



FYSIIKAN KOE 15.3.2017 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Alla oleva vastausten piirteiden, sisältöjen ja pisteitysten luonnehdinta ei sido ylioppilastutkintolautakunnan arvostelua. Lopullisessa arvostelussa käytettävistä kriteereistä päättää tutkintoaineen sensorikunta.

Fysiikka pyrkii ymmärtämään luonnon perusrakennetta, luonnonilmiöiden perusmekanismeja ja niiden säännönmukaisuuksia. Fysiikassa käsitteellinen tieto ja tietorakenteet pyritään ilmaisemaan mahdollisimman kattavina ja yleisinä. Kokeellinen menetelmä on fysiikan tiedon perusta, ja saavutettu tieto esitetään usein matemaattisina teoriarakenteina ja malleina. Malleilla on keskeinen asema myös kehitettäessä, sovellettaessa ja käytettäessä näin saavutettua tietoa. Fysiikan tiedonhankinnalle, tiedon esittämiselle ja sen soveltamiselle on tyypillistä teorian ja kokeellisuuden nivoutuminen toisiinsa.

Fysiikan kokeessa arvioinnin kohteita ovat sekä fysikaalisen tiedon ymmärtäminen että tiedon soveltamisen taito lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Kokeessa arvioidaan myös kokelaan kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsitteilyn taitoja. Näitä ovat mm. kokeensuunnittelu, yleisimpien mittavälineiden käytön hallinta, tulosten esittäminen ja tulkitseminen sekä johtopäätösten tekeminen. Luonnontieteiden ja teknologian alaan liittyviä ongelmia ratkaistaan käyttäen ja soveltaen fysiikan käsitteitä ja käsiterakenteita. Luovuutta ja kekseliäisyyttä osoittavat ratkaisut katsotaan erityisen ansiokkaiksi. Arviointiin vaikuttavat myös kokelaan vastausten selkeys, asiasisällön johdonmukaisuus ja jäsenyntyisyys.

Fysiikan tehtävän vastaus sisältää vastauksen perustelut, ellei tehtävänannossa ole toisin mainittu. Kokelas osaa yhdistellä tietoa ja soveltaa oppimaansa. Vastaus osoittaa, että kokelas on tunnistanut oikein fysikaalisen ilmiön ja tarkastelee tilannetta fysikaalisesti mielekkäällä tavalla. Kokelas osaa kuvata sovellettavan fysikaalisen mallin ja perustella, miksi mallia voidaan käyttää kyseisessä tehtävässä. Usein vastauksessa tarvitaan tilannekuvioita, voimakuvioita, kytkentäkaavioita tai graafista esitystä. Kuviot, kaaviot ja graafiset esitykset ovat selkeitä ja oppiaineen yleisten periaatteiden mukaisia. Voimakuviossa todelliset voimat erotetaan vektorikomponenteista selkeästi.

Matemaattista käsittelyä edellyttävissä tehtävissä suureyhtälöt ja kaavat on perusteltu tavalla, joka osoittaa kokelaan hahmottaneen tilanteen, esimerkiksi lähtien jostain fysiikan peruslaista tai -periaatteesta. Vastauksessa on esitetty tarvittavat laskut sekä muut riittävät perustelut ja lopputulos. Laskemista edellyttävissä osioissa suureyhtälö on ratkaistu kysytyn suureen suhteen, ja tähän suureyhtälöön on sijoitettu lukuarvot yksikköineen. Fysiikan kokeessa kaikki funktio-, graafiset ja symboliset laskimet ovat sallittuja. Symbolisen laskimen avulla tehdyt ratkaisut hyväksytään, kunhan ratkaisusta käy ilmi, mihin tilanteeseen ja yhtälöihin ratkaisu symboleineen perustuu. Laskimen avulla voidaan ratkaista yhtälöitä ja tehdä päätelmiä kuvaajista tehtävänannon edellyttämällä tavalla.

