



## AVOIN SARJA

**Voit vastata abitissa TAI paperille.**

*Jos vastaat paperille, kirjoita tekstaten jokaiseen vastauspaperiin oma nimesi.*

*Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.*

**Kaikki paperit palautetaan kilpailun loputtua.**

**Vastaa vain neljään (4) tehtävään viidestä (5). Tehtävä 1 eli kokeellinen tehtävä on pakollinen.**

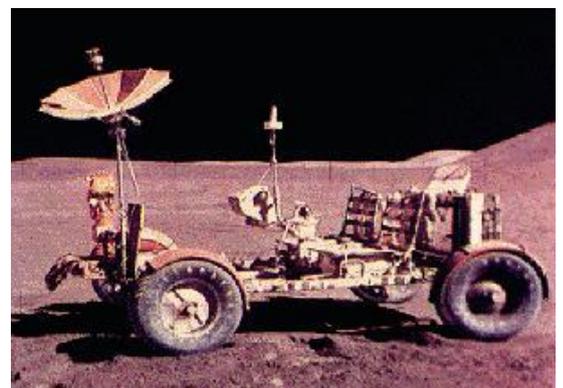
*Vaikka vastaisit paperille, voit laatia graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaajan tietokoneen avulla esimerkiksi abittiympäristössä tai laskimella. Vastauspaperissa esitetään tietokoneella tai laskimella laaditusta kuvaajasta periaatekuva, josta käy ilmi, mitä suureita akseleilla on ja minkä muotoinen kuvaaja on. Tarvittaessa annetaan kuvaajan yhtälö yksiköineen. Kuvaajan voi laatia myös millimetripaperille.*

1. Määritä putoamiskiihtyvyyden heilurin avulla.

välineet: lankaa, ripustustanko, lankaan ripustettava pieni esine, pituusmitta, sekuntikello

Esittele vastauksessa koejärjestely sekä mittaustulokset ja niiden käsittely. Vertaa putoamiskiihtyvyydelle saamaasi tulosta taulukkoarvoon ja pohdi mahdollisen poikkeaman syitä.

2. Lunar Rover (kuvassa, engl. Lunar Roving Vehicle) oli Apollo 15, Apollo 16 ja Apollo 17 -lennoilla käytetty sähkökäyttöinen kuuauto. Kuuauton jokaista neljää pyörää pyöritti oma moottori.
  - a) Mikä on suurin nopeus, joka autolla voi periaatteessa olla ajettaessa Kuun pintaa pitkin? Pinta voidaan olettaa paikallisesti pallon pinnaksi. (7p)
  - b) Voitaisiinko a-kohdassa laskettu nopeus käytännössä ylittää niin, että autolla päästäisiin Kuuta kiertävälle radalle? Oletetaan, ettei moottorien teho ole rajoittava tekijä. (3p)
  - c) Mikä on Kuun pyörähdysaika oman akselinsa ympäri? (2p)
  - d) Miksi ja miten taivaankappaleen pyöriminen vaikuttaa sen pinnalla havaittuun putoamiskiihtyvyyteen? (3p)

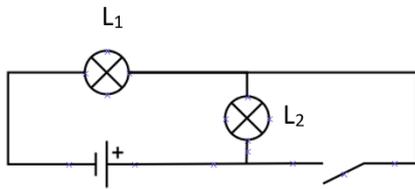


kuvalähde:

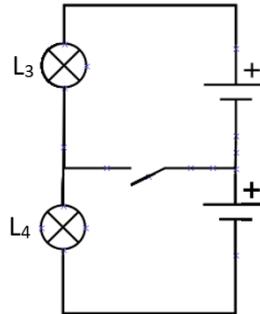
<http://www.astronautix.com/craft/apololrv.htm>

3. Kaikki oheisten kytkentöjen lamput ja jännitelähteet ovat identtisiä. Lisäksi jännitelähteiden sisäinen resistanssi on hyvin pieni.

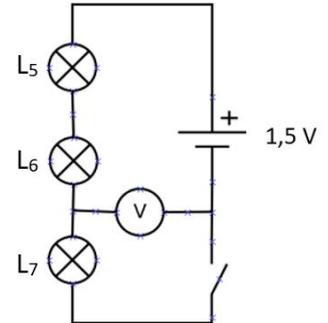
kytkentä 1.



kytkentä 2.



kytkentä 3.



- a) Tutki kytkentöjä kaavioiden mukaisissa tilanteissa, joissa kytkimet ovat auki. Mikä tai mitkä lamput  $L_1 - L_7$  palavat kirkkaimmin? Pelkkä lampun numero riittää vastaukseksi. (2p)
- b) Mitä lampujen kirkkauksille tapahtuu, kun kytkimet suljetaan? Perustelee jokainen kytkentä 1.-3. erikseen. (9p)
- c) Tutki vielä kytkentää 3. Mikä on jännitemittarin lukema kuvan tilanteessa? Perustelee. (4p)
4. Valon diffraktiota tutkittiin violetin laservalon ja hilan avulla. Laservalo suunnattiin kohti liitutaulua, jolle merkittiin laservalon osumakohta. Sen jälkeen laservalon eteen laitettiin hila, jolloin taululla näkyi alkuperäisessä kohdassa olevan violetin pisteen lisäksi molemmin puolin sarja violetteja pisteitä. Näiden pisteiden etäisyydet alkuperäisestä valotäplästä mitattiin. Molemmin puolin ensimmäisen etäisyys oli 20,7 cm, toisen 42,3 cm, kolmannen 65,9 cm ja neljännen 93,0 cm.
- Selvitä graafista esitystä käyttäen violetin laservalon aallonpituus, kun mittauksessa käytetyssä hilassa on 300 rakoa millimetrillä. Hilan etäisyys taulusta oli 1,674 metriä.
5. Kaukolämpöverkossa lämpöä siirretään kuuman veden mukana. Lämpö siirtyy kiinteistön sisäiseen lämmitysverkkoon lämmönvaihtimessa. Kiinteistön verkon vesi ei sekoitu kaukolämpöverkon veden kanssa. Ohessa on kaavakuva kahdesta erityyppisestä lämmönvaihtimesta. Kuvassa punainen nuoli ilmaisee kaukolämpöverkon veden kulkusuuntaa ja sininen kiinteistön.
- a) Miten vaihtimen putkiston rakenne vaikuttaa lämmön siirtymisen tehoon? Selitä kaksi olennaista seikkaa. (4p)
- b) Rivitalo on kytketty kaukolämpöverkkoon lämmönvaihtimella, jossa lämpöä siirtyy talon sisäiseen lämmitysverkkoon. Pakkaspäivänä lämmönvaihtimen läpi virtaa kaukolämpöverkon vettä keskimäärin 13 litraa minuutissa. Tulevan veden lämpötila on  $79,7\text{ }^\circ\text{C}$  ja palaavan  $71,3\text{ }^\circ\text{C}$ . Kuinka monta kilowattituntia kaukolämpöyhtiö laskuttaa taloyhtiöltä kyseiseltä vuorokaudelta? (7p)
- c) Vastavirtavaihtimessa ja myötävirtavaihtimessa veden virtaussuunta poikkeaa toisistaan. Millainen merkitys virtaussuunnalla on lämmityksen kannalta? (4p)





