

## PERUSSARJA

Vastaa huolellisesti ja siististi!

Kirjoita tekstaten koepaperiin **oma nimesi, kotiosoitteesi, sähköpostiosite,**

**opettajasi nimi sekä koulusi nimi.**

Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.

**Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.**

1. Taulukossa on esitetty Usain Boltin Berliinin MM-kisoissa 2009 juokseman 100 metrin maailmanennätysjuoksun väliajat.

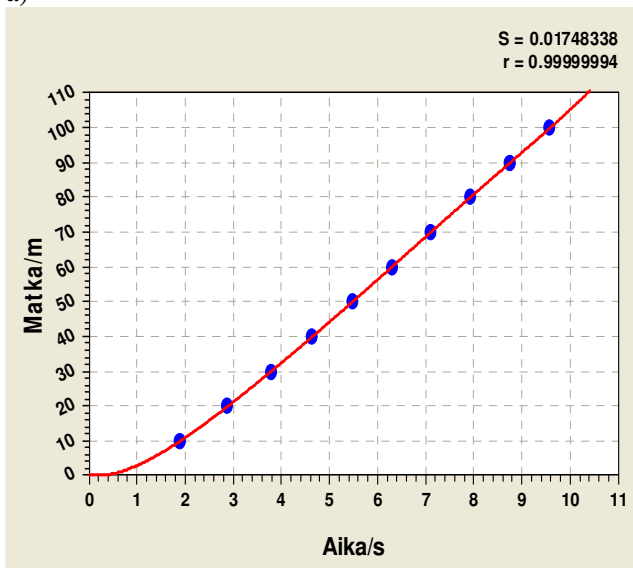
paikka (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
aika (s)	0	1,89	2,88	3,78	4,64	5,47	6,29	7,10	7,92	8,75	9,58

(taulukon lähde: Helsingin Sanomat, 22.7.2011)

- a) Piirrä Boltin juoksusta kuvaaja *aika,paikka* -koordinaatistoon.  
 b) Arvioi kuvaajasi perusteella, milloin Bolt saavuttaa huippunopeutensa ja laske tämä nopeus.

### Ratkaisu

a)



- b) Bolt näyttää saavuttavan noin 4,2 sekunnin kohdalla huippuvauhtinsa, jota hän pystyy jatkamaan jotakuinkin koko loppumatkan. Huippunopeus saadaan kuvaajan jyrkkyydestä:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(93 - 44)\text{m}}{(9,0 - 5,0)\text{s}} = 12,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx \underline{\underline{12 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

Kommentti: Aikojen perusteella nopein kymmenmetrinen on väli 60-70 m, johon Bolt käytti aikaa 0,81 sekuntia.

- pisteytys: a) akselit oikein päin ja asianmukaiset merkinnät 1p  
 pisteet kohdallaan 1p  
 kuvaaja 1p  
 b) järkevä arvio ajanhetkestä 1p  
 nopeuden lasku 1p  
 tulos [12,0...12,5] m/s 1p

2. Hikoilun lämmönsäätelyvaikutus perustuu siihen, että hiki sitoo lämpöä haihtuessaan iholta. Hikoilu on ainoa tapa, jolla ihminen pystyy viilentämään ihoa myös silloin, kun ympäristön lämpötila on korkeampi kuin ihon eli yli  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hikeä erittyy viileässäkin ympäristössä  $0,5\text{--}1,0$  litraa vuorokaudessa, kuumassa työskenneltäessä jopa  $12$  litraa vuorokaudessa ja lyhytaikaisesti peräti kaksi litraa tunnissa. Lisäksi hikoilua voi oppia, jolloin trooppisessa ilmastossa lihastyötä tekevä voi hikoilla jopa neljä litraa tunnissa. Suureksi osaksi juuri hienerityksen johdosta ihmiselimistön lämmönsäätely on varsin tehokas useimpiin eläimiin verrattuna. (lähde: Galenos, WSOY)
- Miksi lämmön poistaminen muuten kuin hikoilemalla on mahdotonta, kun ympäristön lämpötila on ihon lämpötilaa korkeampi? (1p)
  - Millä teholla lämpöenergiaa sitoutuu, jos henkilö hikoilee tunnissa  $2,0$  litraa ja oletetaan, että kaikki hiki haihtuu? Hiki voidaan tässä arvioida ominaisuuksiltaan samanlaiseksi kuin vesi, jonka ominais-haihtumislämpö on  $2,4\text{ MJ/kg}$  lämpötilassa  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pohdi tuloksen realistisuutta kehon jäähdystehona. (3p)
  - Oletetaan, että kaikki hikoiltu vesi korvataan juomalla jääkaappikylmää vettä. Missä ajassa elimistön pitäisi lämmittää  $2,0$  litraa vettä  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :sta kehon lämpötilaan  $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jotta teho olisi sama kuin edellisen kohdan hien haihdutusteho? (2p)

