



PERUSSARJA

Vastaa huolellisesti ja siististi!

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

Kilpailuaikaa on 100 minuuttia.

Sekä tehtävä- että koepaperit palautetaan kilpailun loputtua.

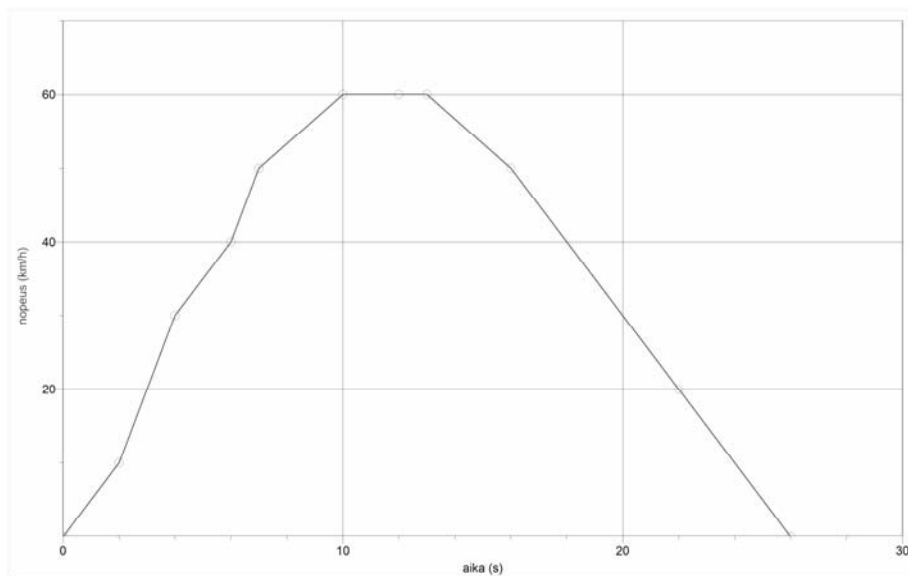
1. Opiskelijat tutkivat moottoripyörän liikettä tarkkailemalla nopeusmittaria kiihdytyksen ja jarrutuksen aikana. Tällöin saatiin oheiset mittaustulokset:

nopeus (km/h)	10	30	40	50	60	60	60	50	20
aika (s)	2,0	4,0	6,0	7,0	10,0	12,0	13,0	16,0	22,0

- Piirrä moottoripyörän nopeuden kuvaaja ajan funktiona.
- Mikä oli moottoripyörän keskimääräinen kiihtyvyys aikavälillä 3,0 s - 8,0 s?
- Kuinka pitkän matkan moottoripyörä kulki lähtöhetkestä pysähtymishetkeen, kun jarrutuksessa liike oli tasaisesti kiihtyvää?

Ratkaisu:

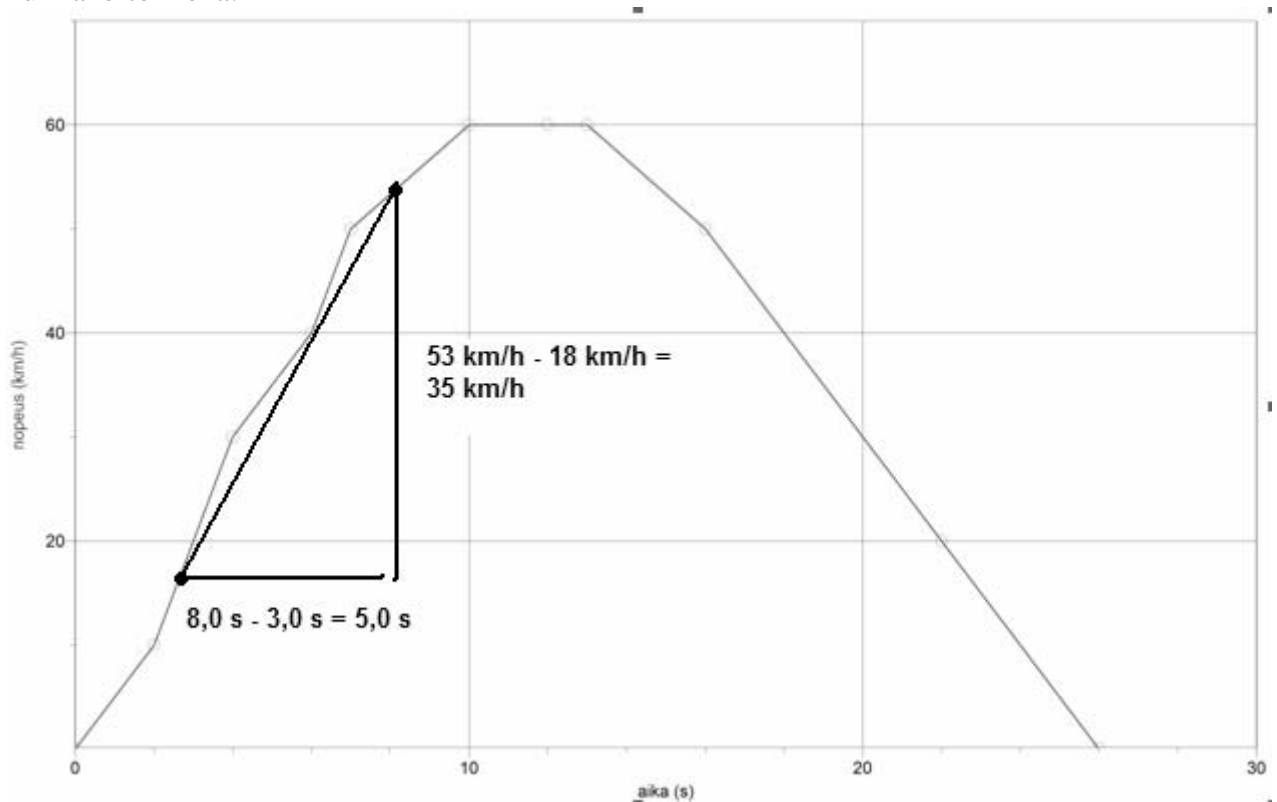
a)



