



AVOIN SARJA

Kirjoita tekstaten **jokaiseen vastauspaperiin oma nimesi**
ja yhteen vastauspaperiin **kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.**

Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.

Sekä tehtävä- että vastauspaperit palautetaan kilpailun loputtua.

Vastaa vain neljään (4) tehtävään. Kokeellinen tehtävä eli tehtävä 1 on pakollinen. Muut kolme tehtävää voit valita vapaasti tehtävistä 2-5.

Graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaaja voidaan laatia (millimetri)paperille ja ratkaista siitä tarvittaessa kuvaajan yhtälö. Vaihtoehtoisesti graafinen esitys voidaan tehdä 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. Selvitä tuntemattoman nesteen tiheys.

Ainoa käytettävissäsi oleva mittaväline on jousivaaka tai voima-anturi. Lisäksi käytössäsi on vettä, jonka tiheys tunnetaan ($1,0 \text{ kg/dm}^3$), sekä kappale, joka voidaan ripustaa jousivaakaan / voima-anturiin ja joka uppoaa veteen.

Kerro vastauksessasi, mitä mittasit, mitä sait tulokseksi ja miten selvitit mittauksista nesteen tiheyden. Piirrä tarvittavat kuvat. Pohdi myös virhelähteitä ja arvioi tuloksen virhettä.

2. Ilman suhteellinen permittiivisyys ϵ_r saadaan laskettua kokeellisesta yhtälöstä:

$$\epsilon_r = 1 + \frac{211 \text{ K}}{T} \left(P + \frac{4800 \text{ K} \cdot P_s}{T} \cdot RH \right) \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mmHg}},$$

missä T on ilman lämpötila absoluuttisessa yksikössä,

P on vallitseva ilmanpaine yksikössä mmHg,

P_s on kylläisen vesihöyryn paine yksikössä mmHg kyseisessä lämpötilassa T ja

RH on ilman suhteellinen kosteus (desimaalilukuna).

- a) Ukonilmalla ilmanpaineeksi mitataan $1\,015 \text{ hPa}$ ja lämpötilaksi $23 \text{ }^\circ\text{C}$. Laske ilman suhteellinen permittiivisyys.
- b) Ukkospilveä mallinnetaan kahdella pistemäisellä varauksella samalla pystysuoralla linjalla. Negatiivinen -25 C:n suuruinen varaus on $4,0 \text{ km:n}$ korkeudessa ja positiivinen $+25 \text{ C:n}$ suuruinen varaus $8,0 \text{ km:n}$ korkeudessa. Minkälainen sähkökenttä on maanpinnalla suoraan varausten alapuolella?

3. Valitse oikea vaihtoehto ja *perustele* valintasi.

a) Ilmanpainekannu (kuva oikealla) on hauska sisustuselementti, jota tarkkailemalla voi seurata ilmanpaineen vaihteluja. Aluksi vesipinnat ovat yhtä korkealla kannun säiliön puolella ja sen nokassa. Seuraavana päivänä havaitaan kuitenkin vesipinnan nokassa olevan korkeammalla kuin kannussa. Tämä on seurausta

- 1) ilmanpaineen laskusta.
- 2) ilmanpaineen noususta.



b) Ulkona auringossa olevan säiliön tulisi pysyä mahdollisimman viileänä. Niinpä

- 1) koko säiliö kannattaa maalata mustaksi.
- 2) koko säiliö kannattaa maalata valkoiseksi.
- 3) säiliön eteläseinämä kannattaa maalata valkoiseksi ja pohjoisseinämä mustaksi.
- 4) säiliön eteläseinämä kannattaa maalata mustaksi ja pohjoisseinämä valkoiseksi.

c) Puu- ja kuparikappale, joilla on sama massa, kuumennetaan $80\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen, minkä jälkeen kappaleet asetetaan kookkaiden jääharkkojen päälle eristettyihin astioihin.

- 1) Puukappale sulattaa enemmän jäätä kuin metallikappale.
- 2) Kuparikappale sulattaa enemmän jäätä kuin puukappale.
- 3) Kappaleet sulattavat yhtä paljon jäätä.

d) Samankokoiset, tummiksi maalatut puu- ja alumiini-levyt ovat huoneenlämpötilassa, kun niiden päälle asetetaan jääpalat.

- 1) Puulevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
- 2) Alumiinilevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
- 3) Jääpalat sulavat samaa tahtia levyjen päällä.



4. Silmän lähipiste on lyhin etäisyys, jolta silmä muodostaa terävän kuvan verkkokalvolle. Normaalin silmän lähipiste on 25 cm etäisyydellä silmästä. Optikolla käynnin perusteella opiskelijan lähipiste on 1,0 m etäisyydellä silmästä.

- a) Minkälaiset silmälasit opiskelija tarvitsee, jotta hän näkee 25 cm etäisyydellä olevan lpadin tekstin terävänä? Perustele ja piirrä kuva, joka esittää kuvan muodostumista silmälasin linssissä.
- b) Laske silmälasien linssin taittovoimakkuus ja polttoväli.

5. Avaruusaluksen kiihdyttäessä matkanopeuteen matkustajien on mahdollista kokea tilanne samanlaisena kuin esimerkiksi seistessään planeetan pinnalla.

- a) Piirrä kuva ja perustele, miten matkustajien pitää seistä, jotta kiihdyttävässä aluksessa tuntuisi samalta kuin Maan pinnalla seistessä. Kuinka suuri aluksen kiihtyvyyden pitää tällöin olla?

Pitkillä avaruusmatkoilla aluksen matkatessa tasaisesti ja matkaajien horrostaessa painottomuus voi aiheuttaa luukatoa. Tätä voidaan ehkäistä pyörivän horrosmoduulin avulla.

- b) Piirrä kuva ja perustele, missä asennossa horrostajat sylinterin muotoisessa, pyörivässä moduulissa olisivat, jotta tilanne vastaisi nukkumista vaaka-asennossa Maan pinnalla.
- c) Pyörivän horrosmoduulin säde on 2,8 m. Mikä pitää horrosmoduulin pyörimisnopeuden olla, jotta horrostajiin kohdistuu samansuuruinen rasitus kuin painovoiman vaikutuksesta Maan pinnalla?



LUKION FYSIIKKAKILPAILU 1.11.2017

PERUSSARJA

Kirjoita tekstaten **jokaiseen vastauspaperiin oma nimesi**
ja yhteen vastauspaperiin **kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi, opettajasi nimi sekä koulusi nimi.**

Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.

Sekä tehtävä- että vastauspaperit palautetaan kilpailun loputtua.

Vastaa vain neljään (4) tehtävään.

Graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaaja voidaan laatia (millimetri)paperille ja ratkaista siitä tarvittaessa kuvaajan yhtälö. Vaihtoehtoisesti graafinen esitys voidaan tehdä 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.

- Vastaa tehtäviin. Mikäli tehtävästä tai taulukkokirjasta ei löydy lukuarvoja tarvittaville suureille, voit antaa oman arvion. Merkitse arvioimasi lukuarvot ja kerro mihin arviosi perustuu.
 - Citroën ilmaisee automalleissaan moottorin tehon hevosvoimina. Esim. Citroen C5 HDi 110 tarkoittaa, että mallissa on 110 hv:n moottori. Ilmoita moottorin teho kilowatteina.
 - Reima ilmoittaa välikausihaalari ReimaTEC Vacalisin vedenpitävyydeksi vesipilariarvon 8 000 mm. Vesipilari kertoo, kuinka paksun vesikerroksen aiheuttaman paineen kangas kestää ennen kuin se alkaa päästää vettä lävitseen. Laske luvattu paine kilopascalina.
 - Eräs arvio eläimen perusaineenvaihdunnan energiantarpeelle BMR saadaan Kleiberin yhtälöstä $BMR = 70 \cdot M^{0,75} \frac{\text{kcal}}{\text{d}}$, missä M on eläimen massa kilogrammoina ilman yksikköä. Kuinka paljon lampaanpaistia (1,0 kJ/100 g) tulisi syöttää koiralle, jonka massa on 30 kg?
 - Säteilyturvakeskus STUK on määrittänyt hammasröntgenkuvassa absorboituneen annoksen D sallituksi maksimiksi 2,5 mGy. Alaleukaan kohdistetussa röntgenkuvassa annoksen ja pinta-alan tulo *dose-area-product* DAP oli 52,0 mGy·cm². Ylittyikö hyväksyttävä absorboitunut annos?
- Elokuussa 2014 Euroopan avaruusjärjestön ESAn miehittämätön komeettaluotain Rosetta saavutti komeetta 67P/Tšurjumov–Gerasimenkon. Marraskuussa 2014 luotaimelta pudotettiin komeetalle Philae-laskeutuja, joka suoritti komeetan pinnalla mittauksia. Laskeutuminen epäonnistui osittain, sillä luotaimen kiinnitysharppuuna ei toiminut ja laskeutuja teki kaksi loikkaa komeetan pinnalla ennen kuin pysähtyi varjoisaan kallionkoloon, jossa sen akut tyhjenivät muutamassa vuorokaudessa.

Philae-laskeutuja
kuva: ESA/ATG medialab

 - Marraskuussa 2014 komeetta 67P/Tšurjumov–Gerasimenko oli noin 510 miljoonan kilometrin päässä Maasta. Tieto Philae-laskeutujan epäonnistuneesta laskeutumisesta saatiin radiosignaalin avulla. Kuinka monta minuuttia signaalilla kesti kulkea Rosetta-luotaimelta Maahan?
 - Laske komeetan aiheuttama keskimääräinen kiihtyvyyden, kun 100 kg:n massainen Philae ponnahti pinnalta pystysuuntaisella alkunopeudella 38 cm/s ja kohosi lentoratansa korkeimpaan kohtaan 56 minuutissa.
 - Kuinka korkealle komeetan pinnasta Philae ponnahti? Oletetaan, että kiihtyvyyden pysyy vakiona.
 - Mars-planeetan pinnalle pudotettujen laskeutujien vauhtia hidastetaan esimerkiksi laskuvarjon avulla. Pohdi laskuvarjon käyttökelpoisuutta komeetan tapauksessa.