LUKION FYSIIKKAKILPAILU 8.10.2020

## PERUSSARJA

**Voit vastata abitissa TAI paperille.**

*Jos vastaat paperille, kirjoita tekstaten jokaiseen vastauspaperiin oma nimesi.*

*Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.*

**Kaikki paperit palautetaan kilpailun loputtua.**

**Vastaa vain neljään (4) tehtävään viidestä (5).**

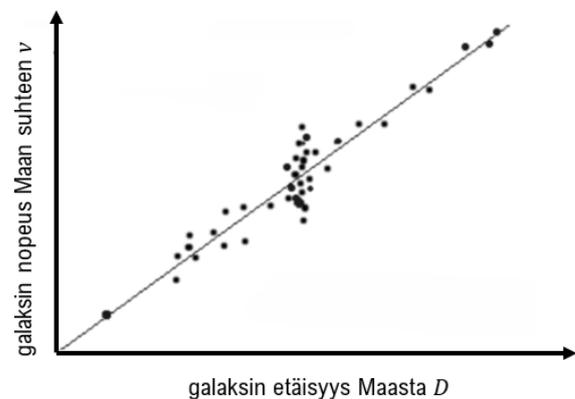
*Vaikka vastaisit paperille, voit laatia graafista esitystä vaativissa tehtävissä kuvaajan tietokoneen avulla esimerkiksi abittiympäristössä tai laskimella. Vastauspaperissa esitetään tietokoneella tai laskimella laaditusta kuvaajasta periaatekuva, josta käy ilmi, mitä suureita akseleilla on ja minkä muotoinen kuvaaja on. Tarvittaessa annetaan kuvaajan yhtälö yksiköineen. Kuvaajan voi laatia myös millimetripaperille.*

1. Edwin Hubble havaitsi 1920-luvulla tähtien lähettämän valon punasiirtymästä, että maailmankaikkeus laajenee. Laajenevassa maailmankaikkeudessa kahden avaruuden pisteen välinen etäisyys kasvaa ajan kuluessa. Laajeneminen on avaruuden itsensä ominaisuus, jonka myötä avaruuden mittasuhteet itsessään muuttuvat.

Hubble huomasi myös, että punasiirtymä on suoraan verrannollinen galaksin etäisyyteen: mitä kauempana galaksi on, sitä suuremmalla nopeudella se etäännyy meistä (kuvaaja).

Hubblen lain mukaan galaksin nopeus  $v$  meistä saadaan, kun sen etäisyys  $D$  kerrotaan Hubblen vakioilla:  $v = H_0 D$ . Hubblen vakion käänteisluku ilmoittaa milloin kaksi nyt etäisyydellä  $D$  olevaa kohdetta ovat olleet samassa pisteessä.

Hubblen vakion suuruudeksi on arvioitu  $H_0 \approx 70 \frac{\text{km}}{\text{s Mpc}}$ .



Lisätietoa: Yksikkö Mpc eli megaparsek on tähtitieteessä käytetty etäisyyden yksikkö. Parsek on etäisyys, jolta yksi astronominen yksikkö eli Maan keskietäisyys Auringosta näkyy 1/3600 asteen eli yhden kaarisekunnin kulmassa.

- a) Miten Hubblen vakio voidaan määrittää oheisesta kuvaajasta? (3p)
- b) Kuinka kaukana meistä on galaksi, jonka punasiirtymä antaa sen nopeudeksi  $1,42 \cdot 10^7$  m/s? (6p)
- c) Määritä maailmankaikkeuden ikä vuosina Hubblen vakion perusteella. (6p)

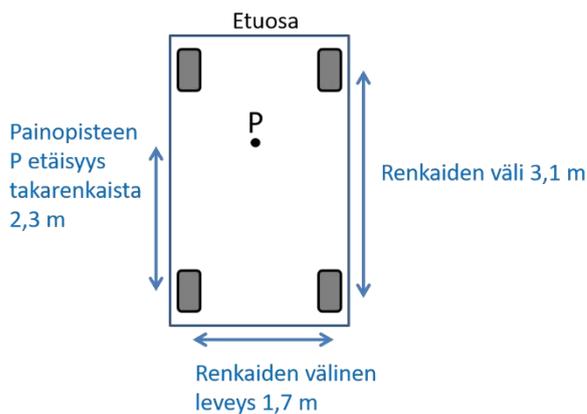
2. Lämpöopin tunnilla tutkittiin erilaisten metalliesineiden kykyä sitoa energiaa. Sakkeli, jonka massa oli 165 g, lämmitettiin vedenkeittimessä kiehuvaan veteen. Kalorimetriastiaan oli mitattu 216 grammaa vettä, jonka lämpötila oli 23,9 °C. Astian lämpökapasiteetiksi oli määritetty 66 J/°C. Kun kuuma sakkeli upotettiin kalorimetriastiaan olevaan veteen, systeemin loppulämpötilaksi mitattiin 28,9 °C.



kuva: sakkeli

Mikä on mittauksen perusteella sakkelimateriaalin ominaislämpökapasiteetti?