2p



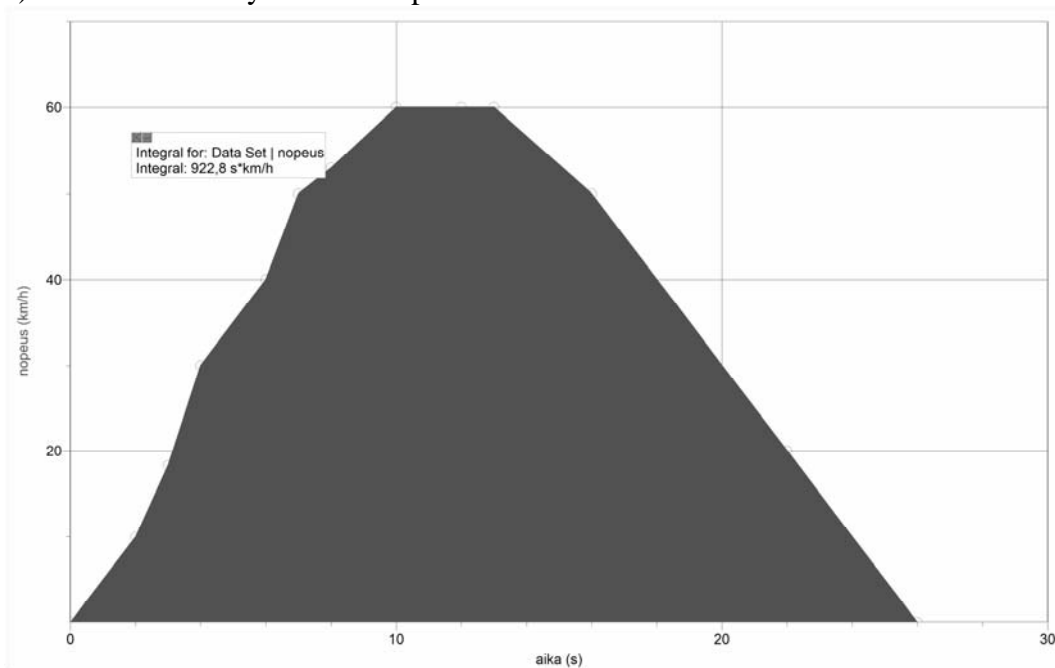
b) Keskihihtyvyys saadaan kuvaaja fysikaalisena kulmakertoimena:



$$a_k = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{35 \text{ m}}{5,0 \text{ s}} = 1,94 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 1,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

2p

c) Matka saadaan fysikaalisena pinta-alana ”ruutumenetelmällä” tai muuten arvioimalla:



$$s = \frac{922,8}{3,6} \text{ m} = 256 \text{ m} \approx 260 \text{ m}$$

2p



2. a) Lehtiartikkelissa (HS 7.2.1990) kerrottiin suuresta kultarahojen väärennyksestä Japanissa. Kolikot eivät olleet täyttä kultaa vaan jotain kullanväristä seosmetallia. Suunnittele yksinkertainen koe, jolla voisit näyttää, että väärennetty raha ei ole puhdasta kultaa.
- b) Käytössäsi on vettä, viivoitin ja lasinen U-putki (U-kirjaimen muotoinen molemmista päistä avoin lasiputki) jalustoineen. Kuinka määrität näillä välineillä oliiviöljyn tiheyden?

