

TEHTÄVIEN RATKAISUT

- 4-1. a) Metallilankaa edustaa kuvaaja 2 ja 3.

Kuvaajassa 3 jännitehäviö on suoraan verrannollinen sähkövirtaan Ohmin lain mukaisesti.

Kuvaaja 2 voi esittää esimerkiksi hehkulampun volframilankaa, jonka resistanssi kasvaa sähkövirran kasvaessa.

Kuvaaja 1 ei voi edustaa metallilankaa. Johtimen resistanssin arvot pienenevät ja lopulta resistanssi menisi nolaksi sähkövirran kasvaessa.

b) Resisttiivisyys liittyy materiaaliin (eli aineeseen) ja resistanssi esim. kappaleeseen, joka voi koostua eri johdinmateriaaleista.

c) Metallilangan resistanssi riippuu materiaalista, langan poikkipinta-alasta ja langan pituudesta. Resistanssi riippuu myös lämpötilasta.

d) 1) Jotta metallilangan resistanssi olisi mahdollisimman pieni, langan

* materiaalin resistiivisyyden on oltava mahdollisimman pieni ja

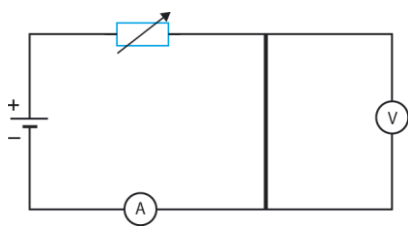
* lanka mahdollisimman lyhyt ja paksu.

2) Jotta metallilangan resistanssi olisi mahdollisimman suuri, langan

* materiaalin resistiivisyyden on oltava mahdollisimman suuri ja

* lanka mahdollisimman pitkä ja ohut.

- 4-2. a) Kytkenäkaavio



b) I, U -koordinaatistoon piirretyt kuvaajat ovat suoria, joiden fysikaalisesta kulmakertoimesta saadaan vastuslankojen resistanssit.

$$\text{Jyrkemmälle suoralle } R_1 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{10 \text{ V}}{0,020 \text{ A}} = 500 \Omega \text{ ja}$$

$$\text{loivemmalle suoralle } R_2 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{6,0 \text{ V}}{0,048 \text{ A}} = 125 \Omega.$$

c) Vastuslangan resistanssi riippuu langan materiaalista, pituudesta ja poikkipinta-alasta yhtälöstä $R = \rho \frac{l}{A}$ mukaisesti. Langan paksuudelle saadaan yhtälö $A = \rho \frac{l}{R}$.

Koska langat ovat samaa materiaalia ja yhtä pitkät ja langan 2 resistanssi oli pienempi, tämän langan täytyy olla paksumpi.

d) Poikkipinta-alojen suhde saadaan pääteltyä resistanssien avulla. Koska

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{500 \Omega}{125 \Omega} = \frac{4}{1}, \text{ saadaan yhtälö } \frac{\rho \frac{l}{A_1}}{\rho \frac{l}{A_2}} = \frac{A_2}{A_1} = 4.$$

Koska $A_2 = 4 \cdot A_1$, langan 2 poikkipinta-ala on siis nelinkertainen ja langan halkaisijoiden suhde 2:1.

4-3. Resistanssi lasketaan yhtälöstä $R = \rho \frac{l}{A}$. Resistanssi on suoraan verrannollinen langan pituuteen ja kääntäen verrannollinen langan poikkileikkauksen pinta-alaan eli paksuuteen.

a) Jos langan A pituus on suurempi kuin langan B halkaisija, langan A resistanssi on suurempi kuin B:n resistanssi. Nyt langan A resistanssi on kaksinkertainen langan B resistanssiin verrattuna.

b) Jos langan A poikkipinta-ala on kolminkertainen B:n poikkipinta-alaan verrattuna, langan A resistanssi on pienempi kuin B:n resistanssi. Nyt langan A resistanssi on kolmasosa langan B resistanssista.

c) Jos langan A halkaisija on suurempi kuin langan B halkaisija, langan A resistanssi on pienempi kuin B:n resistanssi. Jos langan säde on r , langan poikkipinta-ala on $A = \pi r^2$. Jos langan säde on $2r$, langan poikkipinta-ala on $A = \pi(2r)^2 = 4\pi r^2$. Jos halkaisija on kaksinkertainen, myös säde on kaksinkertainen. Näin ollen langan A resistanssi on neljäsosa langan B resistanssista.

