

YO-KERTAUS FYSIIKKA ABITTIKOEEN

RATKAISUT

OSA I

1.1 Väärin, Oikein, Väärin

1.2 Väärin, Oikein, Väärin

1.3 Väärin, Väärin, Oikein, Väärin

1.4 Väärin, Oikein, Väärin, Väärin

1.5 Väärin, Väärin, Oikein, Väärin

1.6 Väärin, Väärin, Väärin, Oikein

1.7 Väärin, Oikein, Väärin

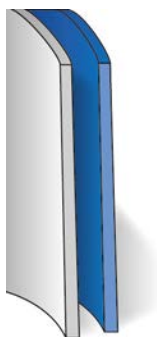
1.8 Oikein, Väärin, Väärin

1.9 Oikein, Väärin, Väärin

1.10 Oikein, Väärin, Väärin

OSA II

2. a) Johtumisella tarkoitetaan lämpöenergian siirtymistä aineen sisällä. Johtumisessa siirtyy vain energia, ei aine. Lämpötilaero vaikuttaa johtumiseen: mitä suurempi lämpötilaero on, sitä nopeammin energia siirtyy. Esimerkiksi kupissa olevaan kuumaan kahviin laitettu metallilusikka lämpenee nopeasti lämmön johtumisen takia. Lämmönjohtokykynsä perusteella aineet voidaan jakaa lämmönjohteisiin ja lämmöneristeisiin. Kuljettumisessa lämpöenergia siirtyy liikkuvan aineen mukana. Esimerkiksi merivirrat kuljettavat suuria määriä lämpöenergiaa. Asuntojen lämmitysjärjestelmissä kiertävä vesi luovuttaa energiaa lämpöpattereissa huoneistojen sisäilmaan.
- b) i) Kuvan astian seinä lämpenee sekä lämpösäteilyn että johtumisen takia. Lämmennyt seinä välittää lämmön edelleen ympäristöön säteilemällä ja johtamalla.
- ii) Hyvä termospullo on kaksikuorinen (kuva), pullon sisäpinta on peilipinta ja usein kiillotettua terästä ja seinämien välissä on tyhjiö.



Vaikka termospullon sisempi seinämä lämpenee, se ei voi välittää lämpöä eteenpäin, koska seinämien välissä oleva tyhjiö estää lämmön johtumisen ja kirkas peilipinta heijastaa lähes kaiken lämpösäteilyn takaisin pullon sisälle.

ii) Koska termospullossa ei ole korkin kohdalla tyhjiötä, pullo ”vuotaa” eniten korkin kohdalta.

3. a) Helmiäiskerroksen paksuus on näkyvän valon aallonpituuden suuruusluokkaa. Tietyllä aallonpituudella kerroksen ylä- ja alapinnasta heijastuneet säteet interferoivat toisiaan vahvistavasti ja helmiäisen heijastamassa valossa hallitsee kyseistä aallonpituutta vastaava väri.

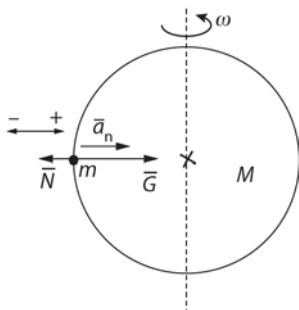
b) Suodatin on polarisaattori, joka läpäisee valosta vain polarisaattorin läpäisysuuntaan värähtelevät osat. Veden pinnasta heijastunut valo on osittain polarisoitunut veden pinnan suuntaisesti. Polarisaattorin läpäisysuunta on kohtisuorassa veden pinnan suuntaan vastaan, joten polarisaattori ei päästä läpi heijastuneen valon pinnan suuntaisesti polarisoitunutta osaa, ja veden pinta näyttää suodattimen läpi tummemmalta kuin ilman suodatinta katsottaessa. Taivaan sininen valo, joka on ilmakehästä heijastunutta auringonvaloa, on polarisoitunutta. Jos sen polarisaatio suunta ei ole sama kuin polarisaattorin läpäisysuunta, polarisaattori estää osan valosta pääsemästä lävitseen. Taivas näkyy tämän takia polarisaattorin läpi tummemmalta kuin muutoin.

c) Koska veden taitekerroin on suurempi kuin ilman, valon taitekulma on pienempi kuin sen tulokulma. Kaikki vedenpinnan yläpuolelta tullut valo tulee veden alle kuvassa näkyvästä vaaleasta alueesta. Alueen reunat vastaavat horisontista tulevaa valo, keskus suoraan ylhäältä tulevaa valoa.