Ratkaisu:

- Lämmön johtuminen tapahtuu lämpimämmästä viileämpään, joten lämpöä siirtyy ympäristöstä ihmiseen. Lämpösäteilyn välityksellä energiaa poistuu ympäristöön, mutta kun ympäristön lämpötila on korkeampi, vastasäteily on vielä tehokkaampaa.

$$\text{b) } P = \frac{E}{t} = \frac{hm}{t} = \frac{2,4 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 2,0\text{kg}}{3600\text{s}} \approx \underline{\underline{1300\text{W}}}$$

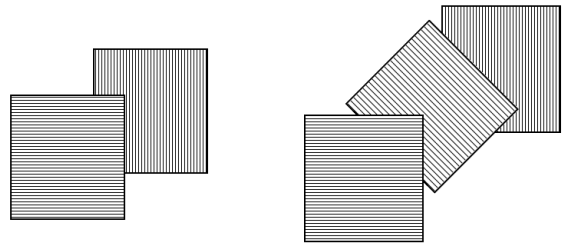
Jäähdystehona  $1300\text{ W}$  on varsin suuri teho. Käytännössä kaikki hiki ei haihdu, vaan osa hiestä valuu ja imeytyy vaatteisiin. Lisäksi osa haihtumiseen tarvittavasta energiasta voi olla peräisin ilmasta tai auringon säteilystä eikä kehosta. (Toisaalta myös hien siirtäminen ihon pinnalle vaatii energiaa, mikä voi lisätä lämmön syntymistä.)

$$\text{c) } t = \frac{E}{P} = \frac{cm\Delta T}{P} = \frac{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot 2,0\text{kg} \cdot (37 - 5)^{\circ}\text{C}}{1333,33\text{W}} \approx \underline{\underline{3\text{ min } 20\text{s}}}$$

- pisteitys:
- ainakin johtuminen 1p
  - laskutapa 1p  
tulos oikealla yksiköllä 1p  
pohdinta 1p
  - laskutapa 1p  
tulos oikealla yksiköllä 1p  
b-kohdasta periytyvä virhe aiheuttaa virheen tulokseen -0p

3. Väitetehtävät. Vastaa kunkin väittämän kohdalla, onko se oikein vai väärin ja perustele lyhyesti. Perustelun apuna voi käyttää piirroksia.

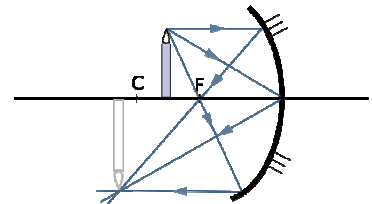
- Peilin tai linssin muodostama suurennettu kuva on aina valeskuva.
- Kun valo etenee esimerkiksi vedessä, valon aallonpituus on eri kuin ilmassa. Tällöin myös silmän havaitsema valon väri muuttuu.
- Kuu on kuunpimennyksen aikaan punainen pääasiassa siksi, että punainen valo taittuu eniten maan ilmakehässä.
- Kuperan linssin avulla tarkennetaan kynttilän liekin kuva varjostimelle. Kun linssistä peitetään pahvinpalasella ylempi puoli, varjostimella olevan kuvan alapuoli jää pois.
- Pekka peilaa itseään eteisen tasopeilistä eikä näe itseään kokonaan. Kun Pekka peruuttaa kauemmas peilistä, hän näkee kuvansa lopulta kokonaan peilistä.
- Kaksi polarisaattoria asetetaan peräkkäin siten, että niiden polarisaatioakselit ovat kohtisuorassa toisiaan vastaan eikä luonnonvalo pääse niiden läpi. Kun polarisaattorien väliin asetetaan kolmas polarisaattori 45 asteen kulmaan kumpaankin nähden, rakennelman läpi pääsee jonkin verran valoa.



**Ratkaisu:** 0,5 p / oikein-väärin ja 0,5 p / perustelu

a) Väärin.