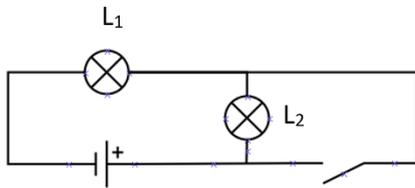
3. Henkilöauton massa on 1 750 kg. Rungon mittasuhteet ja auton painopiste on esitetty kuvassa. Sivusuunnassa painopiste on rungon keskellä. Renkaiden kiinnitykset runkoon ovat keskenään samanlaiset ja kaikki renkaat ovat samassa tasossa.



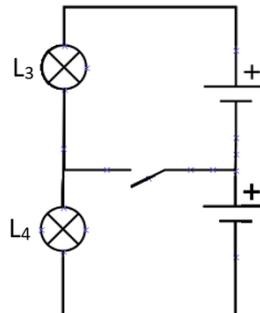
- a) Auto pysäköidään tasaiselle pinnalle kuvan mukaisesti. Laske miten auton paino jakautuu etu- ja takarenkaiden kesken. Anna vastaus prosentteina. (9p)
- b) Mikä merkitys painon jakautumisella on sen kannalta, onko auto etu- vai takavetoinen? Etuvetoisen auton moottori pyörittää eturenkaita ja takavetoisen takarenkaita. (6p)

4. Kaikki oheisten kytkentöjen lamput ja jännitelähteet ovat identtisiä. Lisäksi jännitelähteiden sisäinen resistanssi on hyvin pieni.

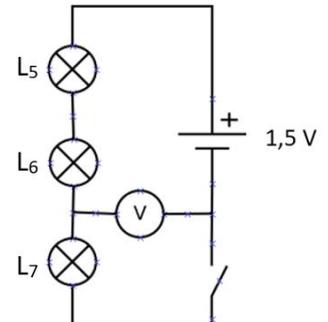
kytkentä 1.



kytkentä 2.



kytkentä 3.



- a) Tutki kytkentöjä kaavioiden mukaisissa tilanteissa, joissa kytkimet ovat auki. Mikä tai mitkä lamput  $L_1 - L_7$  palavat kirkkaimmin? Pelkkä lampun numero riittää vastaukseksi. (2p)
- b) Mitä lampujen kirkkauksille tapahtuu, kun kytkimet suljetaan? Perustele jokainen kytkentä 1.-3. erikseen. (9p)
- c) Tutki vielä kytkentää 3. Mikä on jännitemittarin lukema kuvan tilanteessa? Perustele. (4p)
5. Eräällä mikroaaltouunilla on neljä erilaista antotehoa: 160 W, 350 W, 500 W ja 750 W. Pistorasiaan liitettävän kulutusmittarin avulla voidaan seurata uunin ottotehoa, kun uunia käytetään. Mittarin mukaan uunin ottoteho vaihtelee maksimiarvon 1 240 W ja minimiarvon 39 W välillä. Maksimivaiheessa uuni tuottaa mikroaalloja, jotka kuumentavat ruokaa, ja minimivaiheessa toiminnassa on vain valaistus, lautasen pyörittäminen ja tuuletus sekä kello. Täydellä antoteholla uunin ottoteho on koko ajan maksimissa. Kun uunia käytetään pienemmällä teholla, ottoteho on välillä maksimissa ja välillä minimissä.
- a) Laske mikroaaltouunin hyötysuhde, kun uunia käytetään maksimiteholla. (3p)
- b) Kun antoteho on 500 W, mikroaaltouuni toistaa sykliä, jossa uunin ottoteho on maksimissa 14,7 sekunnin ajan ja minimissä 5,6 sekunnin ajan. Laske uunin keskimääräinen ottoteho ja uunin hyötysuhde. (7p)
- c) Vaikka mikroaaltouunia ei käytetä, uunin kello on koko ajan toiminnassa. Tällöin kulutusmittari antaa ottotehoksi 1,9 W. Sähkön hinta on 12 snt/kWh sisältäen energian, siirron ja verot. Kuinka paljon mikroaaltouunin kellon toiminta tulee maksamaan vuoden aikana? (5p)



## ÖPPNA SERIEN

***Du kan svara i abitti eller på papper.***

***Ifall du svarar på papper, teksta ditt namn på varje svarpapper.***

***Tävlingstiden är 100 minuter.***

***Alla papper returneras då tävlingen slutar.***

***Besvara bara fyra (4) uppgifter av fem (5). Uppgift 1 dvs. den experimentella uppgiften är obligatorisk.***

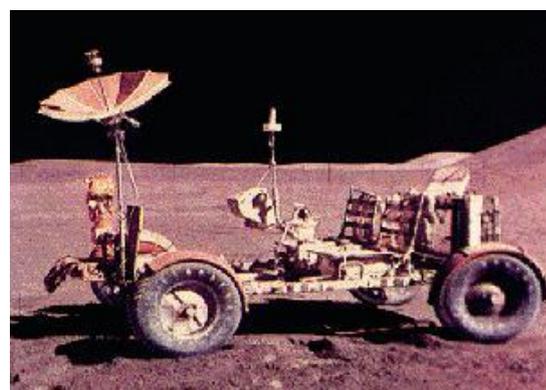
*Ifall du svarar på papper, kan du ändå skapa grafer med dator, t.ex. i abittimiljön eller med kalkylator. På svarappret framställer man i så fall en principskiss som visar vilka storheter man har på axlarna och vilken form grafen har. Vid behov anges grafens ekvation med enheter. Grafen kan också konstrueras på millimeterpapper.*

1. Bestäm tyngdaccelerationen med hjälp av en pendel.

redskap: tråd, stav för upphängning, ett litet föremål som fästs i tråden, längdmått, tidtagarur

Presentera i ditt svar undersökningens arrangemang samt mätresultaten och deras behandling. Jämför resultatet som du får för tyngdaccelerationen med dess tabellvärde och diskutera orsakerna till en eventuell avvikelse.

