



## AVOIN SARJA

*Kirjoita tekstaten koepaperiin oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosoitteesi,  
opettajasi nimi sekä koulusi nimi.*

*Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.*

*Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.*

1. Määritä laserkynän aallonpituus. Käytettävissäsi on hila, jonka hilavakio tunnetaan. Käytössä on myös mittanauha. Esitä laskut ja perustele mittauksesi piirrosten avulla.

### Ratkaisu

Laserkynän aallonpituus määritetään hilayhtälön avulla  $d \sin \alpha = k\lambda$ . Taipumiskulma saadaan ehdosta  $\tan \alpha = \frac{b}{a}$ , missä  $a$  on hilan ja varjostimen välinen etäisyys ja  $b$  on maksimin ja kuvion keskikohdan välinen etäisyys.

Mittaustarkkuuden parantamiseksi mitataan toisen (tai kolmannen) maksimin välinen etäisyys kuvion keskikohdan kummaltakin puolelta, joka jaetaan kahdella.

Aallonpituus saadaan lausekkeesta  $\lambda = \frac{d \sin \alpha}{k}$ .

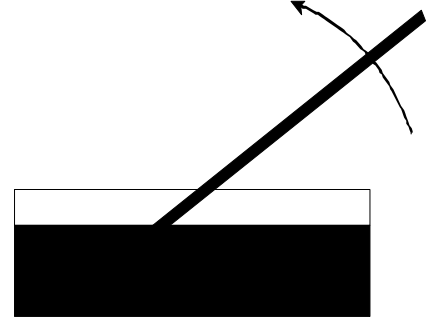
**Opettajaa pyydetään ilmoittamaan käytetyn laserkynän aallonpituus.**

### Pisteytys

kojärjestely piirroksin	1p
etäisyydet $a$ ja $b$ järkevällä tarkkuudella	1p
kulma(t) tan:lla (tai $\tan \approx \sin$ pienillä kulmilla)	1p
hilayhtälö	1p
aallonpituus	1p
käytetty toista tai kolmatta maksimia	1p



2. Vastaa perustellen seuraaviin tehtäviin.
- Vesilasiin pannaan jääpala siten, että lasi on ääriään myöten täynnä vettä ja jäätä. Miten vedenpinnan käy, kun jää sulaa?
  - Pingispallo on vesiastiassa ilmatiiviin kuvun alla. Kupuun pumpataan ilmaa. Miten pallon kelluminen muuttuu pumppaamisen jälkeen?
  - 20 metriä pitkä toisesta päästään avoin metalliputki täytetään vedellä ja nostetaan sitten pystyyn suljettu pää ylhäällä. Avoin pää on koko ajan veden pinnan alla. Mitä tapahtuu putkessa olevalle vedelle?



### Ratkaisu

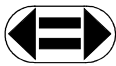
- Vedenpinnan korkeus ei muutu jään sulaessa (vettä ei myöskään valu pois lasista). Kelluva jääpala syrjäyttää painonsa verran vettä. Sulanut jää syrjäyttää vetenä yhtä suuren tilavuuden vettä kuin jääpalana.
- Pallo kelluu alkutilannetta korkeammalla. Kuvun alle virtaava ilma suurentaa siellä olevan ilman tiheyttä. Ilmatiiviiseen pingispalloon kohdistuu neste sekä vedestä että ilmasta. Jälkimmäinen neste suurenee ilman tiheyden kasvaessa, minkä takia pallo kelluu entistä korkeammalla.
- Metalliputkessa olevan veden yläpinta asettuu sellaiselle korkeudelle, että putkessa olevan veden hydrostaattinen paine on yhtä suuri kuin ulkoinen ilmanpaine

$$\rho gh = p_i, \quad h = \frac{p_i}{\rho g} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 10,3 \text{ m}$$

Todellisuudessa vedenpinnan korkeus on pienempi kuin 10 m, koska putkessa olevaa vettä höyrystyy, mikä lisää putkessa olevaa höyrönpainetta.