Valoisaa aluetta ympäröivä tumma alue on veden alta tulevaa valoa, joka on kokonaisheijastunut veden pinnasta.

4.
$$\rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \gamma = 6,674\,28 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

Koska asteroidi koostuu irrallisesta sorasta, se pysyy koossa ainoastaan gravitaatiovuorovaikutuksen avulla. Tarkastellaan asteroidin pinnalla ”päiväntasaajan” kohdalla olevan pienen kiven liikettä ympyräradalla. Asteroidin pyöriminen on tasaista, joten kiven vauhti asteroidin pinnalla on vakio ja kiven kiihtyvyys on normaalikiihtyvyyttä. Kun pyörähdysaika on pienin mahdollinen, jolla asteroidi pysyy kasassa, kiveen ei kohdistu tukivoimia alla olevasta kivimassasta ($\vec{N} = \vec{0}$), vaan ainoastaan gravitaatiovoima.



Newtonin II lain mukaan on $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_n$, jossa gravitaatiovoiman suuruus on $G = \gamma \frac{mM}{r^2}$ ja normaalikiihtyvyyden suuruus $a_n = \frac{v^2}{r}$.

Saadaan yhtälö $\gamma \frac{mM}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$, jossa γ on gravitaatiovakio, r satelliitin etäisyys Maan keskipisteestä, M Maan massa, m satelliitin massa ja v ratanopeus.

Koska normaalikiihtyvyyden suuruus on $a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$,

saadaan yhtälö $\gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$.

Pallon tilavuus on $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, jolloin asteroidin massa on

$$M = \rho V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho. \text{ Tällöin yhtälö } \gamma \frac{mM}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

saa muodon $\gamma \frac{m \frac{4}{3}\pi r^3 \rho}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$.

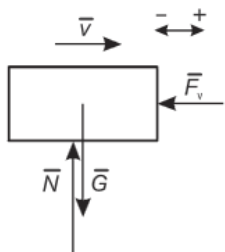
Ratkaistaan tästä kiven pyörähdysaika:

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 m r^3}{\gamma m \frac{4}{3}\pi r^3 \rho}} = \sqrt{\frac{3\pi}{\gamma \rho}} = \sqrt{\frac{3\pi}{6,674\,28 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \cdot 2000 \text{ kg/m}^3}} \approx 8402,69 \text{ s} \approx \underline{\underline{2,3 \text{ h}}}$$

5.

$$s = 280 \text{ m}, v_0 = 4,2 \text{ m/s}, v_1 = 2,9 \text{ m/s}, m = 18\,000 \text{ kg}, g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Vaunun voimakuvio.



Koska rautatievaunun nopeus pienenee tasaisesti, vaunun kiihtyvyys (hidastuvuus) on vakio. Tasaisesti muuttuvassa liikkeessä vaunun keskinopeus on

$$v_k = \frac{v_0 + v_1}{2} = \frac{4,2 \text{ m/s} + 2,9 \text{ m/s}}{2} = 3,55 \text{ m/s}.$$

Keskinopeuden yhtälöstä $v_k = \frac{s}{t}$ rautatievaunun hidastumiseen kulunut aika on

$$t = \frac{s}{v_k} = \frac{280 \text{ m}}{3,55 \text{ m/s}} \approx 78,8732 \text{ s}.$$

Vaunun kiihtyvyys on $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{2,9 \text{ m/s} - 4,2 \text{ m/s}}{78,8732 \text{ s}} \approx -0,01648 \text{ m/s}^2$.

