

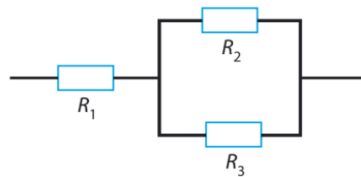
FY3 syksy 2020, koe 2

Oikeat ratkaisut

1. väärin, oikein, väärin
oikein, oikein, väärin
väärin, oikein, oikein
väärin, oikein, väärin

2.

- a) Kuinka suuri on vastusyhdistelmän kokonaisresistanssi, kun kunkin vastuksen resistanssi on $580\ \Omega$?



- b) Protonia kiihdytetään sähkökentän avulla. Protonin kiihtyvyyden suuruus on tarkasteluhetkellä $2,7 \cdot 10^{12}\ \text{m/s}^2$. Mikä on sähkökentän voimakkuus protonin kohdalla?

- c) Protoni lähtee levosta sähkökentän $150\ \text{V}$:n potentiaalista. Mikä on protonin liike-energia, kun se on kohdassa, jonka potentiaali on $0\ \text{V}$?

2. a) Vastukset 2 ja 3 on kytketty rinnan, jolloin $\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = 2 \cdot \frac{1}{580\ \Omega}$. Näiden kahden vastuksen

yhdistelmän resistanssi on $R_{23} = \frac{580\ \Omega}{2}$. Tämä yhdistelmä on sarjassa vastuksen 1 kanssa, joten

yhdistelmän kokonaisresistanssi on $R = R_1 + R_{23} = 580\ \Omega + \frac{580\ \Omega}{2} = 870\ \Omega$.

Virta on $I = U/R = \text{n. } 14\ \text{mA}$.

c) $a = 2,7 \cdot 10^{12}\ \text{m/s}^2$, $q = e = 1,60218 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$, $m = 1,67262 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}$

Sähkökentän voimakkuus on $\vec{E} = \vec{F}/q$. Newtonin II lain mukaan $\vec{F} = m\vec{a}$, joten saadaan $\vec{E} = m\vec{a}/q$.

Valitaan kiihtyvyyden suunta positiiviseksi suunnaksi. Silloin

$$E = \frac{ma}{q} = \frac{ma}{e} = \frac{1,67262 \cdot 10^{-27}\ \text{kg} \cdot 2,7 \cdot 10^{12}\ \text{m/s}^2}{1,60218 \cdot 10^{-19}\ \text{C}} \approx 28 \frac{\text{kN}}{\text{C}}.$$

c) $W = qU = 1,602 \cdot 10^{-19}\ \text{C} \cdot 120\ \text{V} = 1,92 \cdot 10^{-17}\ \text{J}$ eli n. $1,8\ \text{nJ}$.

3. a)

Opiskelijat määrittivät vedenkeitTIMEN hyötysuhteen. He kaatoivat keittimeen $0,50\ \text{litraa } +12,2\ ^\circ\text{C}$:sta vettä. Keitin kuumensi veden lämpötilaan $100,0\ ^\circ\text{C}$. Tähän kului aikaa $2\ \text{min } 14\ \text{sekuntia}$. Energiamittarin mukaan keittimen sähköverkosta ottama teho oli $1610\ \text{W}$. Laske vedenkeitTIMEN veden lämmityksen hyötysuhde.

Hyötysuhde on

$$\eta = \frac{cm\Delta T}{Pt} = \frac{4,19\ \text{kJ}/(\text{kgK}) \cdot 0,50\ \text{kg} \cdot 87,8\ \text{K}}{1610\ \text{W} \cdot 134\ \text{s}} \approx 0,85.$$

b) Sähköteho $P = UI$, laitteen hyötysuhde ja esimerkkejä, arvokilpi, sähkönkulutuksen hinnoittelu kWh:n mukaan, laskuesimerkki tms.