3. Valoa lähettävän diodin eli LEDin napojen välinen jännite ja sähkövirta mitattiin yleismittareilla, kun diodi oli kytketty säädettävään jännitelähteeseen. Mittaustulokset on esitetty oheisessa taulukossa.

jännite (V)	0,00	0,95	1,67	1,85	2,02	2,29	2,44	2,61	2,78
sähkövirta (mA)	0,0	0,0	0,9	5,3	16,9	37,2	49,0	63,2	76,8

- a) Laadi sopiva graafinen esitys ja selvitä kuvaajan avulla:
- Mikä on diodin kynnysjännite?
 - Diodin käyttöjännite on 2,20-2,35 voltia. Kuinka suuri sähkövirta diodissa on tällöin?
- b) Diodia käytetään 12,0 voltin akulla. Kuinka suuri suojavastuksen resistanssin tulisi olla, jotta diodin jännite olisi suositeltu käyttöjännite? Akun sisäinen resistanssi on pieni.
4. Valitse oikea vaihtoehto ja *perustelee* valintasi.

- a) Ilmanpaineekannu on hauska sisustuselementti, jota tarkkailemalla voi seurata ilmanpaineen vaihteluja. Aluksi vesipinnat ovat yhtä korkealla kannun säiliön puolella ja sen nokassa. Seuraavana päivänä havaitaan kuitenkin vesipinnan nokassa olevan korkeammalla kuin kannussa. Tämä on seurausta



- ilmanpaineen laskusta.
- ilmanpaineen noususta.

- b) Ulkona auringossa olevan säiliön tulisi pysyä mahdollisimman viileänä. Niinpä
- koko säiliö kannattaa maalata mustaksi.
 - koko säiliö kannattaa maalata valkoiseksi.
 - säiliön eteläseinämä kannattaa maalata valkoiseksi ja pohjoisseinämä mustaksi.
 - säiliön eteläseinämä kannattaa maalata mustaksi ja pohjoisseinämä valkoiseksi.

- c) Puu- ja kuparikappale, joilla on sama massa, kuumennetaan 80 °C:seen, minkä jälkeen kappaleet asetellaan kookkaiden jääharkkojen päälle eristettyihin astioihin.

- Puukappale sulattaa enemmän jäätä kuin metallikappale.
- Kuparikappale sulattaa enemmän jäätä kuin puukappale.
- Kappaleet sulattavat yhtä paljon jäätä.

- d) Samankokoiset, tummiksi maalatut puu- ja alumiinilevyt ovat huoneenlämpötilassa, kun niiden päälle asetetaan jääpalat.

- Puulevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
- Alumiinilevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
- Jääpalat sulavat samaa tahtia levyjen päällä.



5. a) Helsingin Sanomissa oli 9.5.1992 artikkeli "Voimat ne on hiirelläkin". Artikkelissa mainittiin, että viisitoista rotevaa hiirtä jaksaa nostaa minuutissa yhden jalan korkeuteen kappaleen, jonka massa on yksi naula. Laske tämän perusteella kuinka monta hiirivoimaa on yksi hevosvoima.
- b) Fysiikan tunnilla havainnollistettiin Joulen koetta "lämmittämällä" vettä sauvasekoittimella keitinlasissa. Keitinlasissa oli 174 g vettä, jonka lämpötila oli alussa 20,7 °C. Kun vettä oli sekoitettu 24 sekuntia, sen lämpötila oli noussut 21,2 °C:seen. Laske lämmitysteho ja pohdi mahdollisuuksia kuumentaa vesi kiehuvaan sekoittimella olettaen, että sekoitinta voidaan pitää pitkiä aikoja päällä.



ÖPPNA SERIEN

Texta **ditt namn på varje provpapper**

och på ett av provpappren **din hemadress, din epostadress, din lärares namn och skolans namn.**

Tävlingstiden är 100 minuter.

Både dina lösningar och frågeformulären returneras i slutet av provet.

Svara på fyra (4) uppgifter. Den experimentella uppgiften nummer 1 är obligatorisk. De övriga tre uppgifterna kan du välja bland uppgifterna 2-5.

I uppgifter som kräver en grafisk framställning, kan du göra din graf på millimeterpapper och möjligen resonera dig fram till grafens ekvation på pappret. Du kan också göra din grafiska lösning på en grafräknare, men då ska du göra en principskiss på papper. På den bilden ska det framgå vilka storheter du markerar på koordinataxlarna, vilken form grafen har samt den ekvation räknaren möjligen ger för grafen. Ange enheten för storheterna i ekvationen.

1. Bestäm densiteten för en obekant vätska.

Du får bara använda en dynamometer eller en kraftgivare. Du har vidare tillgång till vatten med den kända densiteten $1,0 \text{ kg/dm}^3$, samt en kropp som kan hängas upp i dynamometern/kraftgivaren och sänkas ned i vätskorna. Redogör tydligt för vad du mätte, vilka dina resultat blev och hur du sedan räknade ut den okända vätskans densitet. Rita bilder/graffer som en del av förklaringen. Berätta också om felkällor och uppskatta pålitligheten av ditt resultat.

2. Luftens relativa permittivitet ϵ_r kan experimentellt beräknas ur ekvationen:

$$\epsilon_r = 1 + \frac{211 \text{ K}}{T} \left(P + \frac{4800 \text{ K} \cdot P_s}{T} \cdot RH \right) \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mmHg}},$$

där T är luftens temperatur, mätt med absoluta temperaturenheten,

P är det rådande lufttrycket med enheten mmHg,

P_s trycket för mättad vattenånga med enheten mmHg, vid den rådande temperaturen T och

RH är den relativa fuktigheten (angivet som decimaltal).

- a) Vid ett åskväder mättes lufttrycket $1\,015 \text{ hPa}$ och temperaturen $23 \text{ }^\circ\text{C}$. Beräkna luftens relativa permittivitet.
- b) Vi behandlar ett åskmoln enligt en modell, som två punktformiga laddningar på en vertikal linje. Vi har en negativ laddning på -25 C vid höjden $4,0 \text{ km}$ och en positiv laddning på $+25 \text{ C}$ vid höjden $8,0 \text{ km}$. Vilket är det elektriska fältet rakt under laddningarna vid jordytan?

3. Välj rätt alternativ och *motivera* ditt val.

- a) En lufttryckskanna (på bilden till höger) är ett roligt inredningsobjekt, som gör det möjligt att följa med ändringar i lufttrycket. Ursprungligen ligger vätskeytorna på samma nivå i kannan och den rörformiga pipen. Följande dag har ändå vätskeytan i pipen stigit till en högre nivå än i kannan. Det här beror på att
- 1) Lufttrycket sjunkit.
 - 2) Lufttrycket stigit.
- b) Ett kärl som står utomhus i solsken borde hålla sig vid en så låg temperatur som möjligt. Då lönar det sig att
- 1) måla hela kärlet svart.
 - 2) måla hela kärlet vitt.
 - 3) måla södra delen av kärlet vit och norra delen svart.
 - 4) måla södra delen svart och norra delen vit.
- c) Ett stycke trä och koppar har samma massa. De upphettas vardera till $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, varefter de placeras på stora isblock i isolerade kärl.
- 1) Trästycket smälter mera is än kopparstycket.
 - 2) Kopparstycket smälter mera is än trästycket.
 - 3) Kropparna smälte lika stora mängder is.



- d) Lika stora svartmålade trä- och aluminiumskivor befinner sig vid rumstemperatur då man placerar isbitar på dem.
- 1) Isen smälter snabbare på träskivan.
 - 2) Isen smälter snabbare på aluminiumskivan.
 - 3) Isbitarna smälter lika snabbt på vardera skivan.



4. Ögats närpunkt ligger på det avstånd från ögat som i normala fall kräver full ackommodation för att en skarp bild projiceras på näthinnan. Ett normalt öga har en närpunkt på avståndet 25 cm. En student besöker en optiker och konstateras ha sin närpunkt 1,0 m från ögat.
- a) Vilken typ av glasögon ska studenten ha, för att på avståndet 25 cm kunna läsa en skarp och tydlig text på sin iPad? Motivera och rita en bild som visar hur en bild fokuseras i ögat med hjälp av glasögonlinsen.
- b) Beräkna glasögonlinsens linsstyrka och brännvidd.
5. Då en rymdfarkost accelererar mot sin färdhastighet, kan passagerarna få en känsla av att stå på ytan av en planet med vanlig dragkraft.
- a) Rita en bild som visar hur passagerarna ska stå i farkosten för att känna det som om de "stod på Jordens yta". Motivera och ange hur stor farkostens acceleration i så fall bör vara?

Under långa rymdfärder med likformig rörelse kan passagerare som försatts i ett tillstånd av sömndvala, råka ut för benskörhet på grund av tyngdlösheten. Detta kan förhindras med en roterande sömnmodul.

- b) Rita en bild av en cylinderformad, roterande modul och ange i vilken position passagerarna ska befinna sig i modulen, för att situationen ska påminna om vanligt sovande i horisontellt läge på Jordens yta. Motivera.
- c) En roterande sömnmodul har radien 2,8 m. Vilken ska rotationshastigheten vara, för att passagerarna i sin dvala ska känna samma belastning som hemma på Jordens yta?



FYSIKTÄVLINGEN FÖR GYMNASIET 1.11.2017

GRUNDSERIEN

Texta **ditt namn på varje provpapper**

och på ett av provpappren **din hemadress, din epostadress, din lärares namn och skolans namn.**

Tävlingstiden är 100 minuter.


Både dina lösningar och frågeformulären returneras i slutet av provet.

Svara på fyra (4) uppgifter.

I uppgifter som kräver en grafisk framställning, kan du göra din graf på millimeterpapper och möjligen resonera dig fram till grafens ekvation på pappret. Du kan också göra din grafiska lösning på en grafräknare, men då ska du göra en principskiss på papper. På den bilden ska det framgå vilka storheter du markerar på koordinataxlarna, vilken form grafen har samt den ekvation räknaren möjligen ger för grafen. Ange enheten för storheterna i ekvationen.

- Svara på uppgifterna. Om du inte hittar talvärden för de aktuella storheterna i uppgiften eller i en tabellbok, kan du ge en egen uppskattning. Skriv ner de talvärden du uppskattar och berätta vad din uppskattning baserar sig på.