Liikkeen suunnalle vastakkainen kokonaisvoima on Newtonin II lain mukaan $F_v = ma = 18\,000\text{ kg} \cdot (-0,01648\text{ m/s}^2) \approx -300\text{ N}$. Voiman suunta on kuvassa vasemmalle.

6. $E = 1,5\text{ V}, I = 0,23\text{ A}, t = 35\text{ s}, R = 4,7\ \Omega$

a) Pariston sähköparin koko virtapiiriin tekemä työ on

$$W = EIt = 1,5\text{ V} \cdot 0,23\text{ A} \cdot 35\text{ s} = 12,075\text{ J} \approx 12\text{ J}.$$

b) Vastuksessa kuluva energia, joka lämmittää vastusta on

$$E_{\text{vastus}} = R^2 t = 4,7\ \Omega \cdot (0,23\text{ A})^2 \cdot 35\text{ s} = 8,70205\text{ J} \approx 8,7\text{ J}.$$

Toinen tapa: Jännitehäviö vastuksessa on

$$U = RI = 4,7\ \Omega \cdot 0,23\text{ A} = 1,081\text{ V}.$$

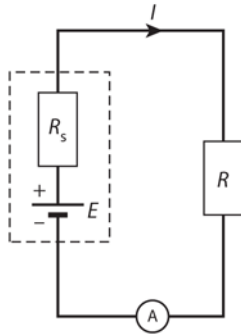
Vastuksen kuluttama energia 35 s:n aikana on

$$E_{\text{vastus}} = UI t = 1,081\text{ V} \cdot 0,23\text{ A} \cdot 35\text{ s} \approx 8,7\text{ J}.$$

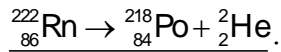
Tämä energia lämmittää vastusta.

Paristolla on sisäinen resistanssi ja ampeerimittarilla, ja virtapiirin johtimillakin on pieni resistanssi. Resistanssien takia loppuosa pariston tekemästä työstä ($12,075\text{ J} - 8,70205\text{ J} \approx 3,4\text{ J}$) aiheuttaa lämpenemistä paristossa, ampeerimittarissa ja johtimissa.

c) Johtimien ja ampeerimittarin resistanssit ovat pieniä, joten ne on jätetty piirtämättä oheiseen virtapiiriin.



7. a) ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ on alfa-aktiivinen ja sen hajoamisytälö on



b) Suomen kallioperä sisältää urania, jonka hajoamistuote radon on. Radon on kaasu, jota vapautuu ilmaan ja joka voi kulkeutua rakenteiden läpi myös huoneilmaan. Radon on ongelma erityisesti omakotitalojen sisäilmassa, jos asuinhuoneiden lattiat ovat suoraan kosketuksessa maaperään. Radonin pitoisuudet voivat nousta moninkertaisiksi verrattuna ulkoilman sisältämiin pitoisuuksiin varsinkin talvella, koska huoneita tuuletetaan vähemmän kuin kesällä, ja ulko- ja sisälämpötilojen erosta johtuen taloissa vallitsee alipaine ulkoilmaan verrattuna. Radonin lisäksi radioaktiivisen uraanin hajoamisketjun Po-, Pb- ja Bi-isotoopit ovat myös radioaktiivisia ja tarttuvat helposti leijuvaan huonepölyyn. Näin radioaktiivisia isotooppeja voi joutua hengityksen mukana keuhkoihin. Mitä enemmän radioaktiivisia hiukkasia joutuu hengitysilman mukana keuhkoihin, sitä suuremmaksi kasvaa keuhkosityövän todennäköisyys.