### Pisteytys

2p kohta



3. Akvaarioon kaadettiin 9,8 litraa lämmintä vettä. Veden lämpötila mitattiin puolen tunnin välein, jolloin saatiin seuraavat tulokset:

aika (min)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
lämpötila (°C)	37,0	35,4	34,1	32,9	31,7	30,6	29,8	29,1	28,6	28,0	27,4	26,9

Esitä tulokset sopivassa koordinaatistossa ja määritä kuvaajan perusteella, kuinka tehokas lämmitin tarvitaan, jotta veden lämpötila pysyisi 30,0 °C:ssa. Kuinka suuri sähkövirta lämmittimessä on, kun se toimii verkkojännitteellä?

### Ratkaisu

Vesi luovuttaa lämpöenergiaa huoneilmalle ja jäähtyy. Teho, jolla lämpöenergiaa poistuu, saadaan siirtyneen lämpöenergian ja siirtymiseen kuluneen ajan perusteella:

$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{cm\Delta\theta}{\Delta t}$ . Hetkellinen lämmönsiirtymisteho saadaan määrittämällä hetkellinen

lämpötilan muutosnopeus  $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ . Lämmittimen täytyy olla riittävän tehokas korvaamaan menetetty lämmön.

Esitetään tulokset lämpötila ajan funktiona. Kuvaaja on kaartuva veden lämpötilan vähitellen lähestyessä huoneilman lämpötilaa. Määritetään kuvaajan jyrkkyys 30,0 °C:n kohdalla

graafisesti derivoimalla  $kk = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{6,8^\circ\text{C}}{249\text{ min}}$ . Lasketaan tarvittavan lämmittimen teho

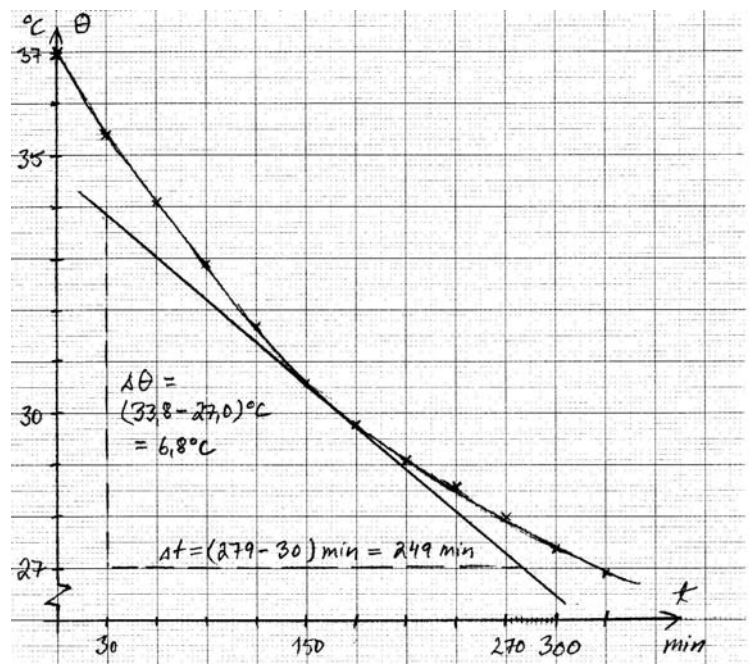
$$P = \frac{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 9,8\text{kg} \cdot 6,8^\circ\text{C}}{249 \cdot 60\text{s}} \approx 0,019\text{kW} = \underline{\underline{19\text{W}}}$$

Verkojännitteen tehollinen arvo on 230 V. Toisaalta  $P = UI$ , josta saadaan  $I = \frac{P}{U}$ , joten

$$I = \frac{19\text{W}}{230\text{V}} \approx 0,081\text{A} = \underline{\underline{81\text{mA}}}$$