 - Biltillverkaren Citroën anger motoreffekten för sina bilar i hästkrafter. Till exempel betyder beteckningen Citroën C5 HDi 110, att modellen har en motor med effekten 110 hästkrafter. Ange motoreffekten i kilowatt.
 - Klädtillverkaren Reima anger för sin overallmodell ReimaTEC Vacalis en vattentålighet som har vattenpelarvärdet 8 000 mm. Vattenpelaren tolkas som tjockleken på det vattenskikt vars bottenstryck tvingar vätskan genom tyget. Beräkna trycket i kilopascal.
 - En uppskattning av grundmetabolismens energibehov för ett djur, BMR, kan beräknas med Kleibers ekvation $BMR = 70 \cdot M^{0,75} \frac{\text{kcal}}{\text{d}}$, där M är djurets massa i kilogram, men i ekvationen angivet utan enhet. Hur mycket lammstek (1,0 kJ/100 g) borde man per dygn mata i en hund, om den har massan 30 kg?
 - Strålsäkerhetscentralen STUK (Säteilyturvakeskus) har fastställt ett maximumvärde för den absorberade dosen D vid tandröntgen till 2,5 mGy. Undre käken på en patient röntgas. Dosens och hudytans produkt, eller *dose-area-product* DAP, var 52,0 mGy·cm². Överskred man den tillåtna dosen?
- I augusti år 2014 nådde den obemannade rymdsonden Rosetta, uppsänd av den europeiska rymdorganisationen ESA, fram till sitt mål, kometen 67P/Tšurjumov–Gerasimenko. I november 2014 sände man från sonden ut en liten landningsmodul, Philae, som gjorde mätningar på kometens yta. Landningen misslyckades delvis, eftersom sondens ankarharpun inte fungerade. Philae studsade ett par gånger och stannade till slut i en mörk klippåla, där batterierna efter ett par dygn tog slut.



Philae-landaren
bild: ESA/ATG medialab

 - I november 2014 var kometen 67P/Tšurjumov–Gerasimenko ungefär på avståndet 510 miljoner kilometer från Jorden. Informationen om den misslyckade landningen förmedlades via radiosignaler. Hur många minuter tog det för signalen att färdas från Rosettasonden till Jorden?

- b) Beräkna den tyngdacceleration kometen gav upphov till, då vi vet att Philae, som hade massan 100 kg, studsade uppåt från kometytan med hastigheten 38 cm/s, varefter det räckte 56 minuter innan den nådde studsbanans högsta punkt.
- c) Hur högt från kometytan studsade Philae? Vi antar en konstant tyngdacceleration.
- d) Vid Marslandningar kan landningsenheternas nedslagshastighet minskas med till exempel fallskärmar. Redogör för lämpligheten med fallskärmar då man landar på en komet.
3. En ljusemitterande diod, en LED, kopplas till en spänningskälla. Den elektriska strömmen och spänningen mellan polerna mäts med en universalmätare. Mätresultatet ses i tabellen nedan.

spänning (V)	0,00	0,95	1,67	1,85	2,02	2,29	2,44	2,61	2,78
ström (mA)	0,0	0,0	0,9	5,3	16,9	37,2	49,0	63,2	76,8

- a) Gör en lämplig grafisk framställning av mätningens resultat. Använd grafen för att svara på följande:
- Vilken är diodens tröskelspänning?
 - Diodens bruksspänning är 2,20-2,35 volt. Hur stor är strömmen i dioden då?
- b) Dioden kopplas till en ackumulator på 12,0 volt. Hur stor resistans ska ett seriekopplat skyddsmotstånd ha för att dioden ska få rätt bruksspänning? Ackumulatorns inre resistans är liten.
4. Välj rätt alternativ och *motiv*era ditt val.

- a) En lufttryckskanna (på bilden till höger) är ett roligt inredningsobjekt, som gör det möjligt att följa med ändringar i lufttrycket. Ursprungligen ligger vätskeytorna på samma nivå i kannan och den rörformiga pipen. Följande dag har ändå vätskeytan i pipen stigit till en högre nivå än i kannan. Det här beror på att



- lufttrycket sjunkit.
 - Lufttrycket stigit.
- b) Ett kärl som står utomhus i solsken borde hålla sig vid en så låg temperatur som möjligt. Då lönar det sig att
- måla hela kärlet svart.
 - måla hela kärlet vitt.
 - måla södra delen av kärlet vit och norra delen svart.
 - måla södra delen svart och norra delen vit.
- c) Ett stycke trä och koppar har samma massa. De upphettas vardera till 80 °C, varefter de placeras på stora isblock i isolerade kärl.
- Trästycket smälter mera is än kopparstycket.
 - Kopparstycket smälter mera is än trästycket.
 - Kropparna smälte lika stora mängder is.
- d) Lika stora svartmålade trä- och aluminiumskivor befinner sig vid rumstemperatur då man placerar isbitar på dem.
- Isen smälter snabbare på träskivan.
 - Isen smälter snabbare på aluminiumskivan.
 - Isbitarna smälter lika snabbt på vardera skivan.



5. a) I Helsingin Sanomat kunde man 9.5.1992 läsa artikeln "Voimat ne on hiirelläkin", fritt översatt till "Också möss har krafter". I artikeln nämns att femton kraftiga möss på en minut kan lyfta en massa på ett skålpund till höjden en fot. Beräkna på basis av detta hur många muskrafter det går på en hästkraft.
- b) Under en fysiklektion åskådliggjorde man Joules försök genom att "värma" vatten i ett glas med en stavmixer. Glaset innehöll 174 g vatten, som i början hade temperaturen 20,7 °C. När vattnet hade vispats i 24 sekunder, hade temperaturen stigit till 21,2 °C. Beräkna uppvärmningseffekten och ta ställning till om det går att uppvärma vattnet till kokning med mixern, om den antas kunna fungera under långa tider.



OPEN DIVISION

Type in your name in every answer sheet

*and in one answer sheet your **home address, e-mail, name of teacher, name of school.***

Competition time is 100 minutes.

Both the task and the answer sheets will be returned at the end of the competition.

Answer only four (4) exercises. Experimental exercise (exercise 1) is mandatory. Other three exercises you may choose freely from exercises 2-5.

For exercises that need graphical representation: a figure can be drawn on (millimeter) paper and the equation of the curve solved from it. Alternatively, a figure can be made by calculator. In this case, your answer must contain a sketch that shows the quantities in axes, the shape of the curve, and if needed, equation of the curve as given by the calculator, with correct units.

1. Determine the density of an unknown liquid.

The only available instrument is a spring scale or force sensor. You also have water with known density (1.0 kg/dm^3) and a body which can be hung on the spring scale or force sensor and sunk into water.

In your answer, explain what you measured, what results you had and how you determined the density of the liquid from your measurements. Draw the necessary figures. Also consider the sources of error and evaluate the error of your results.

2. Relative permittivity of air ϵ_r can be calculated from an experimental equation:

$$\epsilon_r = 1 + \frac{211 \text{ K}}{T} \left(P + \frac{4800 \text{ K} \cdot P_s}{T} \cdot RH \right) \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mmHg}},$$

where T is temperature of air in absolute scale,

P is pressure of air in mmHg,

P_s is pressure of saturated water vapor in mmHg at temperature T and

RH is relative humidity of air (decimal number).

- a) During thunderstorm, atmospheric pressure is measured at 1 015 hPa and temperature at 23 °C. Calculate the relative permittivity of air.
- b) A storm cloud is modeled with two point charges at the same vertical line. A negative charge of -25 C is at altitude of 4.0 km, and a positive charge of +25 C at altitude of 8.0 km. What kind of electric field is experienced on the ground directly under the charges?

3. Choose the correct answer and *explain* your choice.

a) Air pressure barometer (picture on right) is a fun decorating ornament. Observing it allows you to follow changes in air pressure. Initially water levels are at same level on the container side of the jug and on its beak. Next morning, however, water level on the beak is higher than in the container side. This due to

- 1) increase of air pressure.
- 2) decrease of air pressure.

b) Out in the sun the container should stay as cool as possible. So

- 1) whole container should be painted black.
- 2) whole container should be painted white.
- 3) south side of the container should be painted white and north side black.
- 4) south side of the container should be painted black and north side white.



c) Wood and copper pieces with the same mass are heated to 80 °C. After being heated, pieces are placed on large ice blocks in insulated containers.

- 1) Wood piece melts more ice than the copper piece.
- 2) Copper piece melts more ice than the wood piece.
- 3) Both pieces melt equal amount of ice.

d) Same size, dark painted wood and aluminum board are at room temperature when ice cubes are placed on them.

- 1) Ice cube on the wood board melts faster.
- 2) Ice cube on the aluminum board melts faster.
- 3) Ice cubes melt at the same pace on both boards.



4. Near point of the eye is the closest distance from which the eye can produce a focused image on the retina. Normal eye's near point is at 25 cm distance from the eye. The optician tells that a student's near point is at 1.0 m distance from the eye.

- a) What kind of eyeglasses does the student need to see text in her Ipad clearly from a 25 cm distance? Explain and draw picture representing image formation in the eyeglasses.
- b) Calculate refractive power and focal length of the eyeglasses.

5. As spacecraft is accelerating to travelling speed, it is possible for passengers to experience a situation same as standing on planet.

- a) Draw figure and explain how passengers must stand inside accelerating spacecraft to experience a situation same as standing on the Earth? What is the magnitude of the acceleration?

Travelling at constant speed in zero-gravity can cause osteoporosis to hibernating passengers during long space flights. This can be prevented by using rotating hibernation modules.

- b) Draw a sketch and explain the position in which passengers must sleep in a rotating cylinder-shaped module so that the situation is equivalent to sleeping horizontally at Earth?

c) The rotating hibernation module has a radius of 2.8 m. What must be the rotational speed of the module, if passengers are to be exerted by same magnitude force as in Earth by Earth's gravity?



LUKION FYSIIKKAKILPAILU 1.11.2017

BASIC DIVISION

Type in **your name in every answer sheet**

and in one answer sheet your **home address, e-mail, name of teacher, name of school.**

Competition time is 100 minutes.