4-4. a) Alumiinilangan resistanssi on

$$R = \rho \frac{l}{A} = 2,655 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} \cdot \frac{12 \cdot 10^3 \text{ m}}{0,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \approx 13 \Omega.$$

Jotta langan resistanssi pienenesi puoleen, langan poikkipinta-ala on

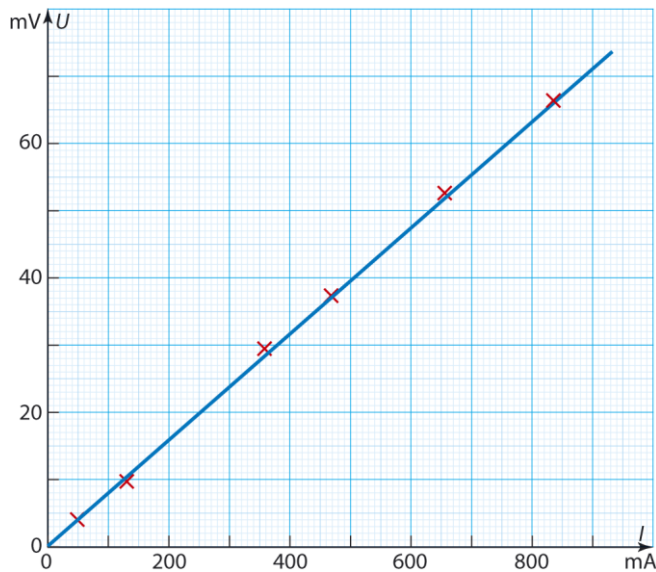
$$A_2 = \frac{\rho l}{\frac{R}{2}} = 2 \cdot \frac{\rho l}{R} = 2 \cdot A = 2 \cdot 0,25 \text{ cm}^2 = 0,50 \text{ cm}^2.$$

Ratkaisun voi myös päätellä. Resistanssin yhtälön $R = \rho \frac{l}{A}$ mukaan resistanssi R on kääntäen verrannollinen langan paksuuteen A . Näin ollen jos resistanssi pienenee puoleen, langan paksuus kaksinkertaistuu. Uusi poikkipinta-ala on siis

$$A_2 = 2 \cdot 0,25 \text{ cm}^2 = 0,50 \text{ cm}^2.$$

b) Jännitehäviö on $U = RI = \rho \frac{l}{A} \cdot I = 2,655 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m} \cdot \frac{1,00 \cdot 10^3 \text{m}}{\pi \cdot (2,2 \cdot 10^{-3} \text{m})^2} \cdot 12 \text{A} \approx 21 \text{V}$.

4-5.



Määritetään ensin langan resistanssi. I, U -kuvaaja on suora, joten resistanssi saadaan kuvaajasta fysikaalisena kulmakertoimenä:

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{39 \text{ mV}}{500 \text{ mA}} = 0,078 \Omega.$$

Resistanssin arvoon vaikuttavat langan paksuus ja pituus sekä materiaali yhtälön $R = \rho \frac{l}{A}$ mukaisesti. Kyseisen langan resistiivisyys on

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{0,078 \Omega \cdot \pi \cdot (0,41 \cdot 10^{-3} \text{m})^2}{2,4 \text{m}} \approx 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$$

Taulukkokirjan mukaan lanka on todennäköisesti kuparia.

4-6. Käyrä 1 kuvaa hehkulampun volframilankaa. Sähkövirran kasvu pienenee, kun jännite kasvaa, koska metallilangan resistanssi kasvaa lämpötilan kohotessa.

Käyrä 2 kuvaa NTC-termistoria (Negative Temperature Coefficient). NTC-termistorin resistanssi pienenee lämpötilan noustessa.

Käyrä 3 kuvaa konstantaanitarkkuusvastusta. Konstantaanin resistanssi pysyy likimain vakiona lämpötilan muuttuessa.

4-7. a) Hehkulampun volframilangan resistanssi lämpötilassa 2000°C on

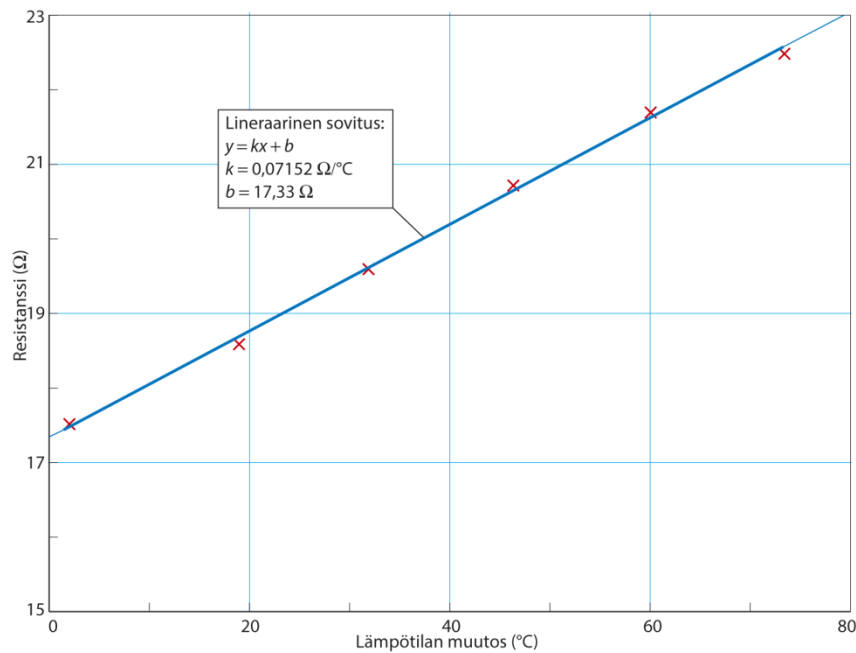
$$R = R_{20}(1 + \alpha \Delta t) = R_{20}(1 + \alpha \Delta T)$$