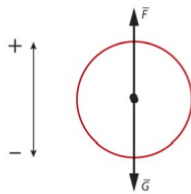
4. Pisteet 2, 4, 6

- a) Miksi pöytätennispallo on maalattu metallivärillä?
- b) Miksi pöytätennispallo leijuu Van de Graaff-generaattorin suuren pallon yläpuolella?
- c) Generaattorin pallon varaus on $+1,4 \mu\text{C}$. Maalatun pöytätennispallon massa on $3,0 \text{ g}$. Kun pöytätennispallo on hetken levossa, sen keskipisteen etäisyys generaattorin pallon keskipisteestä 13 cm . Laske pöytätennispallon varaus.

4. Koska pöytätennispallo ei johda sähköä, se on maalattu metallivärillä, joka johtaa sähköä. Näin pallo ottaa helposti vastaan sähkövarausta generaattorin pallolta. Tällä tavalla koejärjestely tekee mahdolliseksi Coulombin voiman tutkimisen.

b) Kun generaattori varataan, pöytätennispallo saa generaattorin pallostaan sen kanssa samanmerkkisen varauksen. Samanmerkkisesti varatut pallot hylkivät toisiaan. Pöytätennispalloon kohdistuva alas suuntautuva paino on vakio, mutta ylös suuntautuva Coulombin voima on kääntäen verrannollinen pallojen keskipisteiden välisen etäisyyden toiseen potenssiin. Kun molempien pallojen varaukset ovat riittävän suuret, pöytätennispallo voi leijua paikallaan. Tällöin pöytätennispalloon kohdistuvat vastakkaissuuntaiset paino ja Coulombin voima kumoavat toisensa.

c) Pöytätennispalloon kohdistuva Coulombin voima on suuruudeltaan $F = \frac{k Q_1 Q_2}{\epsilon_r r^2}$ ja paino $\bar{G} = m\bar{g}$.



Kun pöytätennispallo on levossa, Newtonin II lain perusteella pystysuunnassa vaikuttava kokonaisvoima on nolla eli $\bar{F} + \bar{G} = \bar{0}$. Kun suunta ylös valitaan positiiviseksi, saadaan skalaariyhtälö $F - G = 0$, joten

$$\frac{k Q_1 Q_2}{\epsilon_r r^2} = mg. \text{ Ratkaistaan yhtälöstä pöytätennispallon varaus:}$$

$$\frac{k Q_1 Q_2}{\epsilon_r r^2} = mg$$

$$kQ_1 Q_2 = mg\epsilon_r r^2$$

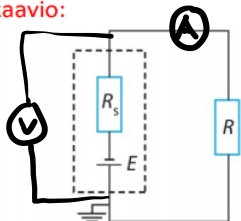
$$Q_2 = \frac{mg\epsilon_r r^2}{kQ_1} = \frac{0,0030 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,0006 \cdot (0,13 \text{ m})^2}{8,98755 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ C}} \approx 4,0 \cdot 10^{-8} \text{ C}.$$

5.

Pariston napoihin kytketään vastus, jonka resistanssi on $22\ \Omega$. Pariston lähdejännite on $4,5\text{ V}$ ja sisäinen resistanssi $0,65\ \Omega$.

- a) Piirrä piirin kytkentäkaavio.
- b) Laske piirissä kulkeva virta.
- c) Piirrä piirin potentiaalikäyrä.

5. a) Kytkenäkaavio:



b) Pariston lähdejännite on $E = R_s I + IR = I(R_s + R)$. Piirissä kulkeva sähkövirta on

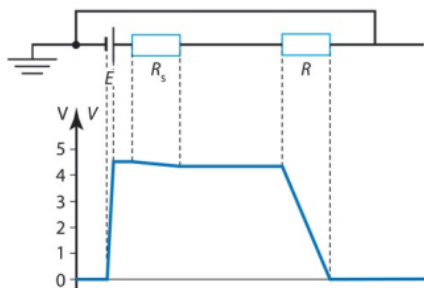
$$I = \frac{E}{R_s + R} = \frac{4,5\text{ V}}{0,65\ \Omega + 22\ \Omega} \approx 0,198675\text{ A}.$$

Pariston napajännite on $U = E - R_s I = 4,5\text{ V} - 0,65\ \Omega \cdot 0,198675\text{ A} \approx 4,4\text{ V}$.

