenteilla uudestaan niin, että sillä voidaan suorittaa kaikkien kolmen anturin lukeminen liittimillä A0-A2. Johtimia potentiometriin tai LCD-näyttöön ei tarvitse huomioida. (2p)

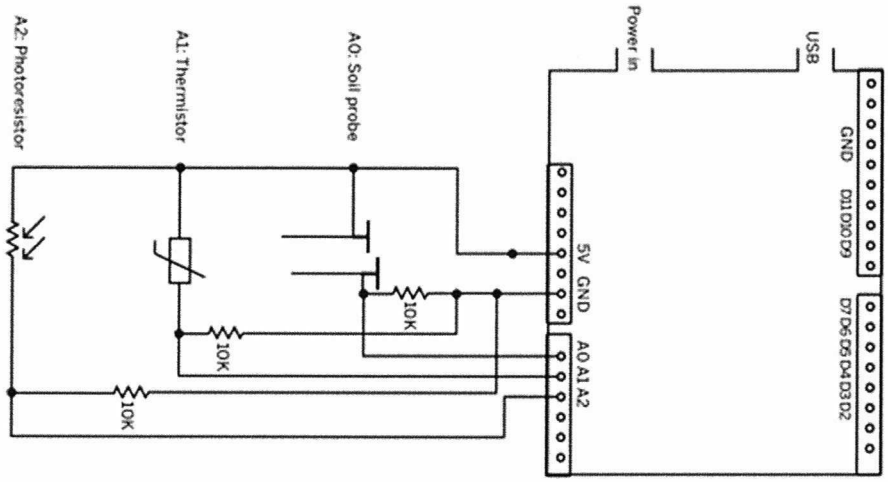
   c) Tutkitaan tarkemmin valon määrän mittausta piirtämässäsi piirissä (valovastus R_{valo}, PHOTO RESISTOR). Esitä yhtälö liittimen A2 jännitelukemalle. Arvioi lukeman vaihteluväliä, kun valmistajan ilmoittamat resistanssit valovastukselle ovat 200 kΩ pimeässä ja 0,10 kΩ kirkkaassa päivänvalossa (10 000 lux). (2p)

ratkaisu

Tehtävän kytkentäkaavio on todella ilmestynyt Popular Mechanicsissa, http://www.popularmechanics.com/technology/how-to/gadgets/build-this-diy-moisture-monitor-and-never-kill-another-house-plant-16774799 - kommenttiosastossa sentään joku huomauttaa tästä.

a) Liittimet on kytketty suoraan maahan, joten ne mittaavat kaikissa olosuhteissa 0V jännitteen.

b) Annetuilla komponenteilla näin:



lähde: http://makezine.com/projects/potted-plant-protector/

"Toimivan" kytkennän saa tehtyä muutenkin, mutta todennäköisesti tällöin on kytkenyt useamman sensorin vaikutuksia samaan liittimeen. Olennaista on siis huomata, että

- Sensorien tulee olla rinnan toisiinsa nähden. Sarjaankytkennästä ei voida mitata vain yhden sensorin vaikutusta.
- Vastukset tulevat mittaavan liittimen ja maan väliin (jolloin lukema antaa jännitehäviön sensorissa)
- Piirit täytyy maadoittaa. Kytkeminen pelkästään 5V:sta sensorin kautta mittausliittimeen ei ole järkevää, sillä tällöin piiri ei mittaa sensoria; mittausliittimissä on hyvin suuret vastukset liittimen ja maan välillä, kuten missä tahansa jännitemittarissa – virta on mitättömän pieni, ja mitataan käytännössä 5V lähdejännite (vrt. kytkentä, jossa paristo ja vastus kytketään sarjaan jännitemittarin kanssa).

c) Kirchhoffin lakeja käyttäen virtapiirille saadaan jännitteen vähetessä
$U_0 - I\,R_{valo} - IR = 0$ ja jännite A2:ssa on $U_{A2} = IR$ (tai $U_0 - I\,R_{valo}$).

Lukemat eri valaistuksille voidaan sijoittaa edellisiin yhtälöihin tai arvioida karkeasti tähän tapaan:

pimeässä $R_{valo} >> R$, jolloin on ikään kuin piirissä olisi vain R_{valo} ja lukema A2:ssa on likimain 0 V
(lasku: piirin virta on 0,0238 mA ja lukema n. 0,24V).

valoisassa $R_{valo} << R$, jolloin piiriä dominoi R ja lukema A2:ssa on likimain 5V
(lasku: virta 0,471 mA ja lukema n. 4,7 V).

Siis 10k vastus on hyvin mitoitettu tähän piiriin ja koko jänniteskaala 0-5V (0,24 – 4,7V) on käytössä.

pisteytys:

a) virheen osoittaminen 1p, virheen seurausten kuvaus 1p,
b) kytkentäkaavio piirretty sopivilla merkinnöillä (alkup. tai suomalaiseen tyyliin) 0,5p, kaaviossa sensorit rinnan 0,5p + vastusten sijoitus 0,5p + piirin maadoitus 0,5p
c) kaksi yhtälöä piirin tilanteesta 1p, yhtälöiden soveltaminen 0,5p, tulos jännitteen vaihteluvälinä 0,5p