2. Lunar Rover (*i bild, eng. Lunar Roving Vehicle*) var en eldriven månobil som användes på rymdfärderna Apollo 15, Apollo 16 och Apollo 17. Var och en av månobilens fyra däck drevs av en egen motor.
  - a) Vad är den största möjliga hastigheten som man i princip kunde ha då man kör på månens yta? Ytan kan antas vara sfärisk. (7p)
  - b) Kunde hastigheten som a-delen ger i praktiken överskridas så att bilen hamnar i en omloppsbana kring månen? Vi antar att motorernas effekt inte är en begränsande faktor. (3p)
  - c) Vad är månens rotationstid kring sin egen axel? (2p)
  - d) Hur och varför påverkar en himlakropp rotation tyngdaccelerationen som kan observeras på dess yta? (3p)

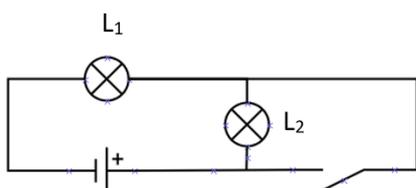


källa:

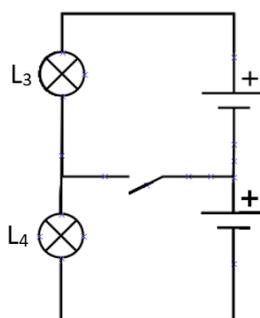
<http://www.astronautix.com/craft/apololrv.htm>

3. Alla lampor och spänningskällor i de bifogade kretsarna är sinsemellan identiska. Dessutom är spänningskällornas inre resistans ytterst liten.

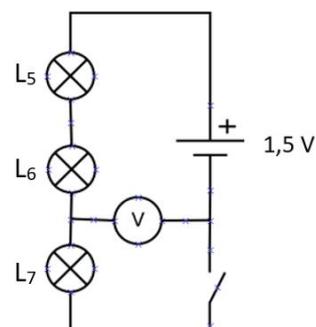
koppling 1.



koppling 2.



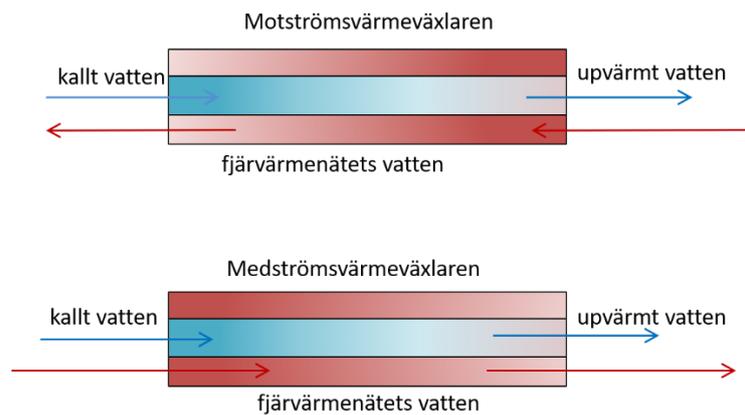
koppling 3.



- a) Granska kopplingarna i schemana i situationer där strömbrytarna är öppna. Vilken eller vilka av lamporna  $L_1 - L_7$  lyser starkast? Lampans nummer räcker som svar. (2p)
- b) Vad händer åt lampornas ljusstyrkor då brytarna sluts? Motivera skilt för varje koppling 1.-3. (9p)
- c) Granska ännu koppling 3. Vad är spänningsmätarens utslag i situationen? Motivera. (4p)
4. Ljusets diffraktion undersöktes med en violett laser och ett gitter. Laserljuset riktades mot en krittavla där ljusets träffpunkt märktes ut. Efter detta sattes gittret framför laserljuset, varefter det syntes på båda sidorna av den ursprungliga punkten även en serie violetta punkter. Dessa punkters avstånd från den ursprungliga punkten mättes. På båda sidorna var avståndet till den första punkten 20,7 cm, till den andra 42,3 cm, till den tredje 65,9 cm och till den fjärde 93,0 cm.

Utnyttja en grafisk framställning för att reda ut det violetta ljusets våglängd, då gittret i mätningen har 300 spalter per millimeter. Gittrets avstånd från tavlan var 1,674 meter.

5. I ett fjärrvärmenät överförs värme med hett vatten. Värme överförs till fastighetens egna värmenätverk i en värmeväxlare. Vattnet i fastighetens nätverk blandas inte med fjärrvärmenätets vatten. Bifogat finns en schematisk bild av två olika typers värmeväxlare. I bilden anger den röda pilen vattnets strömningsriktning i fjärrvärmenätet och den blåa i fastighetens nätverk.
- a) Hur påverkas effekten med vilken värmeöverföringen sker av växlarens konstruktion? Förklara två väsentliga aspekter. (4p)
- b) Ett radhus är kopplat till fjärrvärmenätet med en värmeväxlare i vilken värme överförs till husets interna värmenätverk. På en kölldag strömmar i genomsnitt 13 liter per minut av fjärrvärmenätets vatten genom värmeväxlaren. Det inkommande vattnets temperatur är  $79,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  och det återkommande vattnets  $71,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . För hur många kilowattimmar debiterar fjärrvärmebolaget husbolaget av dygnet i fråga. (7p)
- c) I motströmsvärmeväxlaren och i medströmsvärmeväxlaren skiljer sig vattnets strömningsriktningar från varandra. Hurdan betydelse har strömningsriktningen för uppvärmningen? (4p)