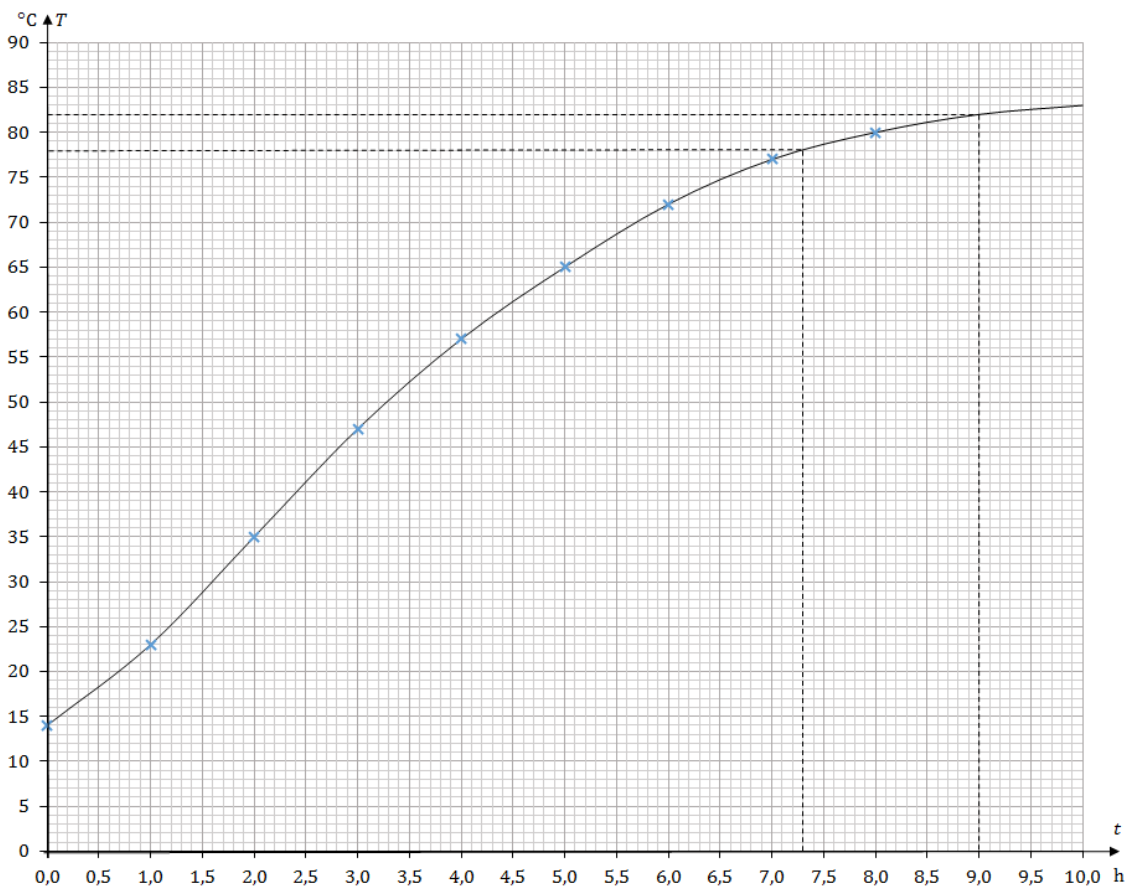
Tehtävän eri osat arvostellaan 1/3 pisteen tarkkuudella, ja loppusumma pyöristetään kokonaiseksi pisteiksi.

Tehtävä 1

- a) 3, L
- b) 5, M
- c) 1, P
- d) 2, K
- e) 4, O
- f) 6, N

Tehtävä 2

a)



Kuvaaja 3 p.

b) Kuvaajan perusteella lihan sisälämpötila on $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ ajanhetkellä $7,3\text{ h} = 7\text{ h } 18\text{ min}$.

(1 p.)

c) Kuvaajaa jatkamalla saadaan lihan sisälämpötilan arvioksi $9,0$ tunnin kuluttua $82\text{ }^{\circ}\text{C}$.

(2 p.)

Tehtävä 3

a)

Ulkoisen ilmanpaine ei vaikuta korkeuseroon. Putken molemmat päät ovat auki, joten putken molempien päiden nestepintoihin kohdistuu ulkoisen ilmanpaineen vaikutuksesta yhtä suuri, alaspäin vaikuttava voima.

(2 p.)

b)

Tasapainossa mihin tahansa nestepatsaan vaakasuoraan poikileikkauspintaan kohdistuu ylös- ja alaspäin yhtä suuret voimat. Kuvassa katkoviivalla merkittyyn leikkauspintaan kohdistuu molemmissa päissä yhtä suuri hydrostaattisen paineen aiheuttama voima alhaalta. Näin ollen myös ylhäältä kohdistuvien voimien ja täten paineiden täytyy olla molemmilla puolilla yhtä suuret.

Paine katkoviivan kohdalla muodostuu ulkoisen ilmanpaineen ja nestepatsaiden hydrostaattisista paineista:

$$\begin{aligned} p_1 &= p_0 + \rho_{\text{öljy}} g H \\ p_2 &= p_0 + \rho_{\text{vesi}} g h. \end{aligned}$$

(1 p.)

Nesteet ovat tasapainossa:

$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 \\ \rho_{\text{öljy}} g H &= \rho_{\text{vesi}} g h. \end{aligned}$$

(1 p.)

Ulkoisen ilmanpaineen vaikutus kumoutuu ja nestepatsaiden korkeuksille saadaan määritettyä

$$h = \frac{\rho_{\text{öljy}}}{\rho_{\text{vesi}}} H.$$

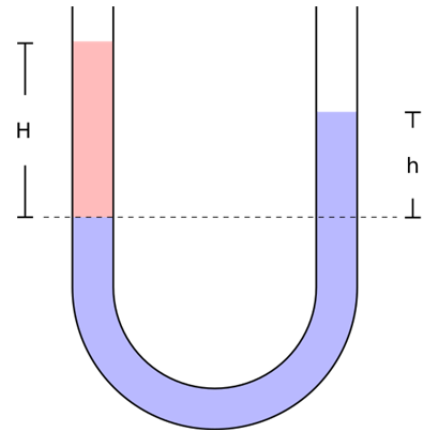
(1 p.)