Both the task and the answer sheets will be returned at the end of the competition.

Answer only (4) exercises.

For exercises that need graphical representation: a figure can be drawn on (millimeter) paper and the equation of the curve solved from it. Alternatively, a figure can be made by calculator. In this case, your answer must contain a sketch that shows the quantities in axes, the shape of the curve, and if needed, equation of the curve as given by the calculator, with correct units.

1. Answer all subtasks. If you don't find values to necessary quantities from the exercise or table book you can give your own estimate. Write down your estimates and what they are based on.
 - a) Citroën expresses engine power of car in horsepowers. E.g. Citroen C5 HDi 110 means that the car has an engine of 110 hp. Express the power of the engine in kilowatts.
 - b) Reima reports that waterproofness of ReimaTEC Vacalis coveralls is 8 000 mm in water column value. Water column tells how thick a water layer the fabric can withstand before water begins to pass through the fabric. Calculate the promised pressure in kilopascals.
 - c) Basal Metabolic Rate *BMR* is expressed in kilocalories per day (kcal/d). An estimate of animal's energy requirement can be calculated with Kleiber's equation $BMR = 70 \cdot M^{0.75}$ kcal/d, where *M* is mass of the animal in kilograms. How much lamb steak (1.0 kJ/100 g) should be fed to a dog, mass 30 kg, per day?
 - d) Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority STUK has set an approved maximum of absorbed dose *D* in dental X-ray to be 2.5 mGy. In an X-ray image targeted to lower jaw, the *dose-area-product DAP* (dose multiplied by area) was 52.0 mGy·cm². Was the approved limit exceeded?

2. In August 2014 space probe Rosetta sent by European Space Agency ESA reached comet 67P/Tšurjumov–Gerasimenko. In November 2014, the Philae lander was dropped from the probe to make measurements on the comet. The landing failed in part, as fastening harpoons didn't work and the lander bounced a couple of times on the surface before settling in the shadow of a cliff, where its batteries ran out after two days.



Philae lander
image: ESA/ATG medialab

 - a) in November 2014 comet 67P/Tšurjumov–Gerasimenko was about 510 million kilometers away from Earth. Information about unlucky landing of Philae was obtained with a radio signal. How many minutes did it take for the signal to travel from Rosetta to Earth?
 - b) Calculate the average acceleration caused by the comet when the 100 kg Philae bounced from the surface at an initial vertical speed of 38 cm/s and rose to the highest point of its trajectory in 56 minutes.
 - c) How high did Philae bounce from the surface of the comet? Assume that acceleration stays constant.
 - d) Landers sent to Mars can be slowed down using for example parachutes. Consider the usefulness of parachutes in case of this comet.

3. Voltage and current were measured between Light-Emitting diode (LED) pins, when a diode was connected to an adjustable power supply. Results from measurements are given in the table below.

voltage (V)	0.00	0.95	1.67	1.85	2.02	2.29	2.44	2.61	2.78
current (mA)	0.0	0.0	0.9	5.3	16.9	37.2	49.0	63.2	76.8

- a) Create suitable graphical representation and explain using graph:
- What is the threshold voltage of the diode?
 - Operating voltage of the diode is 2.20-2.35 volts. What is the current in the diode in this case?
- b) Diode is used with 12.0 volt battery. What resistance should the current-limiting resistor have to ensure the voltage over the diode is its preferred operating voltage? The battery has a small internal resistance.
3. Choose the correct answer and *explain* your choice.

- a) Air pressure barometer (picture on right) is a fun decorating ornament. Observing it allows you to follow changes in air pressure. Initially water levels are at same level on the container side of the jug and on its beak. Next morning, however, water level on the beak is higher than in the container side. This due to
- increase of air pressure.
 - decrease of air pressure.
- b) Out in the sun the container should stay as cool as possible. So
- whole container should be painted black.
 - whole container should be painted white.
 - south side of the container should be painted white and north side black.
 - south side of the container should be painted black and north side white.
- c) Wood and copper pieces with the same mass are heated to 80 °C. After being heated, pieces are placed on large ice blocks in insulated containers.
- Wood piece melts more ice than the copper piece.
 - Copper piece melts more ice than the wood piece.
 - Both pieces melt equal amount of ice.
- d) Same size, dark painted wood and aluminum board are at room temperature when ice cubes are placed on them.
- Ice cube on the wood board melts faster.
 - Ice cube on the aluminum board melts faster.
 - Ice cubes melt at the same pace on both boards.



5. a) Helsingin Sanomat published (5/9/1992) an article "Voimat ne on hiirelläkin". In the article it was mentioned that fifteen sturdy mice can lift a body of one pound at one feet high in a minute. Calculate from this how many mouse powers is one horse power.
- b) In physics class, Joule's experiment was illustrated by "heating" water with a blender in a beaker. The beaker contained 174 g of water, whose initial temperature was 20.7 °C. When water was stirred for 24 seconds, temperature had risen to 21.2 °C. Calculate the heating power and consider the options to heat the water to boiling point with this blender, assuming that it can be ran for long periods of time.

1. Selvitä tuntemattoman nesteen tiheys.

Ainoa käytettävissäsi oleva mittaväline on jousivaaka tai voima-anturi. Lisäksi käytössäsi on vettä, jonka tiheys tunnetaan ($1,0 \text{ kg/dm}^3$), sekä kappale, joka voidaan ripustaa jousivaakaan / voima-anturiin ja joka uppoaa veteen.

Kerro vastauksessasi, mitä mittasit, mitä sait tulokseksi ja miten selvitit mittauksista nesteen tiheyden. Piirrä tarvittavat kuviot. Pohdi myös virhelähteitä ja arvioi tuloksen virhettä.

Ratkaisu

Ensin mitataan, mitä lukemaa jousivaaka näyttää, kun esinettä riiputetaan ilmassa. Tätä lukemaa pidetään esineen painona $G \approx F_i$ (ilman noste on vähäinen).

Sen jälkeen esineen annetaan upota veteen ja tuntemattomaan nesteeseen ja katsotaan jousivaakan lukema näissä tilanteissa eli saadaan F_v ja F_t .

Nesteen tiheys saadaan nosteesta nesteessä:

$$N_t = G - F_t \rightarrow \rho_t V g = F_i - F_t \rightarrow \rho_t = \frac{F_i - F_t}{V g}$$

Upotetun kappaleen eli syrjäytetyn nesteen tilavuus saadaan tähän yhtälöön veden nosteesta, sillä veden tiheys tiedetään:

$$N_v = G - F_v \rightarrow \rho_v V g = F_i - F_v \rightarrow V = \frac{F_i - F_v}{\rho_v g}$$

Nyt saadaan tuntemattoman nesteen tiheydelle:

$$\rho_t = \frac{F_i - F_t}{\left(\frac{F_i - F_v}{\rho_v g}\right) g} = \frac{F_i - F_t}{F_i - F_v} \cdot \rho_v$$

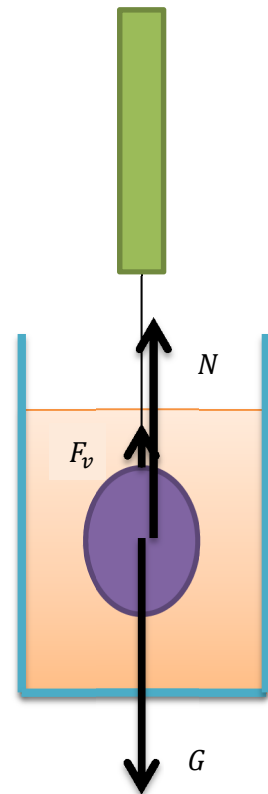
Koemittauksessa käytettiin sekä jousivaakaa että laskimeen EasyLinkillä liitettävää Vernierin voima-anturia. Kumpikin voimamittari oli kiinnitetty statiiviin. Esineenä testattiin sekä perunaa että mangoa, jotka uppoavat veteen, mutta kummankin tiheys on lähellä veden tiheyttä. Peruna pystyttiin mittaamaan 2 N:n jousivaakalla, mutta mango oli sen verran raskas, että sille jouduttiin käyttämään 5 N:n jousivaakaa, jonka asteikon jakoväli oli isompi kuin 2 N:n jousivaakalla. Nesteinä testattiin sekä ruokaöljyä että Sinolia (denaturoitua spriitä).

Perunalla saatiin ruokaöljyn tuloksiksi:

$$\text{jousivaakalla } F_i = 1,24 \text{ N}, F_v = 0,08 \text{ N ja } F_t = 0,16 \text{ N, josta saadaan } \rho_t = \frac{1,24 \text{ N} - 0,16 \text{ N}}{1,24 \text{ N} - 0,08 \text{ N}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 0,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{voima-anturilla } F_i = 1,25 \text{ N}, F_v = 0,07 \text{ N ja } F_t = 0,16 \text{ N, josta saadaan } \rho_t = \frac{1,25 \text{ N} - 0,16 \text{ N}}{1,25 \text{ N} - 0,07 \text{ N}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 0,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Mangolla saatiin ruokaöljyn tuloksiksi:



jousivaa'alla $F_i = 3,10 \text{ N}$, $F_v = 0,10 \text{ N}$ ja $F_t = 0,31 \text{ N}$, josta saadaan $\rho_t = \frac{3,10 \text{ N} - 0,31 \text{ N}}{3,10 \text{ N} - 0,10 \text{ N}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

voima-anturilla $F_i = 3,10 \text{ N}$, $F_v = 0,06 \text{ N}$ ja $F_t = 0,32 \text{ N}$, josta saadaan $\rho_t = \frac{3,10 \text{ N} - 0,32 \text{ N}}{3,10 \text{ N} - 0,06 \text{ N}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 0,91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Denaturoidulla spriiillä mittaukset tehtiin vain perunalla (ja useita päiviä myöhemmin):

jousivaa'alla $F_i = 1,14 \text{ N}$, $F_v = 0,08 \text{ N}$ ja $F_t = 0,28 \text{ N}$, josta saadaan $\rho_t = \frac{1,14 \text{ N} - 0,28 \text{ N}}{1,14 \text{ N} - 0,08 \text{ N}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

voima-anturilla $F_i = 1,21 \text{ N}$, $F_v = 0,07 \text{ N}$ ja $F_t = 0,26 \text{ N}$, josta saadaan $\rho_t = \frac{1,21 \text{ N} - 0,26 \text{ N}}{1,21 \text{ N} - 0,07 \text{ N}} \cdot 1,0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Virhettä tulokseen tulee voiman mittaamisesta ja käytetyn mittarin tarkkuudesta. Jousivaa'alla tehdyissä mittauksissa mittaustuloksen tarkkuus on arviolta $\pm 0,03 \text{ N}$ perunan tapauksessa ja $\pm 0,05 \text{ N}$ mangon tapauksessa. Tällöin tiheyden tuloksen virheeksi saadaan vastaavasti $\pm 0,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ja $\pm 0,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Mittarin nollauksesta virhettä ei tule, sillä laskuissa käytetään voimien erotuksia. Tosin jos mittarin nollakohtaa muutetaan kesken mittausten, tästä aiheutuu virhe.