### Pisteytys

tarvittavat yhtälöt	<b>2p</b>
sopiva graafinen esitys	<b>1p</b>
kuvaajan kulmakerroin	
kysytyllä lämpötilalla	<b>1p</b>
lämmittimen teho	<b>1p</b>
sähkövirta lämmittimessä	<b>1p</b>

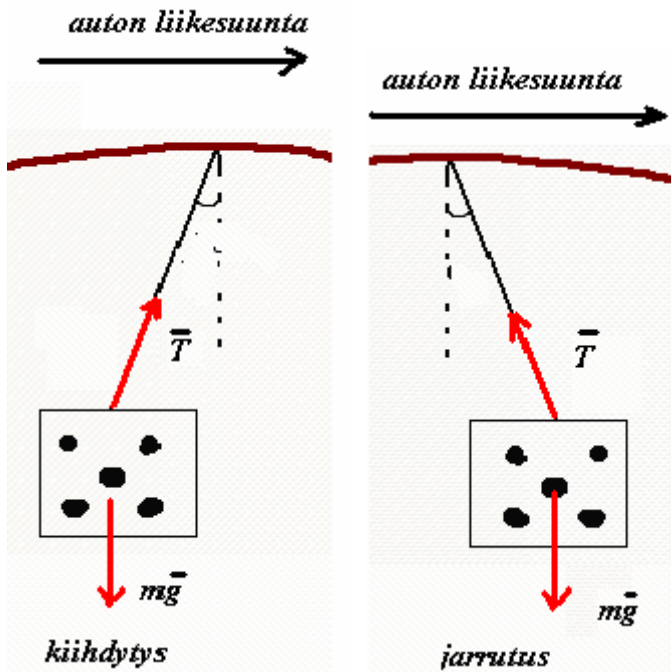




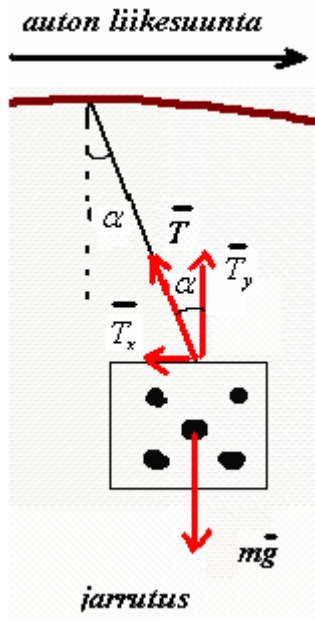
4. Auton taustapeiliin on ripustettu roikkumaan koristeeksi nopat. Liikkeelle lähdettäessä nopat heilahtavat  $25^\circ$  sivuun luotisuorasta. Pysähdyttäessä ne heilahtavat uudelleen, nyt  $38^\circ$ . Auto on molemmissa tapauksissa tasamaalla.
- a) Perustele, mihin suuntaan nopat heilahtavat lähtiessä ja mihin suuntaan pysähdyttäessä.  
b) Mikä on auton kiihtyvyys pysähdyttäessä?

Ratkaisu

- a) Lähdettäessä liikkeelle nopat heilahtavat taaksepäin, jarrutettaessa eteenpäin. Kokonaisvoiman on oltava lähdettäessä eteenpäin ja pysähdyttäessä taaksepäin, jotta noppiin kohdistuu oikeasuuntainen kiihtyvyys. Niinpä langan tukivoiman on oltava lähdettäessä etuviistoon ja pysähdyttäessä takaviistoon. (Hitautensa takia nopat jäävät jälkeen auton liiketilän muuttuessa, jonka seurauksena langan tukivoima on tarvittavan suuntainen.) Perusteluna käy esim. voimakuvio.