Vastuksen jännitehäviö on $U = RI = 22\ \Omega \cdot 0,198675\text{ A} \approx 4,4\text{ V}$.

Pariston negatiivinen napa on maadoitettu.

Potentiaalikäyrä:



6. Pisteet 4, 8

a) Vastaa videon kysymykseen.

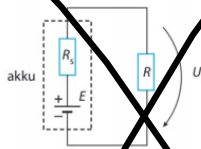
b) Fysiikan tunnilla tutkittiin pariston toimintaa kytkemällä napojen väliin erikokoisia vastuksia sekä mittaamalla virta ja napajännite. Tulokset olivat seuraavat:

[FY3_6.csv](#)

Määritä tuloksista sopivan kuvaajan avulla pariston lähdejännite ja sisäinen resistanssi.

6. a) Videolla pariston napojen väliin laitettiin teräsvillaa. Tällöin virtapiirin ulkoinen resistanssi on likimain nolla ja paristoa kuormittaa vain pariston sisäinen resistanssi. Oikosulkuvirta $I_0 = \frac{E}{R_s}$ on suuri, koska sisäinen resistanssi on pieni: suuri oikosulkuvirta kuumentaa teräsvillan korkeaan lämpötilaan ja se alkaa palaa.

b) i) Ulkoisen vastuksen resistanssi saadaan yhtälöstä $R = \frac{U}{I}$. Sähkövirta ja resistanssi ovat kääntäen verrannollisia, joten mitä pienempi sähkövirta on, sitä suurempi on resistanssi.



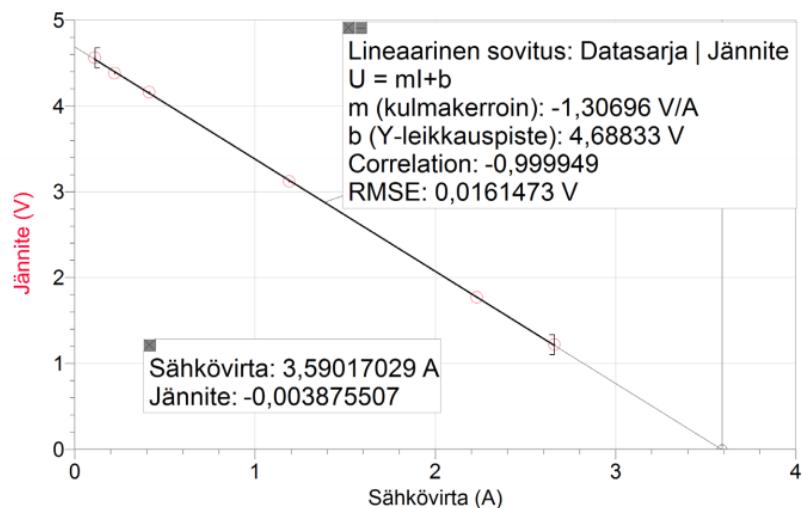
Lasketaan kolme suurinta resistanssia.

Mittauksessa 4 resistanssi oli $R_4 = \frac{U}{I} = \frac{4,16 \text{ V}}{0,413 \text{ A}} \approx 10,1 \Omega$,

mittauksessa 5 $R_5 = \frac{U}{I} = \frac{4,38 \text{ V}}{0,221 \text{ A}} \approx 19,8 \Omega$ ja

mittauksessa 6 $R_6 = \frac{U}{I} = \frac{4,56 \text{ V}}{0,111 \text{ A}} \approx 41,1 \Omega$

ii) Esitetään mittaustulokset I, U -koordinaatistossa.



Kuvaaja leikkaa jänniteakselin kohdassa $4,68833 \text{ V}$, joten pariston lähdejännite on $E \approx 4,69 \text{ V}$.

Suoran fysikaalisesta kulmakertoimesta saadaan pariston sisäiseksi resistanssiksi

$R_s = \left| -1,30696 \text{ V/A} \right| \approx 1,31 \Omega$.