pisteitys:

idean keksiminen	1 p	
yhtälöt	1 p	(saa laskea välituloksilla!)
voimakuvio (väh. yksi jossain nesteessä)	1 p	
mittaustulokset	3 x 0,5 p	
tulos tiheydelle	0,5 p	
virheen tarkastelu	1 p	

jälkisanat (ei vastaus):

Näin pienillä voimilla voima-anturin lukema vaihteli paljon ja tulos onkin arvio keskimääräisestä lukemasta. Jousivaaka oli vakaampi, mutta epätarkempi. Voima-anturilla kannattaneekin käyttää raskaampaa esinettä ja kevyellä esineellä kannattaa käyttää jousivaakaa.

Sinolilla erotusten arvot ovat suuremmat, mikä parantaa tuloksen tarkkuutta verrattuna ruokaöljyyn.

2. Ilman suhteellinen permittiivisyys ϵ_r saadaan laskettua kokeellisesta yhtälöstä:

$$\epsilon_r = 1 + \frac{211 \text{ K}}{T} \left(P + \frac{4800 \text{ K} \cdot P_s}{T} \cdot RH \right) \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mmHg}},$$

missä T on ilman lämpötila absoluuttisessa yksikössä,

P on vallitseva ilmanpaine yksikössä mmHg,

P_s on kylläisen vesihöyryn paine yksikössä mmHg kyseisessä lämpötilassa T ja

RH on ilman suhteellinen kosteus (desimaalilukuna).

- a) Ukonilmalla ilmanpaineeksi mitataan 1 015 hPa ja lämpötilaksi 23 °C. Laske ilman suhteellinen permittiivisyys.
- b) Ukkospilvää mallinnetaan kahdella pistemäisellä varauksella samalla pystysuoralla linjalla. Negatiivinen -25 C:n suuruinen varaus on 4,0 km:n korkeudessa ja positiivinen +25 C:n suuruinen varaus 8,0 km korkeudessa. Minkälainen sähkökenttä on maanpinnalla suoraan varausten alapuolella?

(Tehtävän yhtälö on muokattu artikkelista "An Experiment and Numerical Study of the Humidity Effect on the Stability of a Capacitive Ceramic Pressure Sensor" [Radioengineering, Vol. 21, No 1, April 2012] löytyneestä yhtälöstä. Yhtälöön on lisätty yksiköitä siten, että suureiden arvot voidaan sijoittaa yksiköineen ja yksiköt supistuvat/sievenevät järkevästi. Artikkelissa oli annettu yhtälö absoluuttiselle permittiivisyydelle, mutta jättämällä pois tyhjiön permittiivisyys saatiin yhtälö suhteelliselle permittiivisyydelle.)

Ratkaisu

a) $T = (273 + 23) \text{ K} = 296 \text{ K}$

$$P = 1\,015 \text{ hPa} = \frac{101\,500 \text{ Pa}}{133,322 \frac{\text{Pa}}{\text{mmHg}}} \approx 761,315 \text{ mmHg} \quad (\text{muunnosvaihtoehto 1})$$

$$P_s = 28,08 \text{ mbar} = \frac{2\,808 \text{ Pa}}{101\,325 \text{ Pa}} \cdot 760 \text{ mmHg} \approx 21,062 \text{ mmHg} \quad (\text{muunnosvaihtoehto 2})$$

$$RH = 100 \% = 1,00$$

Tässä on oletettu, että ilma olisi aivan kylläistä kosteudesta; hyväksytään myös järkevät pienemmät arvot (noin 80 % -100 %).

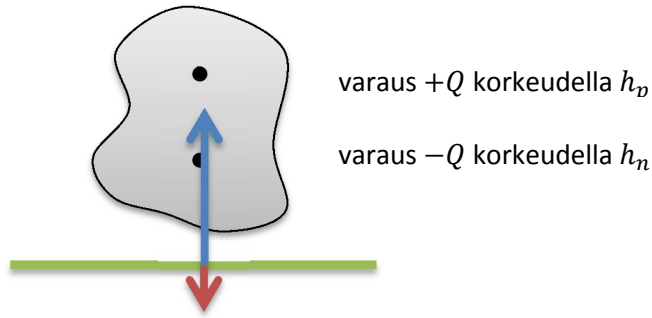
Nyt saadaan:

$$\epsilon_r = 1 + \frac{211 \text{ K}}{296 \text{ K}} \left(761,315 \text{ mmHg} + \frac{4800 \text{ K} \cdot 21,062 \text{ mmHg}}{296 \text{ K}} \cdot 1,00 \right) \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{mmHg}} \approx \underline{\underline{1,000\,786}}$$

b) $Q = 25 \text{ C}$

$$h_n = 4,0 \text{ km}$$

$$h_p = 8,0 \text{ km}$$



Negatiivisen varauksen kenttä on pilven alapuolella ylöspäin ja voimakkaampi kuin positiivisen varauksen kenttä, joka on alaspäin. Kokonaiskenttä on siis ylöspäin ja voimakkuudeltaan:

$$\mathcal{E} = \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r_n^2} - \frac{k}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r_p^2} = \frac{kQ}{\epsilon_r} \left(\frac{1}{r_n^2} - \frac{1}{r_p^2} \right)$$

$$\text{Eli } \mathcal{E} = \frac{8,987\,55 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 25 \text{ C}}{1,000\,786\,161} \cdot \left(\frac{1}{(4\,000 \text{ m})^2} - \frac{1}{(8\,000 \text{ m})^2} \right) \approx 10\,524 \frac{\text{N}}{\text{C}} \approx \underline{\underline{11 \frac{\text{kN}}{\text{C}}}}$$

pisteitys:

- | | |
|--|-------|
| a) lämpötila kelvineinä | 0,5 p |
| vallitsevan paineen muunnos mmHg:ksi | 0,5 p |
| kylläisen vesihöyryn paine MAOLista | 0,5 p |
| kylläisen vesihöyryn paineen muunnos mmHg:ksi | 0,5 p |
| järkevä arvio ilman suhteelliselle kosteudelle | 0,5 p |
| sijoitus ja lopputulos ilman suhteelliselle permittiivisyydelle | 0,5 p |
| b) positiivisen ja negatiivisen varauksen kentät erisuuntaisia | 0,5 p |
| kokonaiskenttä ylöspäin | 0,5 p |
| pistevarauksen sähkökentän voimakkuuden lauseke, | 0,5 p |
| jossa huomioidaan a-kohdan suht. permittiivisyys | 0,5 p |
| (tai todetaan ilman suht. permittiivisyyden olevan niin lähellä 1:stä, että ei tarvitse huomioida) | |
| kokonaiskentän voimakkuus; järkevä tulos oikealla yksiköllä | 1 p |

Huom! Periytyvistä virheistä **ei** sakoteta uudestaan.

3. Valitse oikea vaihtoehto ja *perustele* valintasi.

- a) Ilmanpaine kannu (kuva oikealla) on hauska sisustuselementti, jota tarkkailemalla voi seurata ilmanpaineen vaihteluja. Aluksi nestepinnat ovat yhtä korkealla kannun säiliön puolella ja sen nokassa. Seuraavana päivänä havaitaan kuitenkin vesipinnan nokassa nousseen korkeammalle kuin kannussa. Tämä on seurausta

- 1) ilmanpaineen laskusta.
- 2) ilmanpaineen noususta.



- b) Ulkona auringossa säilytettävän säiliön tulisi pysyä mahdollisimman viileänä.

Niinpä

- 1) koko säiliö kannattaa maalata mustaksi.
- 2) koko säiliö kannattaa maalata valkoiseksi.
- 3) säiliön eteläseinämä kannattaa maalata valkoiseksi ja pohjoisseinämä mustaksi.
- 4) säiliön eteläseinämä kannattaa maalata mustaksi ja pohjoisseinämä valkoiseksi.

- c) Puu- ja kuparikappale (kummankin massa 100 g) kuumennetaan 80 °C:seen, jonka jälkeen kappaleet asetellaan kookkaiden jääharkkojen päälle eristettyihin astioihin.

- 1) Puukappale sulattaa enemmän jäätä kuin metallikappale.
- 2) Kuparikappale sulattaa enemmän jäätä kuin puukappale.
- 3) Kappaleet sulattavat yhtä paljon jäätä.

- d) Samankokoiset, tummiksi maalatut puu- ja alumiinilevyt ovat huoneenlämpötilassa, kun niiden päälle asetetaan jääpalat.

- 1) Puulevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
- 2) Alumiinilevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
- 3) Jääpalat sulavat samaa tahtia levyjen päällä.



