



PERUSSARJA

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

Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.

Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

1. Yläpäästään kiinnitettyyn kumilankaan ripustettiin punnuksia jolloin langan pituus muuttui oheisen taulukon mukaisesti.

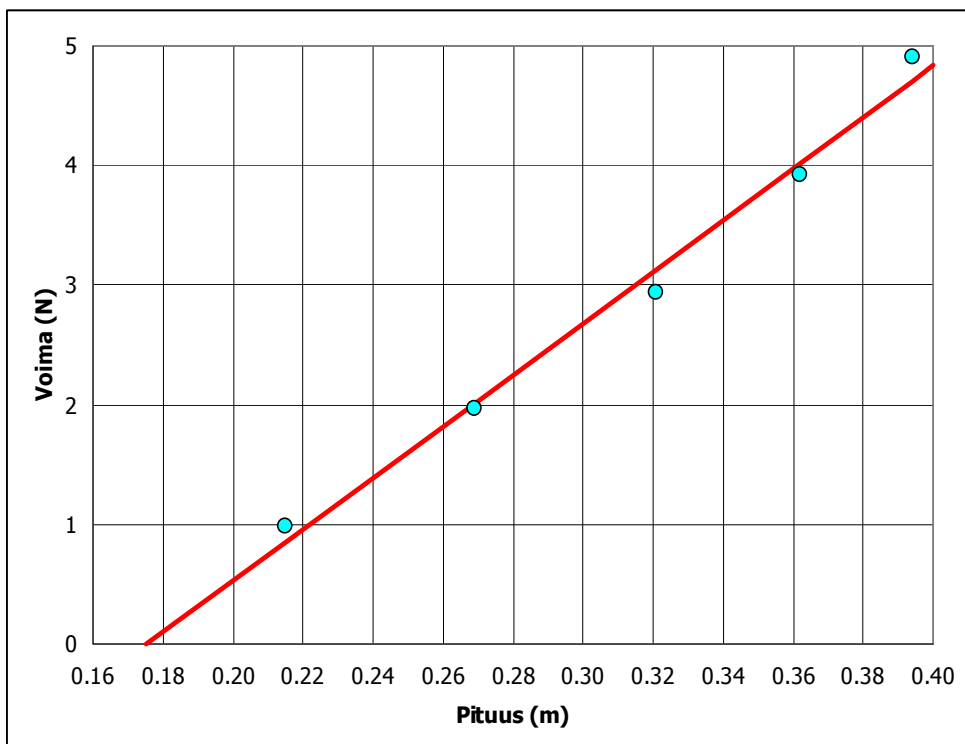
punnusten massa/g	100	200	300	400	500
langan pituus/mm	215	269	321	362	394

Määritä sopivaa graafista esitystä käyttäen kumilangan jousivakio ja kuormittamattoman kumilangan pituus.

Ratkaisu:

Tasapainossa punnusten painovoima on kumilangan venymistä vastustavan voiman suuruinen, mutta vastakkais suuntainen. Tällöin $mg - k\Delta x = 0$, Δx on kumilangan pituuden muutos. **1p**
Piirretään mittaustulokset kuvaaja (x , mg)-koordinaatistoon.

2p



Sovitetaan tuloksiin suora. Kuvaajan fysikaalinen kulmakerroin on kumilangan jousivakio

$$\frac{\Delta mg}{\Delta x} = \frac{4,85\text{N}}{0,225\text{ m}} = 21,6 \frac{\text{N}}{\text{m}} \approx 22 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

2p

Kuormittamattoman langan pituus luetaan kuvaajasta: 17,5 cm

1p



2. Skotlantilainen fyysikko James Watt (1736-1819) kehitti aikoinaan sopivaa yksikköä kuvaamaan keksimänsä höyrykoneen tehokkuutta. Vertailukohteeksi hän otti kaivoksissa työskentelevät ponit. Ponit nostivat 220 naulan painoisen lastin 100 jalan korkeuteen keskimäärin yhden minuutin aikana.
- a) Laske annettujen tietojen perusteella yhden ponivoiman (merk. 1 pv) suuruus SI-järjestelmän mukaisessa yksikössä.
- b) Vertaa tulosta hevosvoimaan ja laske yhden ponivoiman suuruus hevosvoimissa.

Ratkaisu

- a) Ponien tekemä työ saadaan kuorman potentiaalienergian muutoksesta, jos unohdetaan mahdollisen väkipyörän kitka yms.: $W = \Delta E_{pot} = mg\Delta h$. (Työ voidaan perustella myös voiman kautta: kuormaa on nostettava yhtä suurella voimalla kuin kuorman paino, jotta kuorma liikkuu tasaisesti; $W = F\Delta h = G\Delta h = mg\Delta h$.)