## GRUNDSERIEN

**Du kan svara i abitti eller på papper.**

*Ifall du svarar på papper, teksta **ditt namn på varje svarpapper.***

*Tävlingstiden är 100 minuter.*

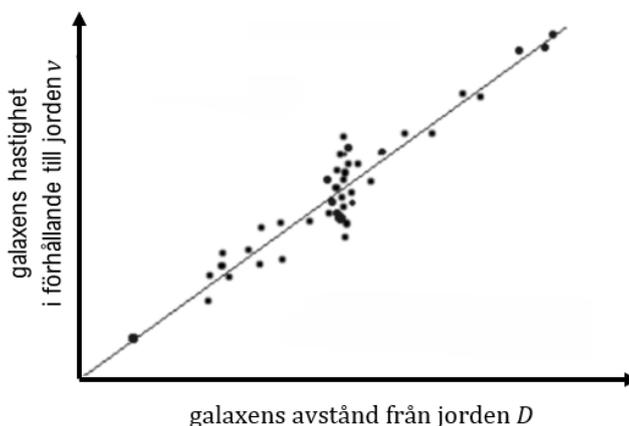
**Alla papper returneras då tävlingen slutar.**

**Besvara bara fyra (4) uppgifter av fem (5).**

*Ifall du svarar på papper, kan du ändå skapa grafer med dator, t.ex. i abittimiljön eller med kalkylator. På svarspappret framställer man i så fall en principskiss som visar vilka storheter man har på axlarna och vilken form grafen har. Vid behov anges grafens ekvation med enheter. Grafen kan också konstrueras på millimeterpapper.*

1. Edwin Hubble observerade på 1920-talet ur rödförskjutningen i ljuset från stjärnorna att universumet expanderar. I det expanderande universumet växer avståndet mellan två punkter i rymden med tiden. Expansionen är en egenskap av rymden, som gör att självaste måttförhållanden i rymden förändras.

Hubble märkte också att rödförskjutningen är direkt proportionell med avståndet till galaxen: Ju längre borta galaxen är, desto större är hastigheten som den avlägsnar sig från oss med (graf).



Enligt Hubbles lag fås galaxens hastighet  $v$  från oss då dess avstånd  $D$  multipliceras med Hubbles konstant:  $v = H_0 D$ . Inversa talet till Hubbles konstant anger när två galaxer som nu är på avståndet  $D$  från varandra har varit i samma punkt.

Storleken på Hubbles konstant har uppskattats till  $H_0 \approx 70 \frac{\text{km}}{\text{s Mpc}}$ .

Tilläggsinformation: Enheten Mpc, dvs. megaparsek, är en avståndsenhet som används inom astronomi. En parsek är avståndet därifrån en astronomisk enhet, dvs. medelavståndet mellan jorden och solen syns i en vinkel på  $1/3600$  grader, dvs. en bågsekund.

- Hur kan Hubbles konstant bestämmas ur den bifogade grafen? (3p)
- Hur långt från oss är en galax vars rödförskjutning ger åt oss dess hastighet  $1,42 \cdot 10^7$  m/s? (6p)
- Bestäm universumets ålder i år ur Hubbles konstant. (6p)

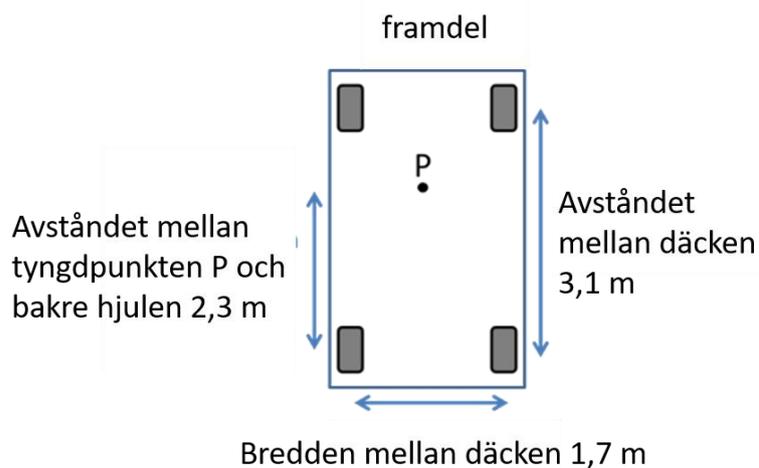
2. På en lektion i värmelära undersöktes olika metallföremåls förmåga att lagra energi. En schackel vars massa var 165 g värmdes upp i kokande vatten i en vattenkokare. Man hade uppmätt 216 g vatten med temperaturen 23,9 °C i ett kalorimeterkärl. Kärlets värmekapacitet är 66 J/°C. När den heta schackeln sänktes i kärlets vatten, uppmättes sluttemperaturen för systemet, 28,9 °C.



bild: schackel

Vad är schackelmaterialets specifika värmekapacitet enligt mätningen?

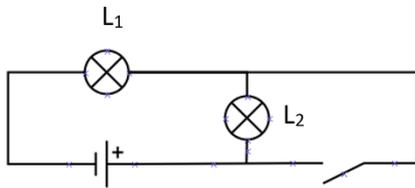
3. En personbils massa är 1 750 kg. Karossens mått och bilens tyngdpunkt visas på bilden. I sidled är tyngdpunkten i mitten av karossen. Alla däck är i samma plan och är fästa i karossen på identiska sätt.



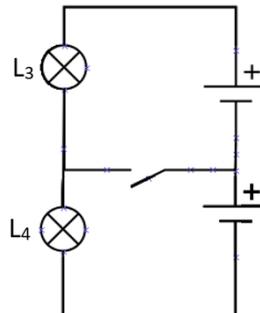
- a) Bilen parkeras på en jämn yta i enlighet med bilden. Beräkna hur bilens tyngd fördelas mellan fram- och bakdäcken. Ange svaret i procent. (9p)
- b) Vilken betydelse har tyngdens fördelning med tanke på att är bilen fram- eller bakhjulsdriven? I en framhjulsdriven bil driver motorn rotationen av framhjulen och i en bakhjulsdriven rotationen av bakhjulen. (6p)

4. Alla lampor och spänningskällor i de bifogade kretsarna är sinsemellan identiska. Dessutom är spänningskällornas inre resistans ytterst liten.