Kovera peili ja kupera linssi voivat muodostaa suurennetun, todellisen kuvan. Kuva on todellinen, kun esine sijaitsee polttopistettä kauempana peilistä tai linssistä. Todellinen kuva on suurennettu, kun esine sijaitsee kauempana kuin polttoväli ja lähempänä kuin kaksi kertaa polttoväli. (Kuva: Wikimedia Commons)



b) Väärin

Silmän väriaistimus riippuu valon energiasta joka ei muutu aallonpituuden muuttuessa, sillä taajuus pysyy samana valon nopeuden ja aallonpituuden muuttuessa samassa suhteessa. (Sitä paitsi itse silmässä valon aallonpituus on aina sama, kun väliaine on sama.)

c) Väärin

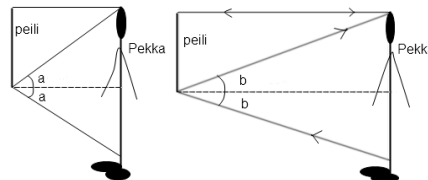
Punainen valo taittuu ilmakehässä itse asiassa vähiten. Auringon valon punaiset ja oranssit aallonpituudet kuitenkin siroavat ilmakehässä vähemmän kuin lyhyemmät aallonpituudet eli siniset, vihreät jne. Siksi varjon alueelle taittuu pääasiassa punaista valoa.

d) Väärin.

Linssin muodostama kuva ainoastaan himmenee tasaisesti. Linssissä ei ole erityistä kohtaa, joka välittäisi valonsäteet vain tietyistä osista esinettä, vaikka sädemalli piirretäänkin usein esimerkiksi vain linssin yläosan kautta. Linssiä on ylipäänsä tarjolla vähemmän, jolloin syntyvä kuva on himmeämpi.

e) Väärin.

Mikäli Pekka ei näe itseään peilistä aluksi, hän ei voi peruuttaa niin kauas, että näkisi itsensä peilistä kokonaan. Peilistä näkyy aina sama alue, kuten oheisista kuvista selviää.



f) Oikein.

Rakennelman ensimmäisen polarisaattorin läpäisevän valon polarisaatioasuunta on nyt (kuvan perusteella) vaakasuuntainen. Koska valon polarisaatioasuunta ei ole kohtisuorassa keskimmäisen polarisaattorin polarisaatioakseliin nähden, osa valosta läpäisee sen. Viimeiselle polarisaattorille saapuvan valon polarisaatioasuunta on keskimmäisen polarisaattorin mukainen, eikä siis kohtisuorassa viimeiseen polarisaatioakseliin nähden. Osa valosta läpäisee nyt myös viimeisen polarisaattorin. Lisäämällä väliin useampia polarisaattoreita siten, että polarisaatio suunnan muutos väleissä on pienempi, saadaan valosta suurempi osa läpäisemään koko rakennelman.

4. Sylinterin muotoinen lasipurkki upotetaan veteen avoin suu edellä niin syvälle, että se jää leijumaan. Purkin sisätilavuus on 2,7 litraa ja massa 0,75 kg. Aluksi lasipurkki on täynnä ilmaa jonka lämpötila on  $5,0^\circ$  eikä ilman tai ympäröivän veden lämpötila kokeen aikana muutu. Millä syvyydellä lasipurkki leijuu? Mitä tapahtuu, jos sylinteri viedään vielä syvemmälle?

Ratkaisu:

Veteen painettuna ilma sylinterissä puristuu kasaan. Lasipurkin sekä kokoon puristuneen ilman on syrjäytettävä painonsa verran vettä, jotta se jäisi leijumaan. Laskussa on otettava huomioon sekä ilman lopullinen tilavuus että lasipurkin lasin tilavuus. Lasin tilavuus ei kokeen aikana muutu. Ilmamäärän massa noin 3,3 grammaa eikä sitä tarvitse laskutarkkuuden rajoissa ottaa huomioon. Lasiastian lasin tilavuus on

$$\frac{m}{\rho} = \frac{0,75 \text{ kg}}{2,5 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 0,30 \text{ dm}^3. \text{ Astia painaa } G = mg \text{ ja noste on } N = \rho_{\text{vesi}} (V_{\text{ilma}} + V_{\text{lasi}}) g. \quad \mathbf{1p}$$