Ratkaisu:

2a) Ratkaisuksi käy esim.

*mitataan kolikon halkaisija ja paksuus, joista saadaan likimain sen tilavuus V . Määritetään punnitsemalla kolikon massa m . Lasketaan tiheys kaavasta $\rho = \frac{m}{V}$.

Tilavuus voidaan määrittää myös ”upotusmenetelmällä”.

*tai punnitaan kolikko jousivaa’alla ilmassa G ja vedessä G' . Noste $N = \rho_{\text{vesi}}gV = G - G'$ eli punnitusten erotus. Kolikon tilavuudeksi saadaan $V = \frac{G - G'}{\rho_{\text{vesi}}g}$ ja tiheydeksi

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{G/g}{V} = \frac{G}{g} \cdot \frac{\rho_{\text{vesi}}g}{G - G'} = \frac{G}{G - G'} \cdot \rho_{\text{vesi}}. \text{ Verrataan määritettyä tiheyttä kullan tiheyteen. } \mathbf{3p}$$

2b) Kaadetaan vettä U-putken suunnilleen niin paljon, että veden pinta on putken suoran osuuden keskivaiheilla. Sen jälkeen kaadetaan oliiviöljyä (ei sekoitu veteen näissä oloissa) putken toiseen haaraan niin paljon, että rajapinta on vielä putken suoralla osalla. Mitataan veden ylä- ja alapinnan erotus h_{vesi} ja öljypatsaan korkeus $h_{\text{öljy}}$. Putken vasen ja oikea haara muodostavat

yhtyvän astian. Kokonaispaine nesteiden rajapinnassa voidaan kirjoittaa kahdella tavalla:

$$p_1 = p_u + \rho_{\text{vesi}}gh_{\text{vesi}} \quad \text{ja} \quad p_2 = p_u + \rho_{\text{öljy}}gh_{\text{öljy}}, \text{ jossa } p_u \text{ on ulkoinen (ilman)paine. Koska systeemi}$$

on tasapainossa, on oltava $p_1 = p_2$ eli $p_u + \rho_{\text{vesi}}gh_{\text{vesi}} = p_u + \rho_{\text{öljy}}gh_{\text{öljy}}$, josta $\rho_{\text{öljy}} = \rho_{\text{vesi}} \frac{h_{\text{vesi}}}{h_{\text{öljy}}}$. **3p**



3. Fysiikan kurssilla opiskelijoille annettiin tehtäväksi arvioida, kuinka monen teholtaan 80 W:n hehkulampun sytyttämistä lämpimään suihkuun meneminen vastaa.

Eräs opiskelija teki tehtävää varten seuraavat oletukset ja mittaukset. Ensin hän arveli, että kuuma vesi on ennen lämmitystä saman lämpöistä kuin kylmä vesi. Niinpä hän antoi kylmän veden valua jonkin aikaa ja mittasi sen lämpötilaksi 18,1 °C (elokuussa). Sen jälkeen hän mittasi käyttämänsä suihkuveden lämpötilaksi 39,6 °C. Seuraavaksi hän laski suihkusta vettä isoon kattilaan ja otti aikaa sekuntikellolla. Kattilan täyttyminen kesti 36 s. Kattilassa olevan veden määräksi hän mittasi 8,2 litraa.

Minkä tuloksen hän sai annettuun tehtävään? Miten tulos muuttuu, jos mittaus tehdään talvella?