Radonin haittoja voidaan torjua valitsemalla rakennuspaikka oikein. Radonin vapautuminen maaperästä voi vaihdella jopa saman tontin alueella. Ehjästä kallioperästä vapautuu vähemmän radonia kuin rikkonaisesta kallioperästä. Soraharjualueilla radonia vapautuu enemmän maaperän rakenteen vuoksi kuin muualla Suomessa. Radonin haittoja vähennetään rakennusvaiheessa. Perustuksiin ja alapohjaan järjestetään tuuletus niin, että alapohjaan ei kerääny radonia. Lisäksi alapohja eristetään tiivisteiden avulla asuinhuoneista. Näin estetään radonin kulkeutuminen sisäilmaan. Radonin haittoja torjutaan myös viranomaisten rakentajille antamalla määräyksillä. Radonille on määritelty suurimmat sallitut pitoisuudet uusissa rakennuksissa.

c) $A = 200 \text{ Bq}$ (aktiivisuus yhdessä kuutiometrissä ilmaa),
 $T_{1/2} = 3,825 \text{ d}$,

$$M = M(^{222}_{86}\text{Rn}) = 222,018 \text{ g/mol} , N_A = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

Aktiivisuus on $A = \lambda N$, jossa N on aktiivisten ytimien lukumäärä.

$N = \frac{m}{M} N_A$, jossa m on aineen massa, M moolimassa ja N_A Avogadron vakio. Hajoamisvakio on $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$, kun $T_{1/2}$ on radioaktiivisen aineen puoliintumisaika.

Aktiivisuus $A = \lambda N$ saadaan muotoon

$$A = \lambda N$$

$$A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \frac{m}{M} N_A.$$

Yhdessä kuutiometrissä ilmaa olevan radonin massa on

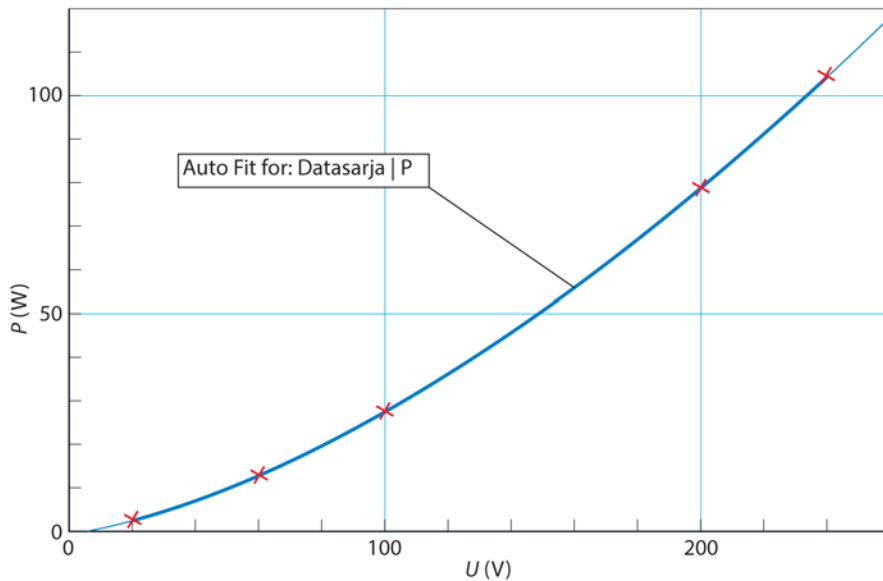
$$m = \frac{A \cdot T_{1/2} \cdot M}{\ln 2 \cdot N_A} = \frac{200 \frac{1}{s} \cdot 3,825 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} \cdot 222,018 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\ln 2 \cdot 6,02214 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}}$$
$$\approx \underline{\underline{3,5 \cdot 10^{-14} \text{ g}}}$$

8. a) Alumiini on johde, joten siinä on vapaasti liikkuvia elektroneja. Kun levy heilahtelee magneettikentässä, siihen indusoituu elektronien muodostamia sähkövirtoja eli pyörrevirtoja. Lenzin lain mukaan induktiovirtojen suunta on sellainen, että niiden aiheuttama magneettikenttä pyrkii estämään ulkoisen magneettikentän vuon muutosta. Tästä aiheutuu magneettinen voima, joka hidastaa levyn heilahtelua.
- b) Kampamaiseen johdelevyyn syntyy vähemmän pyörrevirtoja kuin yhtenäiseen johdelevyyn, ja siksi kampamaisen alumiinilevyn heilahtelu vaimenee hitaammin kuin yhtenäisen levyn.
- c) Muovi on eriste eli siinä ei ole vapaita elektroneja, jotka voisivat muodostaa pyörrevirtoja. Sen takia magneettikentällä ei ole vaikutusta muovilevyn heilahtelemiseen.