Pintojen korkeusero on

$$H - h = H \left(1 - \frac{\rho_{\text{öljy}}}{\rho_{\text{vesi}}} \right) = 5,0 \text{ cm} \left(1 - \frac{0,86 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}}{1,0 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} \right) = 0,70 \text{ cm}.$$

Öljypinta on siis 7,0 mm veden pintaa ylempänä.

(1 p.)



Tehtävä 4

- a) Kun kaksi ääntä soi yhtä aikaa, aallot interferoivat. Yhdistetty ääniaalto saadaan siten, että äänien äänenpaineet kullakin ajan hetkellä lasketaan yhteen. Tätä kutsutaan superpositioperiaatteenksi. (1 p.)

Äänien taajuuksien ero on hyvin pieni, jolloin yhdistetyn äänen paineen verhokäyrä on pulssimainen. Pulssin maksimiampplitudi saadaan, kun aallot ovat samassa vaiheessa. Pulssien välillä amplitudi on pieni, kun ääniaallot ovat vastakkaisissa vaiheissa. (1 p.)

Äänen voimakkuus riippuu paineampplitudista, joten yhdistetyn äänen voimakkuus välillä kasvaa ja välillä heikkenee. Tätä kutsutaan äänen huojunnaksi (huojumiseksi). (1 p.)

Kuullun äänen taajuus, joka havaitaan äänen korkeutena, on pulssin sisällä olevan aallon taajuus. Tämä on yksittäisten aaltojen taajuuksien keskiarvo. (1 p.)

- b) Kuvasta 2 voidaan lukea yhden pulssin kesto 0,050 s.

Yhdessä sekunnissa kuullaan siis 20 huojuntapulssia, jolloin yksittäisten aaltojen taajuuksien erotus on

$$|f_A - f_B| = \frac{1}{0,050 \text{ s}} = 20 \text{ Hz.}$$

Ääniraudan B taajuus on siis $f_B = 440 \text{ Hz} - 20 \text{ Hz} = 420 \text{ Hz}$. (2 p.)

Tehtävä 5

- a) Vaunujen kokonaisliikemäärä liikesuunnassa säilyy, kun jousi laukaistaan. (2/3 p.)

$$\bar{p}_{kok} = 0$$

$$\bar{p}_1 + \bar{p}_3 = 0 \quad (2/3 \text{ p.})$$

$$-mv_1 + 3mv_3 = 0$$

$$v_1 = 3v_3 = 3 \cdot 0,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,65 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 1,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (2/3 \text{ p.})$$

- b) Merkitään b-kohdan nopeuksia tunnuksella u .

Vaunupinojen liikemäärä säilyy:

$$\bar{p}_2 + \bar{p}'_3 = 0 \Rightarrow -2mu_2 + 3mu_3 = 0 \Rightarrow u_2 = \frac{3}{2}u_3. \quad (1 \text{ p.})$$

Koska jousi puristetaan samalla tavalla a- ja b-kohdissa, jousivoiman potentiaalienergia on sama. Kun jousi laukaistaan, potentiaalienergia muuttuu vaunujen liike-energiaksi.

Vaunupinojen liike-energioiden summa on kummassakin tapauksessa sama. (2/3 p.)

Liike-energian jakautuminen vaunupinojen kesken riippuu pinojen massojen suhteesta.

Kokonaisliike-energia a-kohdan tilanteessa:

$$E_{\text{kok}} = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \cdot 3mv_3^2 = \frac{1}{2}m(3v_3)^2 + \frac{3}{2}mv_3^2 = 6mv_3^2 \quad (2/3 \text{ p.})$$

Kokonaisliike-energia b-kohdan tilanteessa:

$$E_{\text{kok}} = \frac{1}{2} \cdot 2mu_2^2 + \frac{1}{2} \cdot 3mu_3^2 = m\left(\frac{3}{2}u_3\right)^2 + \frac{3}{2}mu_3^2 = \frac{15}{4}mu_3^2 \quad (2/3 \text{ p.})$$

Kokonaisliike-energiat ovat yhtä suuret:

$$6mv_3^2 = \frac{15}{4}mu_3^2.$$

Kolmen vaunun pino nopeus:

$$u_3 = \frac{+}{(-)}\sqrt{\frac{8}{5}}v_3 = \sqrt{\frac{8}{5}} \cdot 0,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,6957011 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0,70 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kahden vaunun pino nopeus:

$$u_2 = \frac{3}{2}u_3 = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{\frac{8}{5}} \cdot 0,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,0435516 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(1 p.)

Tehtävä 6

- a) Väkipyörän pyörimisakselin suhteen vaikuttavien momenttien summa on nolla. Momenttia aiheuttavat voimat ovat lavan ja säkin yhteinen paino G sekä voima F , jolla köyttä vedetään. Lisäksi väkipyörän akseliin vaikuttaa vastusmomentti M_V .

Momenttien tasapainoyhtälö väkipyörän akselin suhteen on

$$\sum M = Fr - (m_L + m_S)gr - M_V = 0.$$

($\frac{2}{3}$ p.)