Teho saadaan, kun tehty työ jaetaan siihen käytetyllä ajalla: $W = \frac{\Delta E_{pot}}{t} = \frac{mg\Delta h}{t}$.

Taulukkokirjan muuntokertoimien taulukosta saadaan:

$$1 \text{ naula} = 1 \text{ lb} = 0,4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ jalka} = 1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

$$W = \frac{220 \cdot 0,4536 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \cdot 0,3048 \text{ m}}{60 \text{ s}} \approx 497,31 \text{ W} \approx \underline{\underline{500 \text{ W}}}$$

- b) Muuntokertoimien taulukon mukaan $1 \text{ hv} = 735,5 \text{ W}$, joten saatu tulos on selvästi pienempi. Yksi ponivoima on vain 68 % hevosvoimasta eli $1 \text{ pv} = 0,68 \text{ hv}$.

Pisteitys

- a) työ potentiaalienergian muutoksesta tai voiman avulla **1p**
teho työstä ja ajasta **1p**
naulojen ja jalkojen muuntaminen **1p**
lasku ja oikea tulos **1p**
- b) hevosvoima **1p**
muuntokerroin pv:lle **1p**



3. Mitkä seuraavista väitteistä ovat oikein tai väärin? Perustele vastauksesi.
- Pituuden lämpötilakertoimen arvo ei riipu käytetystä pituusyksiköstä.
 - Esineen lämpökapasiteetilla tarkoitetaan sen sisältämää lämpömäärää massayksikköä kohden.
 - Esineeseen voi tuoda lämpöenergiaa ilman että sen lämpötila nousee.
 - Lämpötilaltaan 50C rautapinta tuntuu kylmemmältä kuin saman lämpöinen puupinta.
 - Koskea alas virtaavan veden lämpötila laskee.
 - Huokoisen saviastian seinämän läpi tihkuu vettä pitäen ulkopinnan kosteana. Tällaisessa astiassa veden lämpötila on alhaisempi kuin samankokoisessa tiivispintaisessa astiassa.

Ratkaisu:

- Koska lämpötilakerroin saadaan yhtälöstä $\alpha = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta t}$, niin pituuden yksikkö supistuu pois osoittajasta ja nimittäjästä. Väite on oikein.
- Lämpökapasiteetti tarkoittaa sitä lämpömäärää, jolla esineen lämpötila nousee yhden asteen verran. Väite on väärin
- Esimerkiksi esineen sulaessa sen lämpötila ei muutu. Väite on oikein.
- Koska raudan lämmönjohtavuus on suurempi kuin puun, niin kädestä virtaava lämpöenergia leviää nopeammin kylmään rautaan kuin saman lämpöiseen puuhun. Iho aistii tällöin raudan kylmempänä. Väite on oikein.
- Veden potentiaalienergia pienenee koskea alaspäin mentäessä ja muuttuu veden pyörteilyn aiheuttaman kitkan vaikutuksesta lämmöksi. Väite on väärin.
- Haihtuessaan astian koko ulkopinnalta vesi sitoo ja vie menessään suuren määrän astian lämpöenergiaa, jolloin astia jäähtyy voimakkaasti. Vain yläosastaan avoimesta tiivispintaisesta astiasta haihtuminen on vähäistä. Väite on oikein.

1p/kohta



4. Pyöräiltäessä vaakasuoraa tietä pitkin liikettä vastustaa kaksi tekijää: vierimisvastus ja ilmanvastus. Vierimisvastus on verrannollinen kokonaispainoon $F_r = C_r mg$, missä verrannollisuuskerroin C_r on tyypillisesti 0,0045 polkupyörille. Ilmanvastus taas on verrannollinen nopeuden neliöön $F_i = \frac{1}{2} C_i A \rho v^2$, missä C_i on muotokerroin, A poikkipinta-ala ja ρ väliaineen tiheys.
- a) Tavallisella polkupyörällä ajettaessa vierimisvastus ja ilmanvastus ovat suunnilleen yhtä suuret, kun nopeus on 15 km/h. Määritä ilmanvastus, kun ajetaan nopeudella 40 km/h ja pyöräilijän kokonaismassa on 92 kg ja poikkipinta-ala edestä katsottuna on $0,45\text{m}^2$.
- b) Kuinka suuri nopeus saavutettaisiin Kuussa, jos pyöräilyteho olisi 70 W? Oletetaan, että pyöräilijän massa avaruuspukuineen ja muine varusteineen olisi 102 kg.