$$= 6,0 \Omega \cdot (1 + 4,84 \cdot 10^{-3} 1/\text{K} \cdot 2080 \text{K}) \approx 66 \Omega.$$

b) Lasketaan taulukon lämpötilan arvojen t avulla vastaava lämpötilan muutos Δt yhtälöstä $\Delta t = t - 20^\circ \text{C}$.

t (°C)	21,8	39,0	51,8	66,3	80,1	93,2
Δt (°C)	1,8	19,0	31,8	46,3	60,1	73,2
R (Ω)	17,5	18,6	19,6	20,7	21,7	22,5

Esitetään mittaustulokset $\Delta t, R$ -koordinaatistossa.



Kun $\Delta t = 0$ °C, kuvaajan perusteella resistanssi lämpötilassa 20 °C on $R_{20} = 17,33$ Ω. Resisttiivisyyden lämpötilariippuvuus on $R = R_{20}(1 + \alpha\Delta t) = R_{20} + R_{20}\alpha\Delta t$, ja $\Delta t, R$ -koordinaatistoon piirretyn suoran $R = R_{20} + R_{20}\alpha\Delta t$ fysikaalinen kulmakerroin on $R_{20}\alpha$. Mittausohjelman mukaan suoran fysikaalinen kulmakerroin $\Delta t, R$ -koordinaatistossa on $0,07152$ Ω/°C. Yhtälöstä $R_{20}\alpha = 0,07152$ Ω/°C resistiivisyyden lämpötilakerroin on

$$\alpha = \frac{0,07152 \text{ Ω/°C}}{R_{20}} = \frac{0,07152 \text{ Ω/°C}}{17,33 \text{ Ω}} \approx 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ 1/°C}$$

Resistiivisyyden lämpötilakerroin on $4,1 \cdot 10^{-3}$ 1/K.

4-8. a) Neuronin solunesteen resistiivisyys on

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{2 \cdot 10^9 \text{ Ω} \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2}{0,25 \text{ m}} \approx 0,6 \text{ Ωm.}$$

Veden resistiivisyys on $5000 \Omega\text{m}$. Ero veden ja neuronin solunesteen resistiivisyyksien välillä johtuu solunesteen ioneista. Koska solu kuitenkin on pääasiassa vettä, vertailu veden resistiivisyyteen on mielekäs.

b) Hermosolussa on solukeskuksen lisäksi tuoja- ja viejähaarakkeita. Solukeskuksessa on mm. tuma. Solukeskus sijaitsee keskushermostossa. Viejähaarakkeita (aksoneita) ympäröi myeliinituppi. Viejähaarakkeen loppuosa on ääreishermostoa.

- 4-9.** Langan massa on $m_1 = \rho V = \rho A_1 l$, jossa ρ on langan tiheys, l langan pituus ja A_1 poikkipinta-ala. Jos langan pituus on $3l$, sen massa on $m_2 = \rho A_2 \cdot 3l$. Koska langan tiheys ei muutu venytyksessä, langan massakaan ei muutu, siksi $m_1 = m_2$ eli $\rho A_1 l = \rho A_2 \cdot 3l$. Lankojen pinta-alojen suhde on $A_2 = \frac{A_1}{3}$.

Jos langan pituus on l , sen resistanssi on $R_1 = \rho \frac{l}{A}$. Jos langan pituus on $3l$, sen resistanssi on

$$R_2 = \rho \frac{3l}{A_2} = \rho \frac{3l}{\frac{A_1}{3}} = 9 \rho \frac{l}{A_1} = 9R_1.$$

Langan resistanssi muuttuu 9-kertaiseksi.

- 4-10.** Suprajohtavan tilan saavuttamiseksi aine on jäähdytettävä ns. kriittisen lämpötilan alapuolelle esimerkiksi upottamalla aine nestemäiseen tyypeen. Kun suprajohte poistetaan nestemäisestä tyypestä, sen lämpötila kohoaa ja suprajohtavat ominaisuudet alkavat hävitä. Tällä hetkellä ei tunneta ainetta, joka olisi suprajohtava huoneenlämpötilassa. Suprajohteita käytetään mm. lääketieteen teknisissä sovelluksissa ja hiukkaskiihdyttimissä.

TESTAA, OSAATKO S. 43

1. a c 2. a b 3. b 4. a c 5. a c 6. b 7. a b c 8. a c 9. c 10. c 11. a b c 12. a b c