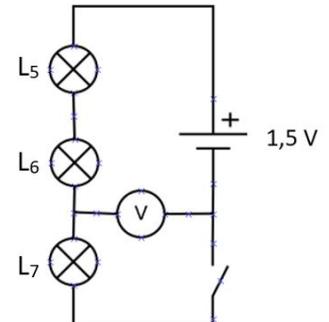
koppling 1.



koppling 2.



koppling 3.



- a) Granska kopplingarna i schemana i situationer där strömbrytarna är öppna. Vilken eller vilka av lamporna  $L_1 - L_7$  lyser starkast? Lampans nummer räcker som svar. (2p)
- b) Vad händer åt lampornas ljusstyrkor då brytarna sluts? Motivera skilt för varje koppling 1.-3. (9p)
- c) Granska ännu koppling 3. Vad är spänningsmätarens utslag i situationen? Motivera. (4p)
5. En mikrovågsugn har fyra olika avgivna effekter: 160 W, 350 W, 500 W och 750 W. Med en elmätare som kopplas till vägguttaget kan ugnens mottagna effekt iakttas, då ugnen är i bruk. Enligt mätaren varierar ugnens mottagna effekt mellan maximivärdet 1 240 W och minimivärdet 39 W. I maximiskedet producerar ugnen mikrovågor som hettar upp maten, då i minimiskedet är bara belysningen, tallrikens rotering, fläkten och klockan i bruk. Med full avgiven effekt är ugnens mottagna effekt hela tiden i maximiläget. Då ugnen används med än lägre effekt är mottagna effekten ibland i maximi- och ibland i minimiläget.
- a) Beräkna mikrovågsugnens verkningsgrad då ugnen används med dess maximieffekt. (3p)
- b) Då avgivna effekten är 500 W upprepas en cykel där ugnens mottagna effekt har sitt maximivärde i 14,7 sekunders tid och sitt minimivärde i 5,6 sekunders. Beräkna ugnens genomsnittliga mottagna effekt och ugnens verkningsgrad. (7p)
- c) Även om mikrovågsugnens inte används är dess klocka hela tiden i bruk. Då anger elmätaren 1,9 W som mottagen effekt. Elpriset är 12 cent/kWh, inklusive energin, elöverföringen och skatterna. Hur mycket kommer användningen av ugnens klocka att kosta under ett år? (5p)



## OPEN SERIES

**You may solve the following problems either in the Abitti system OR on sheets of paper.**

**If you choose to write your answers on paper, use clear handwriting to write your name on each sheet.**

*You have 100 minutes.*

**All sheets of paper are to be handed in when the time is up.**

**Only solve four (4) of the five (5) tasks. Task 1 (practical task) is obligatory.**

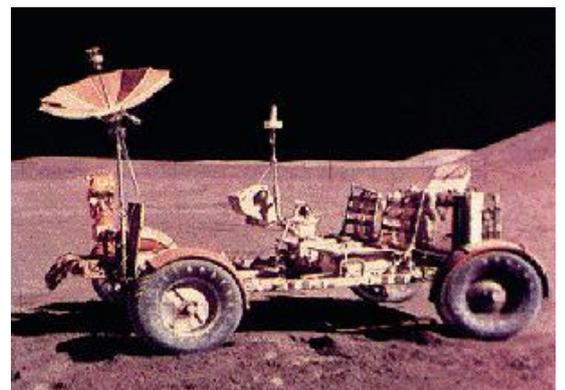
*Even if you solve the problems on paper, you may use a computer to access, for example, Abitti or a calculator to plot data in graphical form. In this case, your hand-written answer will feature a sketch of the graph to show which quantities are represented on the axes and to show what the shape of the graph is. Also include the equation of the graph, units included, if you refer to it. It is also possible to plot the data on millimetre paper.*

1. Determine the value of the standard acceleration due to gravity (*standard gravity*) with a pendulum.

equipment: thread, a pole stand for hanging, a small object to be attached to thread, tape measure, stopwatch

Present the experiment setup, the measured values, and the analysis of these values in your answer. Compare the value you get for the standard gravity to its standard value, and reflect on why your value might deviate from it.

2. The *Lunar Roving Vehicle* was the battery-driven lunar car deployed with the Apollo 15, Apollo 16, and Apollo 17 flights. Each of the four wheels of the car was driven by its own engine.
  - a) Find the highest velocity the vehicle could, in principle, achieve on the Moon. The surface of the Moon can be locally likened to that of a sphere. (7p)
  - b) Would it be possible to, in practice, exceed the velocity from a) so that the car would start orbiting the Moon? In this problem, the power of the engine is not a limiting factor. (3p)
  - c) Find the rotational period of the Moon around its own axis. (2p)
  - d) Why and how does the rotation of a celestial body affect the standard acceleration due to gravity observed on its surface? ( p)

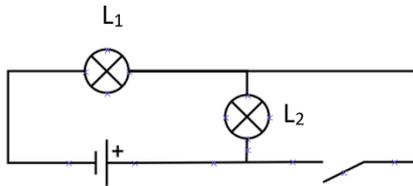


source:

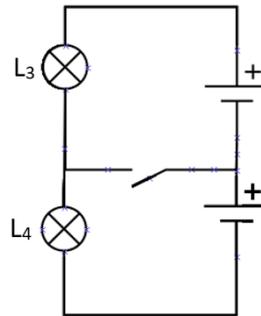
<http://www.astronautix.com/craft/apololrv.htm>

3. All the light bulbs and voltage sources in the circuits below are identical to one another. Furthermore, the internal resistance of all voltage sources is very small.