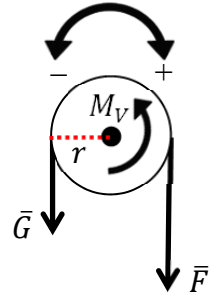
Tästä ratkaisemalla saadaan

$$F = (m_L + m_S)g + \frac{M_V}{r} = (2,9 \text{ kg} + 25 \text{ kg}) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + \frac{0,12 \text{ Nm}}{0,050 \text{ m}}$$

$$= 276,099 \text{ N} \approx 280 \text{ N}.$$

($\frac{2}{3}$ p.)

(kuva $\frac{2}{3}$ p.)



- b) Säkin nostossa tehdään työ

$$W = Fd = 276,099 \text{ N} \cdot 2,8 \text{ m} = 773,0772 \text{ J} \approx 770 \text{ J}.$$

(1 p.)

- c) Väkipyörän vastusmomenttia ei oteta huomioon. Vastapainoa käytettäessä säkin nostoon tarvitaan voima

$$F_1 = (m_L + m_S - m_V)g$$

tai $F_1 = 0$, jos vastapaino on niin massiivinen, että

$$m_V \geq (m_L + m_S).$$

Vastapainon nostoon takaisin ylös ja tyhjän lavan laskemiseen alas tarvitaan voima

$$F_2 = (m_V - m_L)g$$

tai $F_2 = 0$, jos vastapaino on niin vähämassainen, että

$$m_V \leq m_L.$$

Kun kumpikaan voimista F_1 ja F_2 ei ole nolla, on edestakaisessa liikkeessä tehty työ

$$W = (F_1 + F_2)d = m_Sgd.$$

Jos jompikumpi voimista on nolla, niin edestakaisessa liikkeessä tehty työ on tätä suurempi.

(2 p.)

Vastapaino kannattaa siis valita siten, että

$$m_L \leq m_V \leq (m_L + m_S)$$

$$2,9 \text{ kg} \leq m_V \leq 27,9 \text{ kg}$$

$$2,9 \text{ kg} \leq m_V \leq 28 \text{ kg}.$$

(1 p.)

Tehtävä 7

- a) Oletetaan, että varatun levykondensaattorin sähkökenttä on levyjen välissä homogeeninen ja häviävän pieni muualla.

Kondensaattori irrotetaan varaamisen jälkeen jännitelähteestä, joten kondensaattorilevyillä oleva varaus ei muutu.

Ilmarakoon sijoitettu väliainelevy ei muuta sähkökentän suuntaa. Sähkökentän voimakkuus ei muutu jäljelle jäävässä ilma-araossa. (1 p.)

- i) Eristeen sisällä eristeen polarisoitumisen vuoksi sähkökentän voimakkuus heikkenee tekijällä ϵ_r , joka on eristeen suhteellinen permittiivisyys. Jos ulkopuolisen sähkökentän voimakkuus on E_u , niin sähkökentän voimakkuus eristeessä on

$$E_e = \frac{E_u}{\epsilon_r}. \quad (1 \text{ p.})$$

- ii) Johteessa influenssi-ilmiön takia sähkökentän voimakkuus on nolla. (1 p.)

- b) Kapasitanssi on kondensaattorilevyjen varauksen ja niiden välisen jännitteen suhde:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Homogeenisessä sähkökentässä jännite on

$$U = Ed,$$

missä d on tarkastelupaikkojen välimatka sähkökentän suuntaisesti.

(1 p.)

- i) Eristelevyn tapauksessa sähkökenttä on ilma-araossa muuttumaton, mutta sähkökenttä on heikompi eristeessä. Tämän takia jännite levyjen välillä pienenee. Koska levyjen varaus ei muutu, kapasitanssi kasvaa. (1 p.)

(Eristeosan ja ilma-araon yli olevat jännitteet:

$$U_1 + U_2 = E \frac{d}{2} + \frac{E d}{\epsilon_r 2} = Ed \frac{(\epsilon_r + 1)}{2\epsilon_r} < Ed,$$

koska $\epsilon_r > 1$.)

- ii) Johdelevyn tapauksessa johteen sisällä sähkökentän voimakkuus on nolla. Sähkökentän voimakkuus on kuitenkin alkuperäisen suuruinen ilma-araossa, jonka paksuus on puolet levyjen välimatkasta. Näin ollen kondensaattorin jännite on puolet alkuperäisestä. Levyjen varaus ei muutu. Täten kondensaattorin kapasitanssi kaksinkertaistuu. (1 p.)

Tehtävä 8

a) Testikäämiin induoituva jännite saadaan induktiolaista. Kun käämin läpäisevän magneettivuon muutosnopeus on vakio, laki saa muodon