OSA III

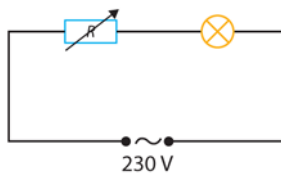
9. a) Hehkulampun lämpötila voi sähkövirran kasvaessa muuttua esimerkiksi 3000 °C, kun jännite kasvaa kuvan mukaiseen 240 V:n arvoon. Näin suuri lämpötilan muutos kasvattaa resistanssia merkittävästi. Resistanssin muutos on $\Delta R = \alpha \Delta t R_{20}$, kun α on resistiivisyyden lämpötilakerroin, Δt lämpötilan muutos ja R_{20} hehkulangan resistanssi 20 °C lämpötilassa. Koska sähkövirta on $I = U/R$, virta ei kasva suoraan verrannollisesti jännitteeseen, vaan virran kasvu hidastuu sitä enemmän, mitä suurempi resistanssi on ja mitä korkeampi jännite on. Näin ollen I, U -kuvaaja kaartuu kuvan mukaisesti.
- b) Valitaan annetusta kuvaajasta (U, I)-arvopareja ja lasketaan taulukkoon (oheisessa taulukossa on vain muutamia esimerkkejä) lampun kuluttamia sähkötehon arvoja $P = UI$. Piirretään $U(P)$ - kuvaaja mittausohjelman avulla.

U (V)	I (A)	P (W)
20	0,130	2,60
60	0,215	12,9
100	0,278	27,8
200	0,395	79,0
240	0,435	104,4



c) $U = 230 \text{ V}$, $P = 65 \text{ W}$

Kytetään säädettävä etuvastus kuvion mukaisesti ja säädetään vastuksen arvo niin, että lamppu kuluttaa 65 W:n tehon. Edellä kohdassa b piirretyn kuvaajan mukaan lampun teho on 65 W, kun jännite on 174 V. Tehtävässä annetun kuvaajan mukaan sähkövirta on tällöin 0,365 A.



Kun laite on kytketty 230 V:n verkkojännitteeseen, etuvastuksen jännitehäviö on $U_R = 230 \text{ V} - 174 \text{ V} = 56 \text{ V}$.

Etuvastuksen resistanssi on

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{56 \text{ V}}{0,365 \text{ A}} \approx \underline{\underline{150 \Omega}}.$$

10. a) Albert Einstein selitti vuonna 1905 esitetyn ilmiön valon kvanttiteorian avulla. Metallipintaan osuva säteily koostuu fotoneista (kvanteista). Kyseessä on valosähköilmiö, jossa laservalon fotonit irrottavat katodilta elektroneja. Elektroni ei irtoa, jos fotonin energia on pienempi kuin elektronin irrottamiseen katodilta tarvittava energia. Jos fotonin energia hf on suurempi kuin irrotustyö W_0 , elektroni irtoaa. Tietty osa fotonin energiasta kuluu elektronin irrottamiseen ja loput elektroni saa liike-energiakseen: $hf = W_0 + E_k$, josta liike-energia on $E_k = hf - W_0$. Irrotustyö on metallille ominainen. Koska fotonin energia on $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$, lyhyemmän aallonpituuden eli sinisen valon kvantilla on ollut riittävästi energiaa, joten valosähköilmiö tapahtui. Punaisen valon kvanttien energia on liian pieni, jotta valosähköilmiö tapahtuisi.

b) $c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Aaltoliikkeen perusyhtälöstä $c = f\lambda$ saadaan taajuudeksi $f = c/\lambda$.