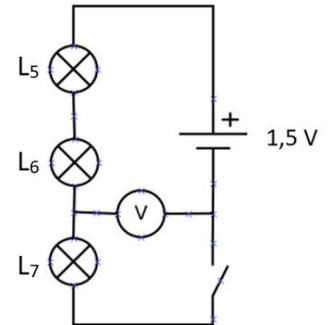
circuit 1



circuit 2



circuit 3

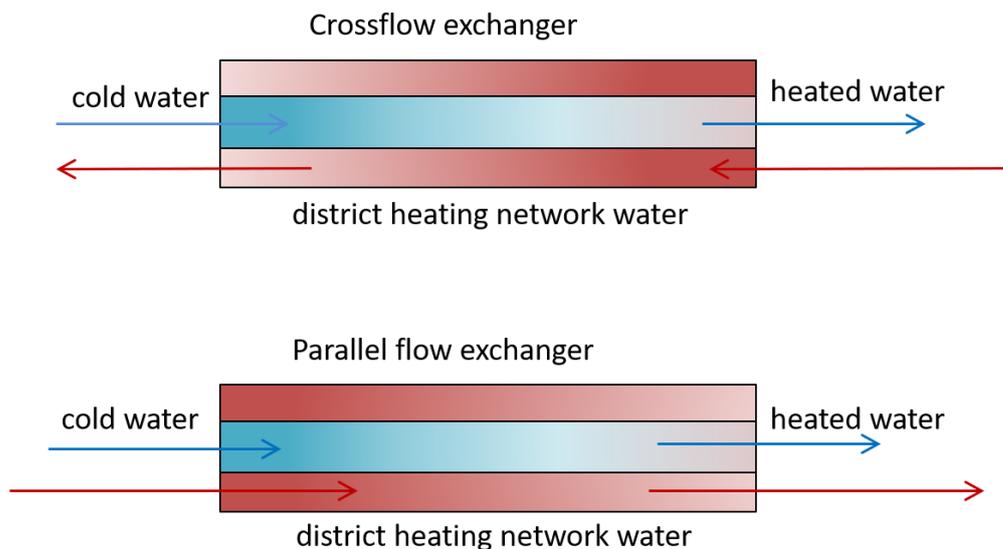


- Study the circuits in the diagrams 1 – 3 in the case of all of the switches being open. Which of the lamps  $L_1 - L_7$  is or are the brightest? The indices, or the numbers of the lamps, are enough. (2p)
- How does the brightness of the lamps change when the switches are closed? Show your work for all three circuits 1 – 3. (9p)
- Study circuit 3 further. Find the reading on the voltmeter as shown in the diagram above. Show your work. (4p)

4. The diffraction of light was studied with a laser and a diffraction grating. The laser beam was directed towards a blackboard, where the point of impact was marked down. Afterwards, the diffraction grating was placed in front of the laser. As a consequence, there still was a purple dot on the point that was marked down, and, in addition, a series of purple dots were observed on the board on both sides of the original point. The distances from the dots from the original one were measured: the first points were at the distance of 20,7 cm, the second ones at 42,3 cm, the third ones at 65,9 cm, and the fourth ones at 93,0 cm.

By using a graphical representation, find the wavelength of the purple laser used in the experiment, given that there are 300 slits per millimetre on the diffraction grating. The distance from the diffraction grating to the blackboard was measured to be 1,674 metres.

5. In a district heating network (*kaukolämpö* in Finnish), water is used as the medium for the heat transfer. The heat is transferred to the central heating network inside a building in a heat exchanger. The water in the central heating system does not mix with the water in the outer network. The images below feature two different types of heat exchangers: the red arrows indicate the flow direction in the district network, and the blue arrows indicate that in the network of a building.
- How does the structure of the piping in the heat exchanger affect the power at which heat is transferred? Explain two relevant factors. (4p)
  - A semi-detached house is attached to the district heating network with a heat exchanger that transfers heat to the central heating system of the building. On a day with sub-zero temperatures, 13 litres of district heating network water flow through the heat exchanger every minute. The temperature of the water entering the exchanger is  $79,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and the temperature of the water exiting it is  $71,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . For how many kilowatt hours does the district heating company bill the owners of the building for that 24-hour period? (7p)
  - The flow directions in a parallel flow exchanger and a crossflow exchanger are opposite when compared to each other. How does the flow direction affect the heating properties of the exchanger? (4p)





## UPPER SECONDARY SCHOOL PHYSICS COMPETITION, Oct 8th, 2020

## BASIC SERIES

**You may solve the following problems either in the Abitti system OR on sheets of paper.**  
 If you choose to write your answers on paper, use clear handwriting to write **your name on each.**  
 You have 100 minutes.

**All sheets of paper are to be handed in when the time is up.**

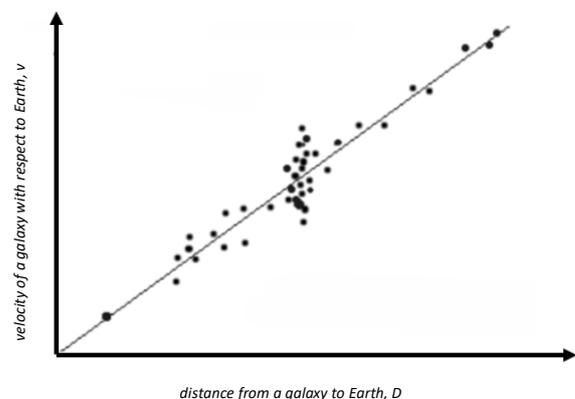
**Only solve four (4) of the five (5) tasks.**

Even if you solve the problems on paper, you may use a computer to access, for example, Abitti or a calculator to plot data in graphical form. In this case, your hand-written answer will feature a sketch of the graph to show which quantities are represented on the axes and to show what the shape of the graph is. Also include the equation of the graph, units included, if you refer to it. It is also possible to plot the data on millimetre paper.