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

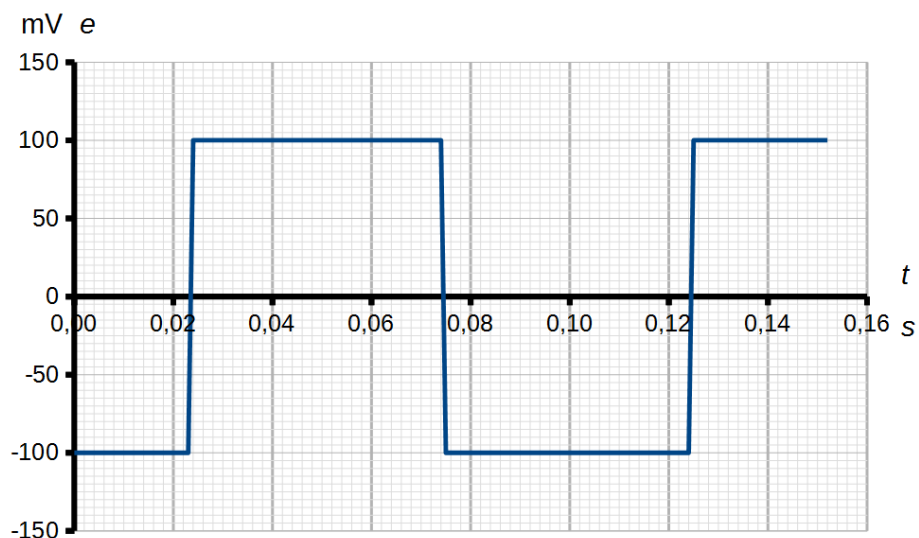
Lasketaan kuvaajan lineaarisia osia vastaavat testikäämiin induoituvat jännitteet:

B :n kuvaajan huiput ovat kohdissa 0,024 s, 0,074 s ja 0,124 s eli 0,050 s välein. Kuvaaja on myös symmetrinen t -akselin suhteen. Näin ollen $\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right|$ on vakio kuvaajan lineaarisilla osilla, joten riittää, että lasketaan induoituva jännite yhdellä magneettivuon tiheyden muutosnopeudella.

$$\hat{e} = -3600 \cdot (0,042 \text{ m})^2 \cdot \frac{(-0,32 - 0,28) \text{ mT}}{(0,070 - 0,032) \text{ s}} = 100,26947 \text{ mV} \approx 100 \text{ mV}$$

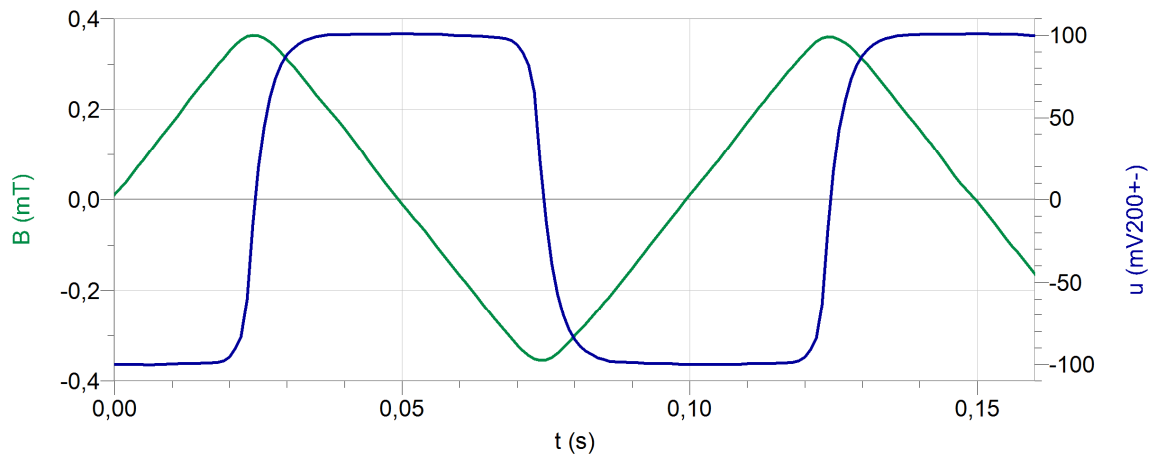
(2 p.)

Piirretään jännitteen kuvaaja vastaamaan tilannetta, jossa $B(t)$:n huiput eivät olisi lainkaan pyörityneet.



(2 p.)

Alla on esitetty todellisesta mittausdatasta piirretyt kuvaajat.



- b) Kun käämiä käännetään siten, että sen akseli ei ole magneettikentän suuntainen, magneettikenttää vastaan kohtisuora pinta-ala on $A \cos \alpha$.

Testikäämiin indusoituvan jännitteen huippuarvo on

$$\begin{aligned} \hat{\epsilon} &= -NA \cos \alpha \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ &= -3600 \cdot (0,042 \text{ m})^2 \cdot \cos 65^\circ \cdot \frac{(-0,32 - 0,28) \text{ mT}}{(0,070 - 0,032) \text{ s}} = 42,375711 \text{ mV} \\ &\approx 42 \text{ mV}. \end{aligned}$$

(2 p.)

Tehtävä 9

a) Kuvassa A on atomin elektroniverhon viritystilat.

Elektroniverhon energiatilat määräytyvät pääosin kupariatomin elektronien ja ytimen sähkömagneettisesta vuorovaikutuksesta, mutta myös elektronien välisellä sähkömagneettisella vuorovaikutuksella on merkitystä energiatasojen määräytymisessä. (Hyvin keskeinen asema on Paulin kielto­säännöllä.)

Viritystilat syntyvät kiihdytettyjen elektronien luovuttaessa liike-energiaansa atomin elektroniverholle. Kupariatomin elektronin vastaanottama energia on vähintään yhtä suuri kuin K-kuoren elektronin irrottamiseen vaadittu energia.