Ratkaisu:

Ajopinnan ja renkaiden välinen vierimisvastus voidaan olettaa nopeudesta riippumattomaksi, kun sitä vastoin ilmanvastus kasvaa voimakkaasti nopeuden kasvaessa.

- a) Lasketaan ensin verrannollisuuskerroin C_i . Kun nopeus on 15 km/h niin $F_r = F_i$.

$$C_r mg = \frac{1}{2} C_i A \rho v^2, \text{ josta } C_i = \frac{2 C_r mg}{A \rho v^2} = \frac{2 \cdot 0,0045 \cdot 92 \text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,45 \text{m}^2 \cdot 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(4,17 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 0,805. \quad \mathbf{2p}$$

(Tarkistus: $F_r = C_r mg = 0,0045 \cdot 92 \text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 4,1 \text{N}$ ja vastaavasti $F_i = \frac{1}{2} C_i A \rho v^2 \approx 4,1 \text{N}$)

Nopeudella 40 km/h ilmanvastus on

$$F_i = \frac{1}{2} C_i A \rho v^2 = 0,50 \cdot 0,805 \cdot 0,45 \text{m}^2 \cdot 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(11,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 28,8 \text{N} \approx 29 \text{N}. \quad \mathbf{2p}$$

(Tarkistus: $\left(\frac{40 \text{km/h}}{15 \text{km/h}}\right)^2 \cdot 4,1 \text{N} \approx 29 \text{N}$)

- b) Pyöräilijän teho Kuussa $P = (F_r + F_i) \cdot v = F_r \cdot v$, sillä Kuussa ei ole kaasukehää eikä näin ollen "ilmanvastusta". Saamme nopeudeksi Kuussa

$$v = \frac{P}{F_r} = \frac{P}{C_r mg_{\text{kuu}}} = \frac{70 \text{W}}{0,0045 \cdot 102 \text{kg} \cdot 1,622 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 94,02 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 340 \frac{\text{km}}{\text{h}}. \quad \mathbf{2p}$$



5. Tehdas sijaitsee järven rannalla. Sen eräässä hallissa on ikkunarivi, jonka kapeat ikkunat ovat 4,0 m välein toisistaan. Syvällä hallin sisäpuolella on kone, joka pitää voimakasta meteliä 200 Hz taajuudella. Koska halli on muutoin louhittu kallioon, meteliä pääsee ympäristöön ainoastaan salin ikkunoiden kautta. Järven vastarannalla on rivi kesämökkejä, joiden asukkaista osa on vastustanut tehtaan ympäristölupaa väittäen, että melu häiritsee heitä. Mökkiläinen, jonka huvila on lähempänä tehdasta, on puolestaan antanut tehtaalle lausunnon, jonka mukaan melu ei ole häiriöksi.
- a) Miksi mökkiläiset antavat ristiriitaisia vastauksia?
- b) Missä suunnissa tehtaasta katsoen tehtaan melu häiritsee mökkiläisiä?

Ratkaisu:

a) Ajatellaan, että ikkunarivi on hila, jonka rakojen väli on 4,0 m. Tällöin viereisistä ”raoista” tulevat aallot vahvistavat toisiaan suunnissa joissa aaltojen matkaero on aallonpituuden kokonainen monikerta. Näissä suunnissa melu on voimakkaampaa ja muualla heikempää.

b) Ikkunarivi muodostaa hilan, jonka hilavakio $d = 4,0$ m. Äänen taajuus on $f = 200$ Hz ja sen nopeus kesäillan lämpötilassa, 20 °C on $v = 343$ m/s. Etäisyydet hilasta ovat kummallakin puolella tarpeeksi suuria, että voidaan käyttää Fraunhoferin diffraktiota. Äänen aalloppituudeksi saadaan:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343 \text{ m/s}}{200 \text{ Hz}} = 1,72 \text{ m}$$

Hilayhtälöstä saadaan interferenssimaksimien suunnat.

$$d \sin \alpha = n \lambda,$$

$$\sin \alpha = \frac{n \lambda}{d} = \frac{nv}{df}$$

Sijoittamalla arvot saadaan

$$\alpha_1 = 25^\circ \text{ ja } \alpha_2 = 59^\circ.$$

Pisteytys:

a) **2p**

b) Äänen aallonpituus: **1p**.

Hilayhtälö: **1p**

Interferenssikulma: **1p**

Todettu (laskettu esim.toinen suunta), että suuntia on useampia: **1p**.