- Based on the redshift of the light emitted by stars, Edwin Hubble discovered in the 1920's that the universe is expanding. In an expanding universe, the distance between two points in space increases with time. This is a property of space itself, and it means that the scales of objects in space with respect to others keep changing.

Moreover, Hubble discovered that the redshift is directly proportional to the distance between the object and the Earth: the farther away the galaxy is, the faster it moves away (graph).

Hubble's law states that the velocity  $v$  of a galaxy with respect to us can be calculated by multiplying its distance  $D$  by a number known as Hubble's constant:  $v = H_0 D$ .



The inverse of Hubble's constant indicates the point in time when two objects that are now at a distance  $D$  have been at the same point in space.

It is estimated that the value of Hubble's constant is about  $H_0 \approx 70 \frac{\text{km}}{\text{Mpc} \cdot \text{s}}$ .

Further information: The unit Mpc, or megaparsec, is a unit of distance used in astronomy. A parsec is the distance at which one astronomical unit, or the average distance between the Earth and the Sun, is shown at the angle of  $1/3600$  degrees, also known as an arcsecond.

- How can Hubble's constant be determined based on the graph? (3p)
- How far away from us is a galaxy whose redshift indicates it is moving away from us at a velocity of  $1,42 \cdot 10^7$  m/s? (6p)
- Determine the age of the universe, in years, based on Hubble's constant. (6p)

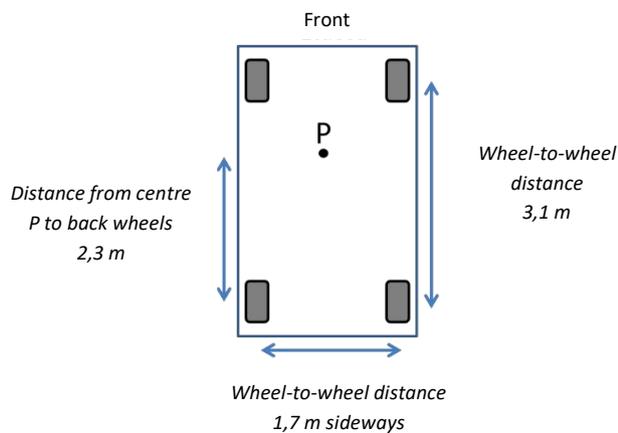
2. The goal of a thermal physics class was to study how the ability to store energy differs from one metallic object to another. A shackle, whose mass was 165 g, was heated up in boiling water in an electric kettle. In addition, 216 grams of water at 23,9 °C were added to a calorimeter. The heat capacity of the container was determined to be 66 J/°C. When the heated-up shackle was submerged in the water in the calorimeter, the final temperature of system was eventually 28,9 °C.



a shackle

Find the specific heat capacity of the material of the shackle based on the experiment.

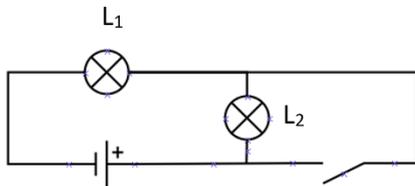
3. The mass of a car is 1 750 kg. The scale of its body and its centre of mass are shown below. In the sideways direction, the centre of mass is in the middle of the body. The wheels are attached to the body in exactly the same way, and all of the wheels are on the same plane.



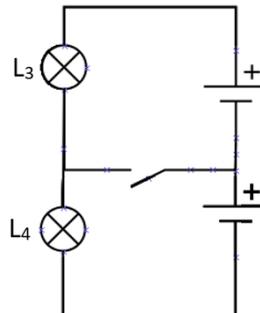
- a) The car is parked on an even surface as shown above. Find the weight distribution between the front and back wheels. Indicate your answer in percent. (9p)
- b) What is the meaning of the weight distribution for front-wheel cars and rear-wheel cars? The engine of a front-wheel car drives the front wheels of a car, and that of a rear-wheel car drives the rear wheels. (6p)

4. All the light bulbs and voltage sources in the circuits below are identical to one another. Furthermore, the internal resistance of all voltage sources is very small.

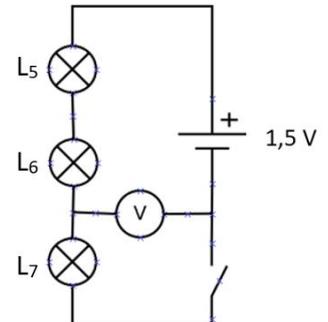
circuit 1



circuit 2



circuit 3



- a) Study the circuits in the diagrams 1 – 3 in the case of all of the switches being open. Which of the lamps  $L_1 - L_7$  is or are the brightest? The indices, or the numbers of the lamps, are enough. (2p)
- b) How does the brightness of the lamps change when the switches are closed? Show your work for all three circuits 1 – 3. (9p)
- c) Study circuit 3 further. Find the reading on the voltmeter as shown in the diagram above. Show your work. (4p)
5. A certain microwave oven features four output power settings: 160 W, 350 W, 500 W, and 750 W. The input power of the oven while it is in use can be observed using a power monitor attached to the socket. According to the measurement device, the input power of the oven fluctuates between the maximum 1 240 W and the minimum 39 W. At the maximum power setting, the oven produces microwaves that heat up food, and at minimum power, only the internal lighting, the turntable, the ventilation and the timer are in use. At maximum output power, the input power of the oven is always at its maximum. When the oven is used on a lower output power setting, the input power goes from the maximum to the minimum and back several times.
- a) Find the efficiency of the microwave oven when it is operated at maximum power. (3p)
- b) When the output power is 500 W, the microwave enters a cycle where it keeps its input power at its maximum for 14,7 seconds and at its minimum for 5,6 seconds. Find the average input power of the oven on this setting, and calculate its efficiency as well. (7p)
- c) Even if the microwave oven is not in use, the clock on the microwave is still on. The power monitor shows the input power of this standby mode to be 1,9 W. The price of electricity is 12 cents per kWh, and this price includes the energy itself, the distribution costs, and all taxes. At this rate, how much does the clock incur in costs in a full year? (5p)