(2 p.)

b) Kuvassa B on ytimen viritystilat.

Ytimen energiatilat määräytyvät protonien ja neutronien välisestä vahvasta vuorovaikutuksesta ja protonien välisestä sähkömagneettisesta vuorovaikutuksesta. Ytimen koon luokkaa olevilla etäisyyksillä vahva vuorovaikutus synnyttää attraktiivisen voiman.

Tc-99 ytimen viritystila syntyy, kun heikko vuorovaikutus aiheuttaa Mo-99 ytimen muuttumisen β^- -hajoamisella Tc-99 ytimeksi. Beetahajoamisessa ytimen järjestysluku kasvaa ($Z(\text{Mo})=42$, $Z(\text{Tc})=43$) yhden neutronin muuttuessa protoniksi. Beetahajoamisen jälkeen Tc-99 ydin jää lyhytikäiseen viritystilaan, jonka purkautuessa vapautuu gammasäteilyä.

(3 p.)

c) Kuvassa A siirtymä, jossa syntyvän säteilyn aallonpituus on suurin, on $L_2 \rightarrow K$. Siirtymässä syntyvän fotonin energia on tasojen energioiden erotus.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,1356654 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8979 \text{ eV} - 952 \text{ eV}} = 1,54462749 \cdot 10^{-10} \text{ m} \approx 0,15 \text{ nm}$$

Kuvassa B on vain yksi siirtymä, jossa syntyy sähkömagneettista säteilyä. Lasketaan tätä siirtymää vastaavan emittoituvan säteilyn aallonpituus.

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,1356654 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,435 \text{ MeV} - 0,294 \text{ MeV}} = 8,79342189 \cdot 10^{-12} \text{ m} \approx 8,8 \text{ pm}$$

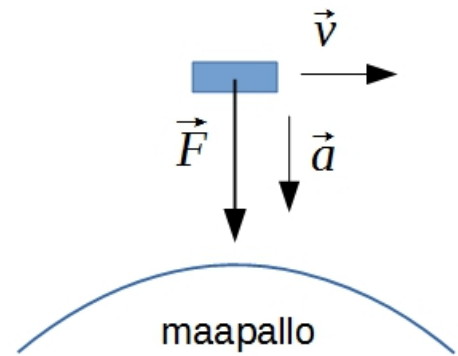
Tehtävä 10

a) Maapallo kohdistaa avaruusasemaan gravitaatiovoiman

$$F = \gamma \frac{mM}{r^2}$$

joka suuntautuu maapallon keskipistettä kohti.

(Kuva 1 p.)



Gravitaatiovoima pitää aseman maapalloa kiertävällä ympyräradalla etäisyydellä

$$r = h + R = 405000 \text{ m} + 6378140 \text{ m} = 6783140 \text{ m}$$

maapallon keskipisteestä.

Maapallon massa on $M = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ja avaruusaseman massa m .

Gravitaatiovoima aiheuttaa avaruusasemalle keskeiskiihtyvyyden. Sovelletaan Newtonin II lakia avaruusasemaan vaikuttaville voimille

$$F = ma_n$$
$$\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r},$$

missä v on avaruusaseman nopeus. Sieventämällä lausekkeet nopeudeksi saadaan

$$v = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}} = \sqrt{6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot \frac{5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6783140 \text{ m}}} = 7666,893488 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7670 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(2 p.)

b) Kiertoaika ympyräradalla on

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \cdot 6783140 \text{ m}}{7666,893488 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5558,930178 \text{ s} = 5560 \text{ s} = 92,6 \text{ min}$$

(1 p.)

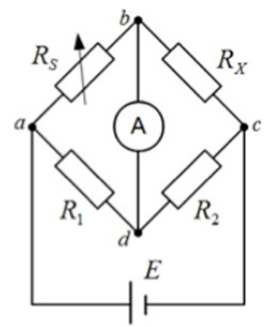
c) Maapallon avaruusasemaan kohdistama gravitaatiovoima pitää sen radallaan. Ilman tätä voimaa avaruusasema jatkaisi kulkuaan suoraviivaisesti. Avaruusasema putoaa siis vapaasti gravitaatiokentässä. Sama vuorovaikutus kohdistuu avaruusasemalla olevaan ihmiseenkin. Vapaasti putoavassa liikkeessä olevan ihmisen kiihtyvyys on sama kuin aseman, joten ihminen ei tunne tukivoimaa. Tästä aiheutuu painottomuuden tunne, vaikka ihmiseen vaikuttaakin lähes samansuuruinen gravitaatiovoima kuin maanpinnalla.

(2 p.)

Tehtävä 11

Kun piirissä kulkee sähkövirta, niin virran haarautumiskohdat ovat pisteissä a ja c . Säätoivastuksen R_S arvo on säädetty sellaiseksi, ettei virtamittarin läpi kulje virtaa.

Tällöin potentiaalit pisteissä b ja d ovat yhtä suuret (välillä bd ei ole jännitettä).