Ratkaisu

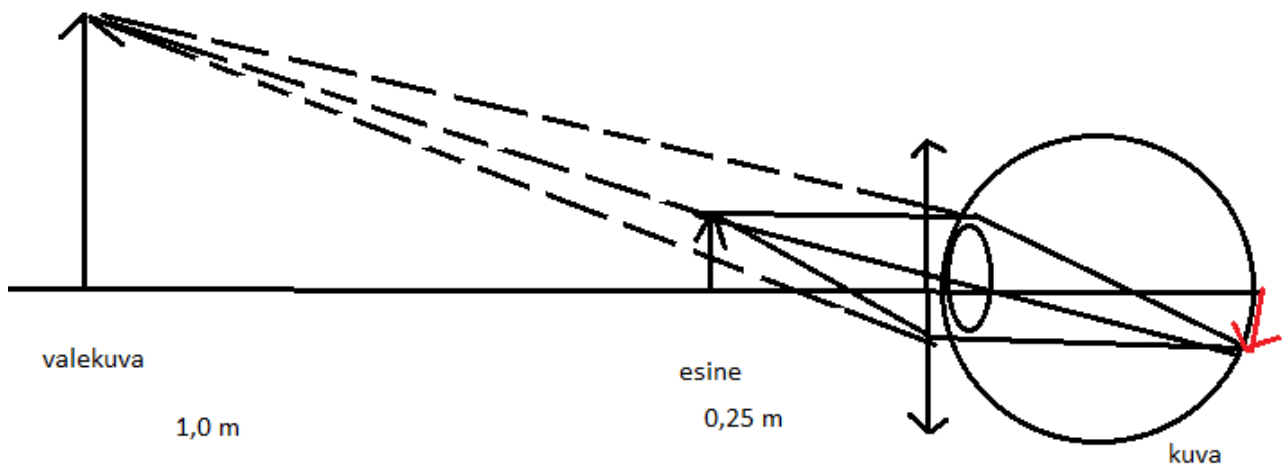
- a) 2) Kun ympäristön ilmanpaine laskee, pienenee voima, jolla ilma työntää nestepintaa kannun nokassa, ja pinnan korkeus kohoaa. (Säiliön puolella pinnan korkeus aavistuksen laskee.)
- b) 3) Valkoinen pinta absorboi heikosti lämpösäteilyä ja musta pinta taas emittoi parhaiten lämpösäteilyä.
- c) 1) Puulla on suurempi ominaislämpökapasiteetti kuin kuparilla, joten se sulattaa enemmän jäätä jäähtyessään nolla-asteiseksi. (Lämmönjohtavuuden vuoksi kupari sulattaa jäätä aluksi nopeammin.) [Hyväksytään, jos joku valitsee 3) ja perustelee, että kookkaiden jääharkkojen lämpötila on niin alhainen, että kumpikaan kappale ei sulata pysyvästi vettä, vaan mahdollinen sulavesi jäätyy takaisin, koska jääharkkojen lämpötila jää alle 0 °C:seen kappaleiden jäähtyttyäkin.]
- d) 2) Alumiinilla on suurempi lämmönjohtavuus kuin puulla, joten alumiinilevystä siirtyy lyhyemmässä ajassa jääpalan sulattamiseen vaadittava energia.

pisteitys: oikea vaihtoehto ½ p ja perustelu 1 p

4. Silmän lähipiste on lyhin etäisyys, jolta silmä muodostaa terävän kuvan verkkokalvolle. Normaalin silmän lähipiste on 25 cm etäisyydellä silmästä. Optikolla käynnin perusteella opiskelijan lähipiste on 1,0 m etäisyydellä silmästä.
- a) Minkälaiset silmälasit opiskelija tarvitsee, jotta hän näkee 25 cm etäisyydellä olevan ladin tekstin terävänä? Perustele ja piirrä kuva, joka esittää kuvan muodostumista silmälasin linssissä.
- b) Laske silmälasien linssin taittovoimakkuus ja polttoväli.

Ratkaisu

- a) Opiskelija tarvitsee kuperat linssit silmälaseihinsa. Kupera linssi voi muodostaa lähellä olevasta esineestä samalle puolelle linssiä kauemmaksi vales kuvan. (Koverakin linssi tekee vales kuvan, mutta lähemmäksi linssiä kuin mitä esine on.)



Silmälasin linssin muodostama kuva riittää.

- b) Koska kyseessä on valeskuva, merkitään kuvan etäisyys kuvausyhtälöön negatiivisena.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{0,25 \text{ m}} + \frac{1}{-1,0 \text{ m}} = 3,0 \frac{1}{\text{m}}. \text{ Linssin taittokyky on } +3,0 \text{ d ja polttoväli } f = \frac{1}{3,0 \frac{1}{\text{m}}} \approx 0,33 \text{ m}$$

pisteitys

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| a) kupera linssi ja selitys | 1 p |
| piirros (valonsäteet, jatkeet, kuva) | 2 p |
| b) kuvan etäisyys negatiivinen | 1 p |
| kvausyhtälön käyttö | 1 p |
| taittovoimakkuus ja polttoväli | 0,5 p + 0,5 p |

5. Avaruusaluksen kiihdyttäessä matkanopeuteen matkustajien on mahdollista kokea tilanne samanlaisena kuin esimerkiksi seistessään planeetan pinnalla.

- a) Piirrä kuva ja perustele, miten matkustajien pitää seistä, jotta kiihdyttävässä aluksessa tuntuisi samalta kuin Maan pinnalla seistessä. Kuinka suuri aluksen kiihtyvyyden pitää tällöin olla?

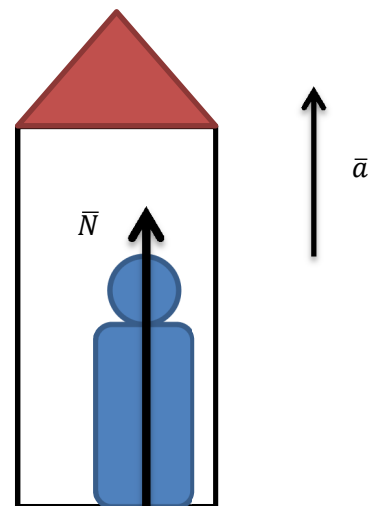
Pitkillä avaruusmatkoilla aluksen matkatessa tasaisesti ja matkaaajien horrostaessa painottomuus voi aiheuttaa luukatoa. Tätä voidaan ehkäistä pyörivän horrosmoduulin avulla.

- b) Piirrä kuva ja perustele, missä asennossa horrostajat sylinterin muotoisessa, pyörivässä moduulissa olisivat, jotta tilanne vastaisi nukkumista vaaka-asennossa Maan pinnalla.

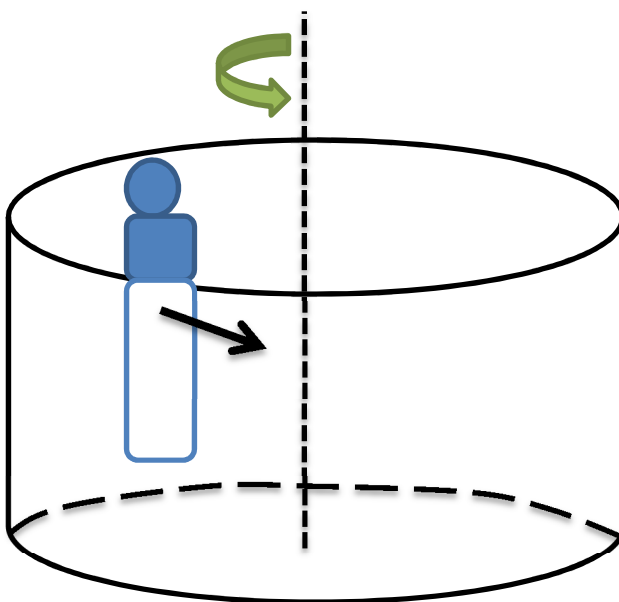
- c) Pyörivän horrosmoduulin säde on 2,8 m. Mikä pitää horrosmoduulin pyörimisnopeuden olla, jotta horrostajiin kohdistuu samansuuruinen rasitus kuin painovoiman vaikutuksesta Maan pinnalla?

Ratkaisu

- a) Matkustajan pitää seistä pää kohti kiihdytysuuntaa. Kun alus kiihdyttää $9,81 \text{ m/s}^2$, aluksen "lattia" työntää ihmistä yhtä suurella voimalla kuin mikä on pinnan tukivoima Maan pinnalla seistessä, ja ihminen pysyy mukana aluksen kiihdytyksessä.



b)



Sylinteri voi olla missä asennossa tahansa.

Kun itse avaruusalus liikkuu tasaisesti kaukana kaikista planeetoista ja tähdistä, ainoa merkittävä voima on sylinterin pinnan tukivoima, joka on kohtisuorassa pintaa vastaan ja kohti pyörimisakselia.

(Matkustajat ovat sylinterissä sen pyörimisakselin suuntaisesti; sylinterin säde on liian pieni, jotta poikittain olisi mukavaa maata.) Pinnan tukivoima aiheuttaa voiman kohti sylinterin pyörimisakselia. Suunta kohti pyörimisakselia vastaa Maan pinnalla suuntaa "ylös".

- c) Pinnan tukivoiman tulee olla yhtä suuri kuin Maan pinnalla. Maan pinnalla pinnan tukivoima taas on yhtä suuri kuin kappaleen paino.