Esimerkiksi, kun $\lambda = 434 \text{ nm}$, taajuus on

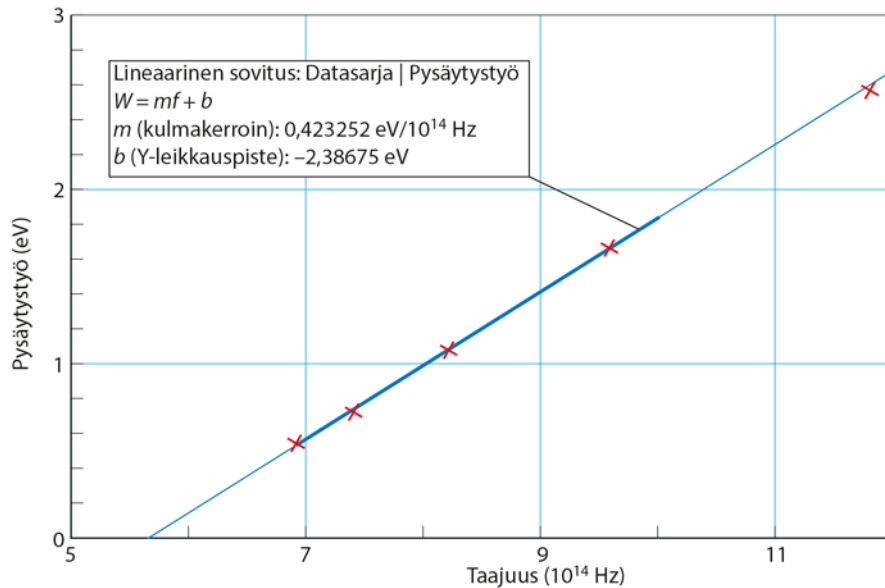
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2,99792 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{434 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 6,90765 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

Pysäytystyö on $W = |q|U = eU$. Esimerkiksi, kun $U = 0,73 \text{ V}$, pysäytystyö on $W = e \cdot 0,73 \text{ V} = 0,73 \text{ eV}$.

Lasketaan taulukkoon vastaavalla tavalla muut valon taajuuksien ja pysäytystyön arvot.

Aallonpituus (nm)	434	405	365	313	254
Taajuus (10^{14} Hz)	6,90765	7,40227	8,21348	9,57802	11,8028
Pysäytyspotentiaali (V)	0,55	0,73	1,09	1,67	2,57
Pysäytystyö (eV)	0,55	0,73	1,09	1,67	2,57

Esitetään tulokset f, E -koordinaatistossa.



Planckin vakio on suoran $E_k^{\max} = hf - W_0$ kulmakerroin, joka mittausohjelman mukaan on

$$h = 0,423252 \text{ eV}/10^{14} \text{ Hz} = 4,23252 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \approx 4,2 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}.$$