Tästä seuraa, että jännitteille on voimassa

$$\begin{cases} U_{ab} = U_{ad} \\ U_{bc} = U_{dc} \end{cases}$$

Virrat eivät jakaudu pisteissä b ja d . Vastuksien R_1 ja R_2 läpi kulkee sama virta I_{ad} . Vastuksien R_S ja R_X läpi kulkee myös sama virta I_{ab} .

(2 p.)

Ohmin lain $U = RI$ mukaan

$$\begin{cases} I_{ab}R_X = I_{ad}R_2 \\ I_{ab}R_S = I_{ad}R_1 \end{cases}$$

(2 p.)

Näistä saadaan verranto

$$\frac{R_X}{R_S} = \frac{R_2}{R_1}$$

Tuntematon resistanssi on

$$R_X = \frac{R_2}{R_1} R_S = \frac{3,00 \text{ k}\Omega}{2,00 \text{ k}\Omega} \cdot 1,48 \text{ k}\Omega = 2,22 \text{ k}\Omega.$$

(2 p.)

Tehtävä +12

Tässä on esitetty esimerkkinä jokaiseen kohtaan kaksi erilaista mittaussjärjestelyä.

a) Nesteen tiheyden määrittäminen:

Mittaus 1.

Punnitaan tyhjän **mittapullon** massa m_0 ja tutkittavalla nesteellä täytetyn pullon massa m . Mittapullossa olevan nesteen *tilavuus* on V .

Nesteen tiheys on $\rho = \frac{m-m_0}{V}$.

Mittaus 2.

Ensin **narussa** roikkuva **punnus** punnitaan **jousivaa'alla** ilmassa. Sitten se upotetaan **mittalasisa** olevaan nesteeseen siten, että punnus on kokonaan upoksissa, muttei osu lasin pohjaan. Punnuksen *tilavuus* V saadaan nesteen pinnan noususta. Lopuksi punnus punnitaan jousivaa'alla nesteessä. Jousivaa'an lukemien erotuksena saadaan upoksissa olevaan punnukseen vaikuttava *noste* $N = G_i - G_n$.

Noste riippuu nesteen tiheydestä $N = \rho g V$.

Nesteen tiheys $\rho = \frac{G_i - G_n}{gV}$.

b) Nesteen ominaislämpökapasiteetin määrittäminen:

Mittaus 1.

Punnitaan nesteen massa m . Lisätään neste **kalorimetriin** ja lämmitetään sitä **uppokuumentimella**. Mitataan uppokuumentimen *virta* I , *jännite* U , nesteen *lämmitysaika* t , *alku- ja loppulämpötilat* T_0 ja T .

Uppokuumentimen teho on

$$P = UI = \frac{Q}{t} = \frac{cm(T - T_0)}{t}.$$

Nesteen ominaislämpökapasiteetti on

$$c = \frac{Pt}{m(T - T_0)}.$$

Mittaus 2.

Laitetaan nestettä, jonka massa m_1 on punnittu, **kalorimetriin**. Keitetään kiehuvässä **vedessä** (*lämpötila* T_2) **metallikuutiota**, jonka massa on punnittu ja ominaislämpökapasiteetti tunnetaan. Mitataan kalorimetrissä olevan nesteen *alkulämpötila* T_1 . Siirretään kuutio kalorimetriin ja mitataan *sekoituslämpötila* T .

Kylmä neste ottaa vastaan yhtä suuren lämpömäärän kuin kuuma metallikuutio luovuttaa eli

$$cm_1(T - T_1) = c_2m_2(T_2 - T).$$

Nesteen ominaislämpökapasiteetti on

$$c = \frac{c_2m_2(T_2 - T)}{m_1(T - T_1)}.$$

c) Nesteen taitekertoimen määrittäminen:

Mittaus 1.

Suunnataan **lasersäde** tuntemattoman nesteen läpi ilmaan $n_i \approx 1,00$ ja etsitään tulokulma, missä tapahtuu kokonaisuheijastuminen. Mitataan *rajakulma* α_r .

Taantumislain mukaan tässä

$$n_n \sin \alpha_r = n_i \sin 90^\circ$$
$$n = n_i \sin \alpha_r \approx \sin \alpha_r.$$

Mittaus 2.

Suunnataan **lasersäde** ilmasta, jonka taitekerroin $n_i \approx 1,00$, nesteen pintaan. Mitataan *tulokulma* α_i ja *taitekulma* α_n .

Tantumislain mukaan $n_n \sin \alpha_n = n_i \sin \alpha_i$. Nesteen taitekerroin $n_n = \frac{n_i \sin \alpha_i}{\sin \alpha_n}$.

(Pisteitys: Jokaisessa kohdassa toimivasta ideasta saa 1 p., kokeessa käytettyjen välineiden mainitsemisesta 1/3 p. ja oikeiden kaavojen antamisesta 1 p.)

Tarkkuus- ja luotettavuustekijät:

Yksittäisten mittaustulosten ja siten tuloksen tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mittalaitteiden, kuten vaa'an, mittalasin tai virta- ja jännitemittarin lukematarkkuus ja mittausalue.