Ratkaisu:

Veden lämmitykseen tarvittava energia E (lämmityksessä tehtävä työ) saadaan veden massan m , lämpötilan muutoksen $\Delta\Theta$ ja ominaislämpökapasiteetin c avulla: $E = cm\Delta\Theta$. Teho saadaan, kun lämmitystyö jaetaan työhön käytetyllä ajalla t : $P = \frac{E}{t} = \frac{cm\Delta\Theta}{t}$. Hehkulamppujen määrä selviää,

kun tämä teho jaetaan yhden hehkulampun teholla P_{hehku} : $\frac{P}{P_{hehku}} = \frac{cm\Delta\Theta}{tP_{hehku}}$.

$$\text{Eli } \frac{P}{P_{hehku}} = \frac{4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \cdot 8,2 \text{kg} \cdot (39,5^\circ \text{C} - 18,1^\circ \text{C})}{36 \text{s} \cdot 80 \text{W}} \approx 255,3 \approx \underline{\underline{260}}$$

Mittaus on tehty loppukesästä, joten taloon tuleva kylmä vesi on todennäköisesti lämpimämpää kuin talvella. Talvella tuloksena voi olla huomattavasti suurempi määrä hehkulamppuja. (Mitattu kylmän veden lämpötila tuntui yllättävän korkealta, mutta Helsinkiin käyttövesi tulee tällä hetkellä Vantaanjoesta, jonka veden lämpötila Helsingin Veden sivustojen mukaan oli noin 18,1-18,2 °C. Vesi ei siis käsittelyn aikana ja matkalla käyttäjälle ole ilmeisesti lämmennyt eikä jäähtynyt tästä merkittävästi. Pohjavesialueella vuoden aikainen vaihtelu lienee erilainen.)

Huom! Mikäli opiskelija on ymmärtänyt tehtävän niin, että hehkulampuista huomioidaan vain suoraan lämmöksi menevä energia eli hehkulampun tehoksi lämmityksen osalta on katsottu jotain noin 93%-97% 80 W:sta, hyväksytään vastaus. Veden lämmityksen hyötysuhdetta ei ratkaisussa myöskään huomioida.

pisteytys: energia/tehty työ	1p
teho	1p
lamppujen lukumäärä	1p
lasku ja tulos	2p
talvella	1p



4. Tarkastellaan ilman ympäröimää teräskappaletta.

- Tee tarkka piirros äänen suunnan muutoksesta rajapinnassa, kun ääni tulee teräksestä ilmaan 62° tulokulmassa.
- Mikä on aallonpituus ilmassa ja teräksessä äänelle, jonka taajuus on 440 Hz?
- Kokonaisheijastuuko ääni tullessaan ilmasta teräkseen vaiko tullessaan teräksestä ilmaan? Määritä kokonaisheijastuksen rajakulma.

Ratkaisu:

4a) Äänen nopeus ilmassa on $v_{ilma} = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ja teräksessä $v_{teräs} = 5100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Tulo- ja taitekulmille

pätee $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_{teräs}}{v_{ilma}}$ josta $\sin \beta = \frac{v_{ilma}}{v_{teräs}} \cdot \sin \alpha = \frac{343}{5100} \cdot \sin \alpha = 0,0673 \cdot \sin \alpha$. Jos tulokulma $\alpha = 62^\circ$,

niin $\sin \beta = 0,0673 \cdot \sin 62^\circ = 0,0524$ josta $\beta = \sin^{-1} 0,0524 = 3,0^\circ$. Lasku ja piirros. **2p**

4b) Käyttämällä aaltoliikkeen perusyhtälöä $v = f\lambda$ saadaan

$$\lambda_{ilma} = \frac{v_{ilma}}{f} = \frac{343 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{440 \frac{1}{\text{s}}} \approx 0,78 \text{ m} \text{ ja } \lambda_{teräs} = \frac{v_{teräs}}{f} = \frac{5100 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{440 \frac{1}{\text{s}}} \approx 11,6 \text{ m}. \quad \mathbf{2p}$$

4c) Kokonaisheijastus on mahdollinen vain silloin kun aalto pyrkii aalto-opillisesti tiheämmästä aineesta harvempaan päin eli tässä tapauksessa ilmasta teräkseen päin. Kokonaisheijastuksen