11. $f = 10,0 \text{ Hz}$, $\alpha_1 = 63^\circ$

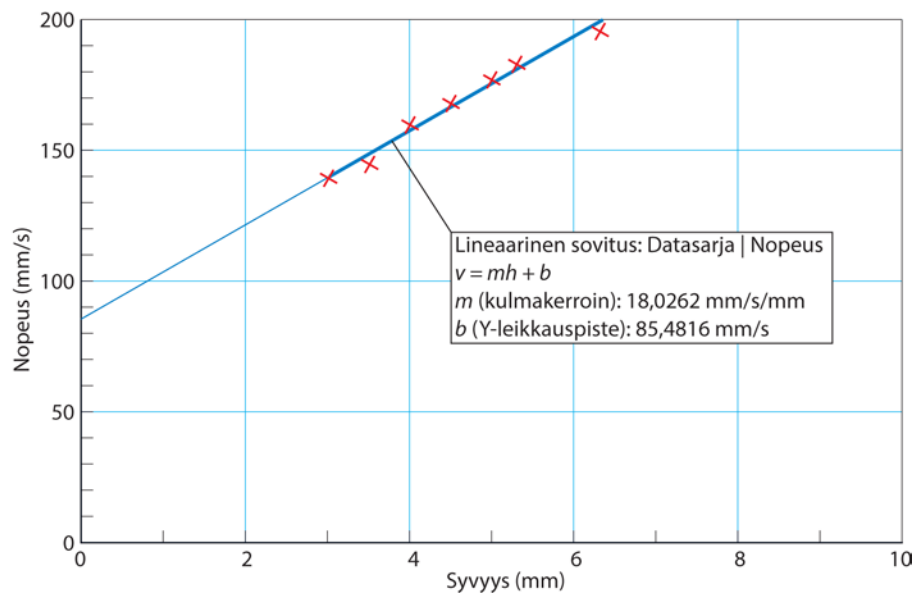
Lasketaan taulukkoon arvot $h^2 \left((\text{mm})^2 \right)$, $\sqrt{h} \left(\sqrt{\text{mm}} \right)$ ja $v \text{ (mm/s)}$.

Aaltoliikkeen perusyhtälö on $v = f\lambda$. Esimerkiksi, kun aallonpituus on 13,9 mm, aallon nopeus on

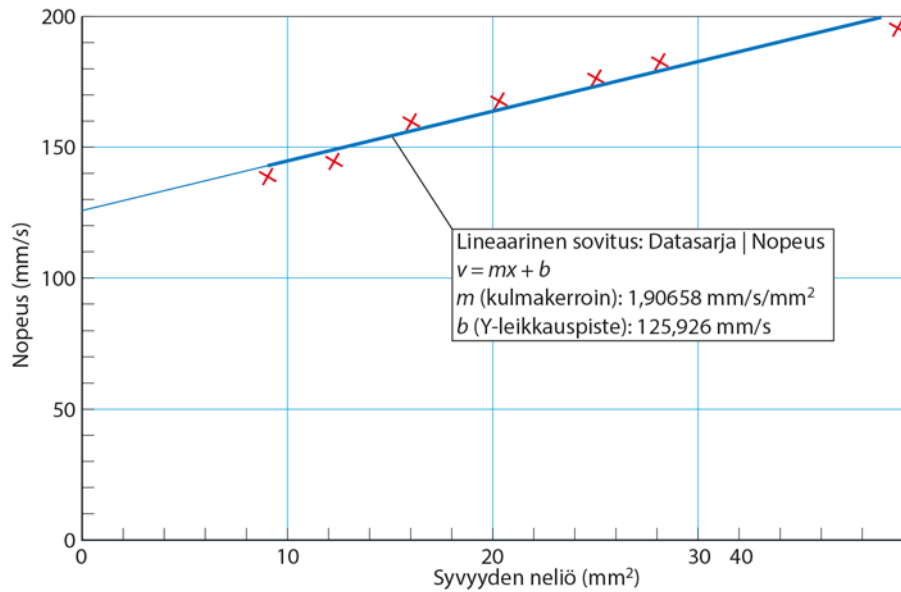
$$v = f\lambda = 10,0 \text{ Hz} \cdot 13,9 \text{ mm} = 139 \text{ mm/s}.$$

$h(\text{mm})$	$h^2 ((\text{mm})^2)$	$\sqrt{h}(\sqrt{\text{mm}})$	$v(\text{mm/s})$
3,0	9,00	1,732	139
3,5	12,25	1,871	145
4,0	16,00	2,000	160
4,5	20,25	2,121	168
5,0	25,00	2,236	177
5,3	28,09	2,302	183
6,3	39,69	2,510	196