- b)



Liikkeyhtälö:

$$\mathbf{T} + \mathbf{G} = m\mathbf{a} \Leftrightarrow \begin{cases} -T_x = ma \\ T_y - G = 0 \end{cases}$$

Sijoitetaan langan jännitysvoiman komponenttien lausekkeet (posit.suunta on liikkeen suunta)

$$\begin{cases} T \sin \alpha = -ma \\ T \cos \alpha - mg = 0 \end{cases}$$

Jakamalla puolittain saadaan

$$\frac{T \sin \alpha}{T \cos \alpha} = \frac{-ma}{mg} \Rightarrow a = -g \tan \alpha = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \tan 38^\circ = -7,66 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx -7,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Jarrutettaessa kiihtyvyys on  $-7,7 \text{ m/s}^2$ .

### Pisteytys

- a) 1p / kohta perusteluineen eli yhteensä **2p**
- b) voimakuvio **1p**  
liikkeyhtälö ja sen ratkaisu **2p**  
tulos **1p**



5. Satelliitti liikkuu lähes ympyrärataa maapallon ympäri päiväntasaajan kohdalla 200 km korkeudella kohti itää. Satelliitissa on 3 m pituinen suora antenni, joka on kohtisuorassa maan pintaa vastaan.
- Laske satelliitin nopeus.
  - Kuinka suuri jännite indusoituu antennin päiden välille Maan magneettikentässä, jos oletetaan, että magneettivuon tiheys lentoradan kohdalla on  $30 \mu\text{T}$  ja inkliinaatio ja deklinaatio ovat  $0^\circ$ ? Kumpi antennin pää saa negatiivisen varauksen?

Ratkaisu

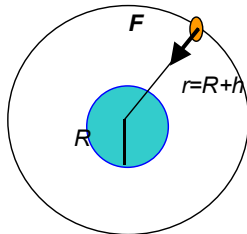
a) Satelliitti liikkuu ympyräradalla. Gravitaatiovoima on ainoa satelliittiin vaikuttava voima. Satelliitin kiihtyvyys on normaalikiihtyvyyttä. Jos radan säde on  $r$ , kiihtyvyys on

$$a = a_n = \frac{v^2}{r}$$

Säde  $r$  on  $r = R + h$ , missä  $R$  on Maan säde ja  $h$  satelliitin korkeus maanpinnasta. Satelliitin liikeyhtälö on gravitaatiolain mukaan

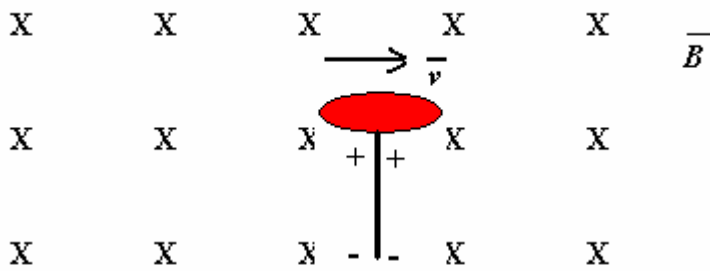
$$G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r},$$

Tästä saadaan ratanopeudeksi  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{kg}}{(6,37 + 0,2) \cdot 10^6 \text{m}}} = 7788 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 7,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$



b) Antennin päiden välille indusoituu jännite

$$e = Blv = Bl \sqrt{\frac{GM}{r}} = 30 \cdot 10^{-6} \text{T} \cdot 3 \text{ m} \cdot \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \text{kg}}{(6,37 + 0,2) \cdot 10^6 \text{m}}} \approx 0,70 \text{ V}$$



*Länsi*

*Itä*

Oikean käden säännön mukaan antennin alapää varautuu negatiiviseksi.

Pisteytys

- |    |                                       |    |
|----|---------------------------------------|----|
| a) | normaalikiihtyvyys ja radan säde      | 1p |
|    | liikeyhtälö ja yleinen painovoimalaki | 1p |
|    | ratanopeus                            | 1p |
| b) | jännite                               | 2p |
|    | negatiivisesti varattu pää            | 1p |