Kun astia leijuu, niin on voimassa  $N=G$  eli  $mg = \rho_{\text{vesi}} (V_{\text{lasi}} + V_{\text{ilma}}) g$ , josta kokoon puristuneen ilman

$$\text{tilavuudeksi } V_{\text{ilma}} = \frac{m}{\rho_{\text{vesi}}} - V_{\text{lasi}} = \frac{0,75 \text{ kg}}{1,00 \text{ kg/dm}^3} - 0,30 \text{ dm}^3 = 0,45 \text{ dm}^3. \quad \mathbf{1p}$$

Tämä puristuminen paineen kasvun seurauksena hallitaan Boylen lailla:

$$p_2 V_2 = p_1 V_1, \text{ josta } p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{1,0 \text{ bar} \cdot 2,7 \text{ dm}^3}{0,45 \text{ dm}^3} = 6,0 \text{ bar}. \quad \mathbf{1p}$$

Hydrostaattinen paine leijuntasyvyydellä saadaan yhtälöstä  $p_h = \rho g h = p_2 - p_0$ , jossa  $p_0$  on ilmanpaine (1,0 bar).  $\mathbf{1p}$  Syvyydeksi  $h$  saamme

$$h = \frac{p_2 - p_0}{\rho g} = \frac{6,0 \text{ bar} - 1,0 \text{ bar}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{5,0 \text{ bar}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{500000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 51 \text{ m} \quad \mathbf{1p}$$

Jos astiaa viedään vielä syvemmälle, niin sen sisältämä ilma puristuu yhä enemmän kasaan, jolloin noste pienenee ja astia uppoaa meren syvyyksiin.  $\mathbf{1p}$

5. Kilpa-ammuntajousi kiinnitettiin kahvastaan vaakasuoraan asentoon ja janteen keskikohtaan ripustettiin kevyt ämpäri. Ämpäriin kiinnityskohdan liike (jousen janteen vetopituuden lisäys) mitattiin kun ämpäriin lisättiin vettä. Tulokset olivat taulukon mukaiset.

veden lisäys /litraa	3	7	11	13	15	18	20	22	24
vetopituuden lisäys/cm	5	10	15	20	25	31	36	40	44

- a) Piirrä mittaustuloksista kuvaaja sopivaan koordinaatistoon. Onko tutkittu jousivoima harmoninen? Jännettä venytetään lepoasennostaan 49 cm ja ammutaan nuoli, jonka massa on 27 grammaa.
- b) Mikä on nuolen suurin kiihtyvyyys?
- c) Kuinka suuren lähtönopeuden nuoli saa? (Nuoli saa 75% jouseen varastoituneesta potentiaalienergiasta.)

Ratkaisu:

Lasketaan taulukkoon uusi rivi jousia venyttävälle voimalle. Oletetaan, että litra vettä on massaltaan yksi kilogramma.

veden lisäys /litraa	3	7	11	13	15	18	20	22	24
venyttävä voima/N	29	69	108	128	147	177	196	216	235
vetopituuden lisäys/cm	5	10	15	20	25	31	36	40	44

- a) Piirretään voima/venymä kuvaaja [ Tai esim. Curve Expert 1.3-ohjelmalla (freewarena netistä) Ohjelma antaa mittaustuloksiin sopivaksi funktioksi 2. asteen polynomien  $y=a+bx+cx^2$  ja laskee sille kertoimet:  $a = 0.37880607$   $b = 0.11743617$   $c = 0.00030393254$  ]. Kuvaajasta havaitaan, että venymä ja venyttävä voima eivät ole suoraan verrannolliset, joten voima ei ole harmoninen. **2p.**

Kuviosta luetaan voimaksi **250 N**, kun vetopituus on 49 cm.

- b) Nuolen kiihtyvyyden on

$$a = \frac{F}{m} = \frac{250\text{N}}{0,027\text{kg}} = 9259 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 9300 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(noin 949 g !) **2p.**

- c) Pinta-ala, joka jää sovitetun käyrän ja venymä-akselin väliin, edustaa jousen potentiaalienergiaa. Sen suuruus 49 cm venymän kohdalla on noin 53 ruutua

$$a' 0,050 \text{ m} \cdot 25 \text{ N} = 1,25 \text{ J} \text{ joten}$$

$$\text{potentiaalienergia } W_p = 53 \cdot 1,25 \text{ J} \approx 66 \text{ J}$$

Potentiaalienergiasta  $W$  muuttuu 75% nuolen liike-energiaksi:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 0,75 \cdot W$ .

$$\text{Saamme } v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75 \cdot 66 \text{ J}}{0,027 \text{ kg}}} = 60,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 61 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

**2p.**