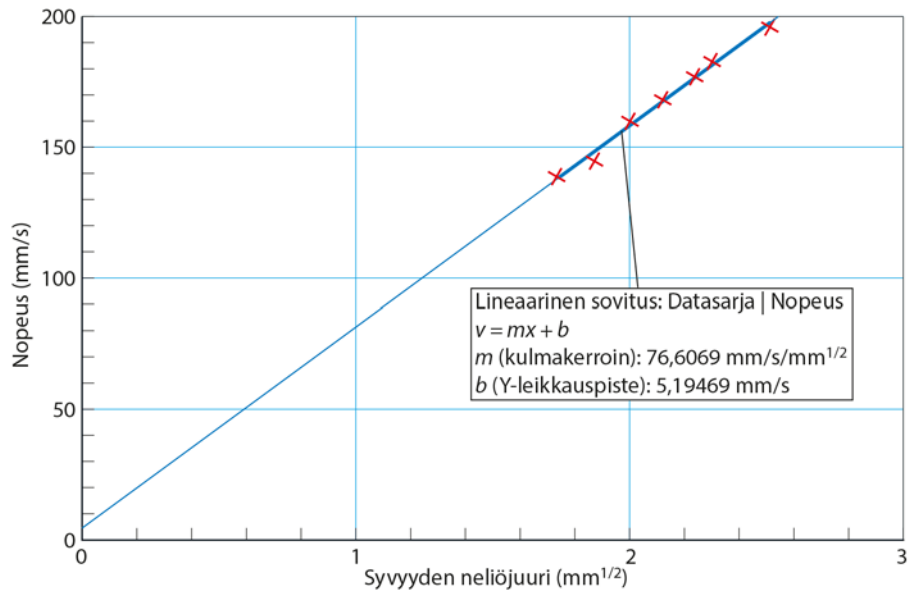
Nopeus veden syvyyden funktiona.



Nopeus veden syvyyden neliön funktiona.



Nopeus veden syvyyden neliöjuuren funktiona.



Kaikkien mallien esittämissä tapauksissa pisteet ovat likimain suoralla. Vain pisteisiin (\sqrt{h}, v) sovitettu suora kulkee likimain origon kautta. Näin ollen malli iii) $v = k\sqrt{h}$ kuvaa kaikkein parhaiten aaltojen nopeuden riippuvuutta veden syvyydestä.

b) Mittausohjelman mukaan pisteisiin (\sqrt{h}, v) sovitetun suoran kulmakerroin on $k = 76,6069 \text{ mm/s}/\sqrt{\text{mm}} \approx 77 \frac{\sqrt{\text{mm}}}{\text{s}}$.

c) $h_1 = 6,0 \text{ mm}$, $h_2 = 3,2 \text{ mm}$, $\alpha_1 = 63^\circ$

Kohdasta a saadaan pisteisiin (\sqrt{h}, v) sovitetun suoran yhtälöksi

$$v = k\sqrt{h} + b = 76,6069 \frac{\sqrt{\text{mm}}}{\text{s}} \sqrt{h} + 5,19469 \frac{\text{mm}}{\text{s}}.$$

Lasketaan aallon nopeudet annetuilla syvyyksillä:

$h = 6,0 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} v_1 &= 76,6069 \frac{\sqrt{\text{mm}}}{\text{s}} \sqrt{h} + 5,19469 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \\ &= 76,6069 \frac{\sqrt{\text{mm}}}{\text{s}} \sqrt{6,0 \text{ mm}} + 5,19469 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 192,843 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \end{aligned}$$

$h = 3,2 \text{ mm}$:

$$v_2 = 76,6069 \frac{\sqrt{\text{mm}}}{\text{s}} \sqrt{h} + 5,19469 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$= 76,6069 \frac{\sqrt{\text{mm}}}{\text{s}} \sqrt{3,2 \text{ mm}} + 5,19469 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 142,233 \frac{\text{mm}}{\text{s}}.$$

Taittumislaista $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$ saadaan

$$\sin \alpha_2 = \frac{v_2}{v_1} \sin \alpha_1 = \frac{142,233 \text{ mm/s}}{193,843 \text{ mm/s}} \cdot \sin 63^\circ, \text{ josta saadaan } \underline{\underline{\alpha_2 \approx 41^\circ}}.$$