Horrosmoduulin tilanteessa saadaan Newtonin II laista:

$$N = ma_n \rightarrow G = m \frac{v^2}{r} \rightarrow mg = m \frac{(r\omega)^2}{r} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{r}}, \text{ jolloin pyörimisnopeus on } n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{r}}.$$

Tulokseksi saadaan $\omega = \sqrt{\frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2,8 \text{ m}}} \approx 1,9 \frac{1}{\text{s}}$ tai $n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2,8 \text{ m}}} \approx \underline{\underline{0,30 \frac{1}{\text{s}}}} \approx \underline{\underline{18 \text{ RPM}}}$ eli 18 kierrosta minuutissa.

pisteitys

- | | | |
|----------------------------------|---------------|---------------------|
| a) piirros | 0,5 p | |
| perustelu | 1 p | |
| kiihtyvyys | 0,5 p | |
| b) piirros + voimavektori | 0,5 p + 0,5 p | |
| selitys | 1 p | |
| c) yhtälö NII:sta ($N = ma_n$) | 0,5 p | |
| yhtälön muokkaus | 0,5 p | |
| lasku ja tulos | 1 p | (kulmanopeus 0,5 p) |

1. Vastaa tehtäviin. Mikäli tehtävästä tai taulukkokirjasta ei löydy lukuarvoja tarvittaville suureille, voit antaa oman arvion. Merkitse arvioimasi lukuarvot ja kerro mihin arviosi perustuu.
 - a) Citroën ilmaisee automalleissaan moottorin tehon hevosvoimina. Esim. Citroen C5 HDi 110 tarkoittaa, että mallissa on 110 hv:n moottori. Ilmoita moottorin teho kilowatteina.
 - b) Reima ilmoittaa välikausihaalari ReimaTEC Vacalisin vedenpitävyydeksi vesipilariarvon 8 000 mm. Vesipilari kertoo, kuinka paksun vesikerroksen aiheuttaman paineen kangas kestää ennen kuin se alkaa päästää vettä lävitseen. Laske luvattu paine kilopascalina.
 - c) Eräs arvio eläimen perusaineenvaihdunnan energiantarpeelle BMR saadaan Kleiberin yhtälöstä $BMR = 70 \cdot M^{0,75} \frac{\text{kcal}}{\text{d}}$, missä M on eläimen massa kilogrammoina ilman yksikköä. Kuinka paljon lampaanpaistia (1,0 kJ/100 g) tulisi syöttää 30-kiloiselle koiralle päivässä?
 - d) Säteilyturvakeskus STUK on määrittänyt hammasröntgenkuvassa absorboituneen annoksen D sallituksi maksimiksi 2,5 mGy. Alaleukaan kohdistetussa röntgenkuvassa annoksen ja pinta-alan tulo *dose-area-product* DAP oli 52,0 mGy·cm². Ylittyikö hyväksyttävä absorboitunut annos?

Ratkaisu

- a) Auton 110 hv moottorin teho muuntuu kilowateiksi muuntokertoimella 1 hv = 735,5 W. Siispä moottorin teho on $P = 110 \text{ hv} \cdot 735,5 \text{ W/hv} = 80,905 \text{ kW}$ eli n. 81 kW.
- b) Vesipilari on ilmoitettu millimetrinä vesipatsasta. MAOLista löytyy, että 1mmH₂O vastaa 9,80665 Pa:n painetta. Siispä haalari kestää vettä 8000 mmH₂O · 9,80665 Pa/mmH₂O = 78 453,2 Pa eli n. 78 kPa paineella. (Valmistajan mukaan haalari soveltuu pitkään oleskeluun sateessa tai märällä istumiseen.)
- c) Lasketaan perusaineenvaihdunta 30-kiloiselle koiralle: $BMR = 70 \cdot 30^{0,75} \text{ kcal/d} = 897,3... \text{ kcal/d}$. Muutetaan se vielä jouleiksi: $897 \text{ kcal/d} = 897 \text{ kcal/d} \cdot 4,1868 \text{ J/cal} = 3 755,55... \text{ kJ / d}$. Lampaanpaistin energiasisältö on 1000 kJ/100 g. Siispä lampaanpaistia tarvitaan päivässä $3756 \text{ kJ} / (1000 \text{ kJ} / 100\text{g}) = 3,756 \cdot 100\text{g} = 375,6 \text{ g}$ eli noin 380 g (400 g).
- d) Arvioidaan alaleuan koko esim. viivoitinta kasvojen edessä kokeillen tai summittaisesti arvioiden. Arvion tulee olla oikean suuntainen (leuka-alueen leveys 15 cm ± 5 cm, korkeus 8 cm ± 4 cm). Lasketaan esimerkkiarvoilla 15 cm · 8 cm = 120 cm². Tällöin säteilyannos on ollut $D \cdot A = DAP$, josta $D = DAP / A = 52,0 \text{ mGy} \cdot \text{cm}^2 / 120 \text{ cm}^2 = 0,43 \text{ mGy}$. Hyväksyttävä absorboituva annos ei ylity.

pisteitys

- | | |
|--|-------------|
| a) MAOLista hv + tulos kW:na | 0,5p + 0,5p |
| b) MAOLista mmH ₂ O ja tulos kPa:na | 0,5p + 0,5p |
| tai | |
| $p_h = \rho hg$ ja tulos kPa:na | 0,5p + 0,5p |
| c) energiantarve kcal/d Kleiberin yhtälöstä | 0,5p |
| kcal (kilo)jouleiksi | 1p |
| lampaanpaistin määrä | 0,5p |
| d) leuka-alueen koon perusteltu arviointi | 1p |
| absorboitunut annos tai hyväksyttävän annoksen DAP | 0,5p |
| vastaus (ei ylity) | 0,5p |

2. Elokuussa 2014 Euroopan avaruusjärjestön ESan miehittämätön komeettaluotain Rosetta saavutti komeetta 67P/Tšurjumov–Gerasimenkon. Marraskuussa 2014 luotaimelta pudotettiin komeetalle Philae-laskeutuja, joka suoritti komeetan pinnalla mittauksia. Laskeutuminen epäonnistui osittain, sillä luotaimen kiinnitysharppuuna ei toiminut ja laskeutuja teki kaksi loikkaa komeetan pinnalla ennen kuin pysähtyi varjoisaan kallionkoloon, jossa sen akut tyhjenivät muutamassa vuorokaudessa.



Philae-laskeutuja
kuva: ESA/ATG medialab

- a) Marraskuussa 2014 komeetta 67P/Tšurjumov–Gerasimenko oli noin 510 miljoonan kilometrin päässä Maasta. Tieto Philae-laskeutujan epäonnistumisesta saatiin radiosignaalin avulla. Kuinka monta minuuttia signaalilla kesti kulkea Rosetta-luotaimelta Maahan?
- b) Laske komeetan aiheuttama keskimääräinen kiihtyvyys, kun 100 kg:n massainen Philae ponnahti pinnalta pystysuuntaisella alkunopeudella 38 cm/s ja kohosi lentoratansa korkeimpaan kohtaan 56 minuutissa.
- c) Kuinka korkealle komeetan pinnasta Philae ponnahti? Oletetaan, että kiihtyvyys pysyy vakiona.
- d) Mars-planeetan pinnalle pudotettujen laskeutujien vauhtia hidastetaan esimerkiksi laskuvarjon avulla. Pohdi laskuvarjon käyttökelpoisuutta komeetan tapauksessa.

Ratkaisu

- a) Radiosignaali kulkee avaruudessa valonnopeudella:

$$s = vt \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{510 \cdot 10^9 \text{ m}}{2,99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1701,177... \text{ s} \approx 28 \text{ min}$$

- b) Liike on tasaisesti kiihtyvää, ja lakipisteessä nopeus on nolla:

$$a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-0,38 \text{ m/s}}{56 \cdot 60 \text{ s}} = -1,131 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx -1,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- c) Tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä kuljettu matka (alkunopeus ja kiihtyvyys ovat eri suuntiin):

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a_k t^2 = 0,38 \text{ m/s} \cdot (56 \cdot 60 \text{ s}) + \frac{1}{2} \cdot (-1,131 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cdot (56 \cdot 60 \text{ s})^2 = 638,4 \text{ m} \approx 640 \text{ m}$$

Tehtävä voidaan myös ratkaista esim. putoamisliikkeen avulla, kun perustellaan että luotain osuu komeetan pintaan samalla nopeudella kuin mikä oli lähtönopeus TAI perustellen mekaanisen energian säilymisen avulla, $mgh = \frac{1}{2}mv^2$.

- d) Komeetalla ei ole kaasukehää, joten laskuvarjoa ei voi käyttää. (Komeetasta irtoava kaasu ja pöly muodostavat komeetalle pyrstön, mutta kaasupurkaukset ovat ennalta-arvaamattomia.)

pisteitys

- | | |
|-------------------------|-------------|
| a) laskutapa + tulos | 0,5p + 0,5p |
| b) perusteltu laskutapa | 1p |
| sijoitukset + tulos | 1p |
| c) perusteltu laskutapa | 1p |
| sijoitukset ja tulos | 1p |
| d) perusteltu vastaus | 1p |

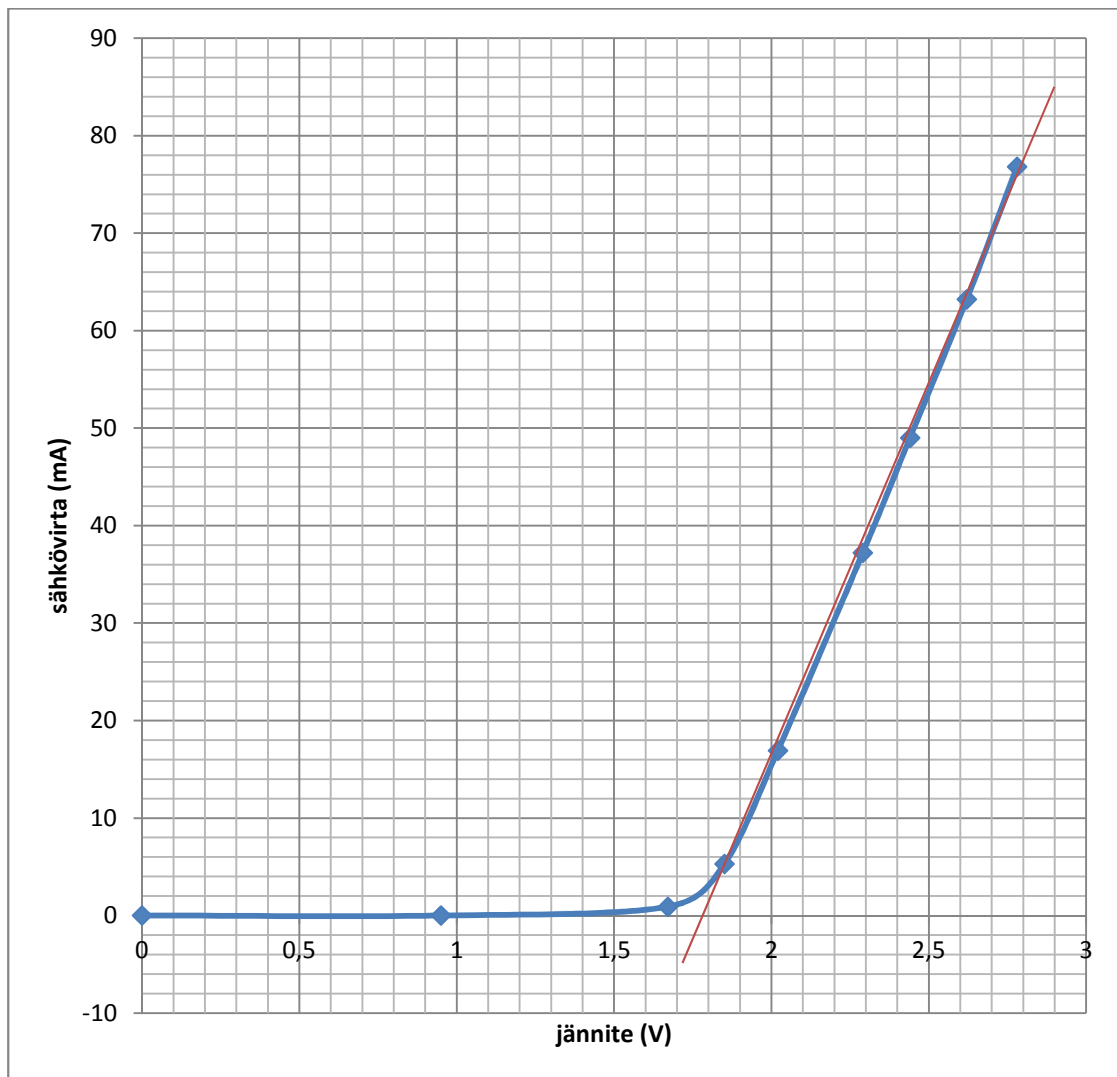
3. Valoa lähettävän diodin eli LEDin napojen välinen jännite ja sähkövirta mitattiin yleismittareilla, kun diodi oli kytketty säädettävään jännitelähteeseen. Mittaustulokset on esitetty oheisessa taulukossa.