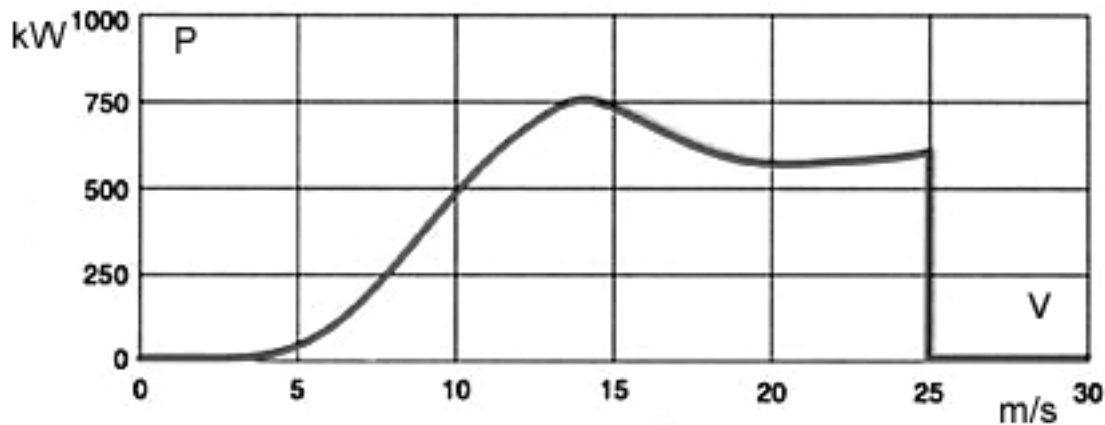
rajakulma saadaan, kun kaavassa $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$ taittuneen äänen taitekulma $\beta = 90^\circ$:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{v_{ilma}}{v_{teräs}} \text{ josta } \sin \alpha = 0,0673 \text{ ja rajakulma } \alpha = \sin^{-1} 0,0673 = 0,0671(\text{rad}) \approx 3,8^\circ \quad \mathbf{2p}$$



5. Kuopion Energian Kuivaniemen tuulivoimala sijaitsee Iissä. Sen teknisiä tietoja on koottu alla olevaan taulukkoon. Kohtalaisella 4–7 m/s tuulella roottorin pyörimisnopeus on 15 kierrosta minuutissa ja generaattorin 1000 kierrosta minuutissa. Kun tuuli voimistuu yli 7 m/s, generaattori kytketään irti sähköverkosta. Roottorin pyörimisnopeus alkaa nousta ja sen saavuttaessa nopeuden 22 kierrosta minuutissa, generaattori kytketään jälleen sähköverkkoon. Generaattorin pyörimisnopeus on nyt 1500 kierrosta minuutissa. Tuulen nopeuden ylittäessä 25 m/s, generaattori kytketään irti sähköverkosta ja roottori pysäytetään turvallisuussyistä jarrujärjestelmällä.

päällekytkentänopeus	4 m/s
poiskytkentänopeus	25 m/s
roottorin halkaisija	48,2 m
lapoja	3 kpl
pyörimisnopeus	22 tai 15 1/min
generaattorin nimellisjännite	690 V
tornin napakorkeus	50 m



Tuulivoimalan tehokäyrä.

Määritä sopivien tietojen avulla, kuinka suuren osan roottorin lapojen muodostaman ympyrän läpi kulkevan ilman liike-energiasta tuulivoimala muuttaa sähköenergiaksi, kun tuulivoimala tuottaa suurimmalla teholla sähköenergiaa. Arvioi näin saadun teoreettisen hyötysuhteen mielekkyyttä.

Ratkaisu:

Oletetaan, että tuulivoimalan roottorit saavat pyörimiseen kaiken niiden läpi kulkevan tuulen energian. Tällöin roottorit saavat energian

$$W_{\text{roottori}} = -W_{\text{ilma}} = -\frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2} = -\frac{\rho V v_1^2}{2} = -\frac{\rho A h v_1^2}{2} = -\frac{\rho A t v_1 v_1^2}{2} = -\frac{\rho \pi r^2 t v_1^3}{2},$$

missä h on ilmapatsaan ajassa t kulkema matka.

2p

Tuulivoimalan nimellisteho 750 kW saavutetaan tuulen nopeudella 14 m/s.

1p



Tällöin

$$\eta = \frac{P_{anto}}{P_{otto}} = \frac{P_{anto}}{W_{ilma}/t} = \frac{P_{anto}}{\rho \pi r^2 v_1^3 / 2} = \frac{750 \text{ kW}}{1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot \pi \cdot 24,1^2 \text{ m}^2 \cdot (14 \text{ m/s})^3 / 2} = \frac{750 \text{ kW}}{3229 \text{ kW}} = 0,232 \approx 0,23$$

2p

Näin saatu hyötysuhde on liian pieni, koska ratkaisussa oletettiin, että tuulen loppunopeus on nolla. Tuulen pyörteinen liike aiheuttaa sen, että ratkaisussa esitetty malli ei kuvaa todellista tilannetta. **1p**