Mittaustulosten luotettavuuteen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat tekijät:

- Mittalaite on kalibroitu oikein ja se näyttää oikeaa lukemaa.
- Mittalaitetta luetaan oikein.
- Mittaus toistetaan useita kertoja, jolloin ilmeiset virhetulokset voidaan hylätä.
- Suure määritetään eri tavoilla, ja tuloksia verrataan keskenään.
- Tuloksen laskemisessa käytettyihin kaavoihin sijoitettavat suureet kuten ominaislämpökapasiteetti, tilavuus ja ilman taitekerroin ovat riippuvaisia lämpötilasta. Lämpötilariippuvuus on huomioitava laskutoimituksia tehtäessä.
- Aineen taitekerroin riippuu valon aallonpituudesta.

(2 p.)

Tehtävä +13

a) Kasvihuoneilmiö tarkoittaa ilmakehän alimpien osien lämpenemistä kasvihuonekaasujen vaikutuksesta. Tärkein kasvihuonekaasu on vesihöyry, muita kasvihuonekaasuja ovat muun muassa hiilidioksidi ja metaani. Kasvihuonekaasut päästävät auringon säteilyn maanpintaan, sillä ne eivät absorboi näkyvää valoa. Sen sijaan ne absorboivat infrapunasäteilyä, ja siten estävät osittain Maasta lähtevän lämpösäteilyn pääsyn takaisin avaruuteen. Kasvihuoneilmiön johdosta ilmakehän keskilämpötila lähellä maanpintaa pysyy noin 33 °C korkeamana kuin ilman kasvihuonekaasujen vaikutusta, jolloin se olisi noin -18 °C. (2 p.)

b) Vesihöyry on voimakas kasvihuonekaasu. Vesihöyryä on ilmakehän alimmissa kerroksissa, joissa sen lämmitysvaikutus on suurin. Kun lämmin, kostea ilma nousee ylöspäin, se jäähtyy ja vesihöyry tiivistyy pilviksi. Säteilyä siroaa pilvien vesipisaroista. Maasta tulevaa lämpösäteilyä siroaa takaisin, jolloin pilvillä on maan pintaa lämmittävä vaikutus. Toisaalta pilvet estävät auringon säteilyn pääsyn maanpintaan, jolloin pilvet myös jäädyttävät maapalloa. (2 p.)

c) Hiilidioksidi on kasvihuonekaasu. Hiilidioksidi jakautuu koko ilmakehään, kun taas vesihöyryä on paljon vain lähellä maan pintaa. Hiilidioksidi absorboi maapallon infrapunasäteilyä ja lämmittää myös ylempiä ilmakerroksia.

Hiilidioksidipitoisuuden kasvu nostaa entisestään ilmakehän lämpötilaa. Koska vesihöyryn määrä on riippuvainen ilman lämpötilasta, myös vesihöyryn määrä kasvaa. Tällöin kasvihuoneilmiö voimistuu, mikä voi ilmetä maapallon keskilämpötilan nousuna. Vesihöyrypitoisuuden vaihtelu ilmassa on nopeaa, mutta hiilidioksidi poistuu ilmakehästä hitaasti.

Keskilämpötilan nousu voi aiheuttaa ilmastonmuutoksen. Ilmastonmuutokseen liittyviä ilmiöitä ovat muun muassa merivesien lämpeneminen, merivirtausten muutokset ja sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen. (3 p.)

d) Jäätiköiden tapauksessa on kyse ns. palauteilmiöistä, joissa pientä lämpötilan nousua seuraa tapahtuma, joka vahvistaa lämpötilan nousua.

Jäänpinta heijastaa auringon säteilyä paljon paremmin kuin maanpinta tai sula vesi. Kun lämpötila nousee kasvihuoneilmiön voimistuessa, jää alkaa sulaa. Jään sulaessa paljastuu maanpintaa tai sulaa vettä, jotka absorboivat säteilyä enemmän kuin heijastavat. Lämpötila nousee entisestään, ja jäätiköt alkavat sulaa nopeammin. Merijää toimii myös hyvänä eristeenä kylmän ilman ja lämpimämmän meriveden välillä. Jos meri on suuremman osan vuodesta ilman jääpeitettä, sen eristävyysvaikutus pienenee.

Jäätiköt tummuvat, kun jäätiköiden sulaessa niiden sisällä oleva tuhka ja muu tummempi maaines tulee näkyviin. Saasteita kulkeutuu myös koko ajan muualta jään pintaan tuulien mukana. Tumma pinta absorboi hyvin säteilyä, millä on samanlainen lämpötilaa nostava ja sulamista edistävä vaikutus.

Jään sulaessa jäähän, maahan ja meriin sitoutuneet kasvihuonekaasut, erityisesti hiilidioksidi ja metaani, vapautuvat ilmakehään, mikä voimistaa kasvihuoneilmiötä. Meret toimivat hiilen varastoinnina, ja kylmä vesi sitoo enemmän hiilidioksidia kuin lämmin vesi. Merissä tapahtuu vedenkiertoa syvyysuunnassa, jolloin hiilidioksidipitoista vettä kulkeutuu merien pohjaan. Tämä vedenkierto voi häiriintyä, jos merien lämpötila nousee. (2 p.)