jännite (V)	0,00	0,95	1,67	1,85	2,02	2,29	2,44	2,61	2,78
sähkövirta (mA)	0,0	0,0	0,9	5,3	16,9	37,2	49,0	63,2	76,8

- a) Laadi sopiva graafinen esitys ja selvitä kuvaajan avulla:
- Mikä on diodin kynnysjännite?
 - Diodin käyttöjännite on 2,20-2,35 voltia. Kuinka suuri sähkövirta diodissa on tällöin?
- b) Diodia käytetään 12,0 voltin akulla. Kuinka suuri suojavastuksen resistanssin tulisi olla, jotta diodin jännite olisi suositeltu käyttöjännite? Akun sisäinen resistanssi on pieni.

Ratkaisu

a)



- Diodin kynnysjännite on noin 1,8 V (1,78 V).
- Sähkövirta on noin 30 mA ... 42 mA.

b) Suojavastuksen jännitteen tulee olla

$$U_1 = 12,0 \text{ V} - 2,20 \text{ V} = 9,8 \text{ V}, \text{ kun sähkövirta on } I_1 = 30 \text{ mA, ja}$$

$$U_2 = 12,0 \text{ V} - 2,35 \text{ V} = 9,65 \text{ V}, \text{ kun sähkövirta on } I_2 = 42 \text{ mA.}$$

Suojavastuksen resistanssiksi saadaan:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{9,8 \text{ V}}{0,030 \text{ A}} \approx 330 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{9,65 \text{ V}}{0,042 \text{ A}} \approx 230 \Omega$$

Eli suojavastuksen resistanssin tulee olla $230 \Omega \dots 330 \Omega$.

pisteitys:

- | | |
|----------------------|-----|
| a) graafinen esitys | 2 p |
| diodin kynnysjännite | 1 p |
| sähkövirta (vällys) | 1 p |

Graafisessa esityksessä akselit saavat olla kummin päin tahansa.

Diodin kynnysjännitteen osalta tulee ilmetä, miten tulos on päätelty (esimerkiksi kuvaajaan piirretty suora linja kuvaajan loppuosan mukaisesti).

- | | |
|---------------|-----------|
| b) jännitteet | 2 x 0,5 p |
| resistanssit | 2 x 0,5 p |

Jos suojavastukselle on laskettu vain yksi, esimerkiksi keskimääräinen resistanssi, max 1 p.

4. Valitse oikea vaihtoehto ja *peruste* valintasi.

- a) Ilmanpainekannu on hauska sisustuselementti, jota tarkkailemalla voi seurata ilmanpaineen vaihteluja. Aluksi vesipinnat ovat yhtä korkealla kannun säiliön puolella ja sen nokassa. Seuraavana päivänä havaitaan kuitenkin vesipinnan nokassa olevan korkeammalla kuin kannussa. Tämä on seurausta
- 1) ilmanpaineen laskusta.
 - 2) ilmanpaineen noususta.
- b) Ulkona auringossa olevan säiliön tulisi pysyä mahdollisimman viileänä. Niinpä
- 1) koko säiliö kannattaa maalata mustaksi.
 - 2) koko säiliö kannattaa maalata valkoiseksi.
 - 3) säiliön eteläseinämä kannattaa maalata valkoiseksi ja pohjoisseinämä mustaksi.
 - 4) säiliön eteläseinämä kannattaa maalata mustaksi ja pohjoisseinämä valkoiseksi.
- c) Puu- ja kuparikappale, joilla on sama massa, kuumennetaan $80\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen, minkä jälkeen kappaleet asetellaan kookkaiden jääharkkojen päälle eristettyihin astioihin.
- 1) Puukappale sulattaa enemmän jäätä kuin metallikappale.
 - 2) Kuparikappale sulattaa enemmän jäätä kuin puukappale.
 - 3) Kappaleet sulattavat yhtä paljon jäätä.
- d) Samankokoiset, tummiksi maalatut puu- ja alumiinilevyt ovat huoneenlämpötilassa, kun niiden päälle asetetaan jääpalat.
- 1) Puulevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
 - 2) Alumiinilevyn päällä jääpala sulaa nopeammin.
 - 3) Jääpalat sulavat samaa tahtia levyjen päällä.

**Ratkaisu**

- a) 2) Kun ympäristön ilmanpaine laskee, pienenee voima, jolla ulkoilma työntää nestepintaa kannun nokassa, ja pinnan korkeus kohoaa.
- b) 3) Valkoinen pinta absorboi heikosti lämpösäteilyä ja musta pinta taas emittoi parhaiten lämpösäteilyä.
- c) 1) Puulla on suurempi ominaislämpökapasiteetti kuin kuparilla, joten se sulattaa enemmän jäätä jäähtyessään nolla-asteiseksi. (Lämmönjohtavuuden vuoksi kupari sulattaa jäätä aluksi nopeammin.) [Hyväksytään, jos joku valitsee 3) ja perustelee, että kookkaiden jääharkkojen lämpötila on niin alhainen, että kumpikaan kappale ei sulata pysyvästi vettä, vaan mahdollinen sulavesi jäätyy takaisin, koska jääharkkojen lämpötila jää alle $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen kappaleiden jäähtyttyäkin.]
- d) 2) Alumiinilla on suurempi lämmönjohtavuus kuin puulla, joten alumiinilevystä siirtyy lyhyemmässä ajassa jääpalan sulattamiseen vaadittava energia. (Energiaa siirtyy jonkin verran myös ilmasta kumpaankin jääpalaan.)

pisteitys: oikea vaihtoehto $\frac{1}{2}$ p ja perustelu 1 p

5. a) Helsingin Sanomissa oli 9.5.1992 artikkeli "Voimat ne on hiirelläkin". Artikkelissa mainittiin, että viisitoista rotevaa hiirtä jaksaa nostaa minuutissa yhden jalan korkeuteen kappaleen, jonka massa on yksi naula. Laske tämän perusteella kuinka monta hiirivoimaa on yksi hevosvoima.
- b) Fysiikan tunnilla havainnollistettiin Joulen koetta "lämmittämällä" vettä sauvasekoittimella keitinlasissa. Keitinlasissa oli 174 g vettä, jonka lämpötila oli alussa 20,7 °C. Kun vettä oli sekoitettu 24 sekuntia, sen lämpötila oli noussut 21,2 °C:seen. Laske lämmitysteho ja pohdi mahdollisuuksia kuumentaa vesi kiehuvaiksi sekoittimella olettaen, että sekoitinta voidaan pitää pitkiä aikoja päällä.

- a) Yksi hevosvoima on 735,5 W.

Yksi hiirivoima (yhden hiiren nostoteho) on

$$P = \frac{mgh}{nt} = \frac{0,4536 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,3048 \text{ m}}{15 \cdot 60 \text{ s}} = 1,507 \cdot 10^{-3} \text{ W}.$$

Joten yksi hevosvoima (hv) hiirivoimana (HV) ilmaistuna on

$$1 \text{ hevosvoima} = \frac{735,5 \text{ W}}{1,507 \cdot 10^{-3} \text{ W}} \approx 488056 \text{ HV} \approx 488 \text{ 000 HV}.$$

- b) Veden vastaanottama lämpöteho on $P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{cm\Delta T}{\Delta t} = \frac{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,174 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ K}}{24 \text{ s}} = 0,0152 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \approx 15 \text{ W}.$

Teho on suhteellisen pieni, joten kiehuvaiksi vettä ei saada.

Jos halutaan selvittää kuinka lämpimäksi vesi ylipäättään tehosekoittimella saadaan, kuumennetaan sama vesimäärä kiehuvaiksi ja annetaan jäähtyä huoneen lämpötilaan. Mitataan jäähtyvän veden lämpötila mittaustietokoneeseen liitetyllä lämpötila-anturilla ja etsitään kuvaajalta lämpötila, jossa kuvaajan fysikaalisen kulmakertoimen itseisarvo on lasketun tehon suuruinen. Kyseisessä lämpötilassa sauvasekoitin lämmittää vettä samalla teholla jolla vesi jäähtyy.

pisteitys:

- | | |
|---|-----------|
| a) työ & teho | 1p + 1p |
| vertailu hevosvoimaan | 1p |
| b) veden vastaanottama lämpö & teho | 1p + 0,5p |
| teho pieni, ei saa kiehuvaiksi | 0,5p |
| idea, jolla voidaan arvioida lämpötilan yläraja | 1p |