

TEHTÄVIEN RATKAISUT

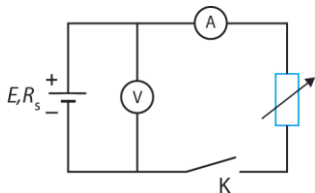
- 8-1. a) Kuvaajan ja U -akselin leikkauskohdasta saadaan pariston lähdejännite: $E = 1,6 \text{ V}$.

Koska kuvaaja esittää I, U -koordinaatistoon piirrettyä pariston kuormituskäyrää, pariston sisäinen resistanssi saadaan fysikaalisen kulmakertoimen itseisarvona:

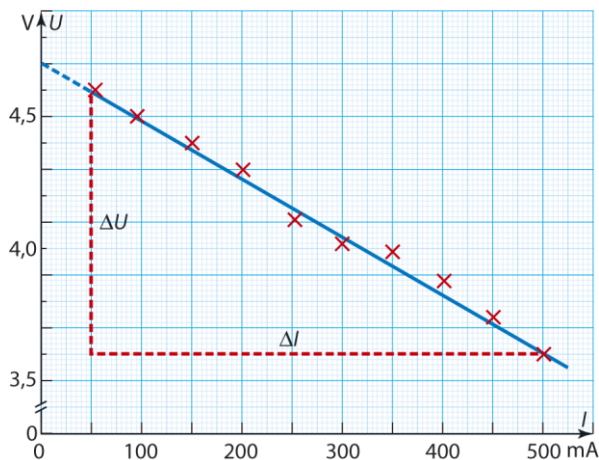
$$R_s = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{1,00 \text{ V} - 1,60 \text{ V}}{0,45 \text{ A} - 0,00 \text{ A}} \right| = \frac{0,60 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} \approx 1,3 \Omega.$$

b) Suuri sisäinen resistanssi aiheuttaa suuren jännitehäviön pariston sisällä. Siksi paristoon kytketyssä ulkoisessa kuormassa tapahtuu pienempi jännitehäviö verrattuna sellaiseen paristoon, jonka sisäinen resistanssi on pienempi. Suuri sisäinen resistanssi aiheuttaa myös suuremman tehohäviön paristossa.

- 8-2. Mittaukseen sopiva kytkentä:



Esitetään mittaustulokset I, U -koordinaatistossa.



I, U -kuvaajan fysikaalisen kulmakertoimen itseisarvo on pariston sisäinen resistanssi:

$$R_s = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{3,61 \text{ V} - 4,60 \text{ V}}{0,500 \text{ A} - 0,050 \text{ A}} \right| \approx 2,2 \Omega.$$

Lähdejännite E saadaan ekstrapoloimalla kuvaajan ja U -akselin leikkauskohdasta: $E = 4,7 \text{ V}$.

- 8-3.** Sähköparin napajännite on $U = RI = 10,0\Omega \cdot 0,12\text{ A} = 1,2\text{ V}$. Napajännitteen yhtälöstä $U = E - R_s I$ sähköparin sisäiseksi resistanssiksi saadaan

$$R_s = \frac{E - U}{I} = \frac{1,5\text{ V} - 1,2\text{ V}}{0,12\text{ A}} = 2,5\ \Omega.$$

Oikosulussa paristoa kuormittaa vain sen sisäinen resistanssi, jolloin napajännite $U = 0\text{ V}$.

Oikosulkuvirta on

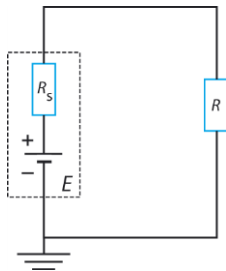
$$I_0 = \frac{E}{R_s} = \frac{1,5\text{ V}}{2,5\ \Omega} = 0,60\text{ A}.$$

- 8-4.** a) Akun napajännite on $U = E - R_s I = 12,0\text{ V} - 12 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot 110\text{ A} = 10,68\text{ V} \approx 11\text{ V}$.

b) Käynnistysmoottorin resistanssi on

$$R_{\text{käynnistysmoottori}} = \frac{U}{I} = \frac{10,68\text{ V}}{110\text{ A}} \approx 97\text{ m}\Omega.$$

- 8-5.** a) Kytkenäkaavio:



b) Pariston lähdejännite on

$$E = R_s I + IR = I(R_s + R).$$

Piirissä kulkeva sähkövirta on

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

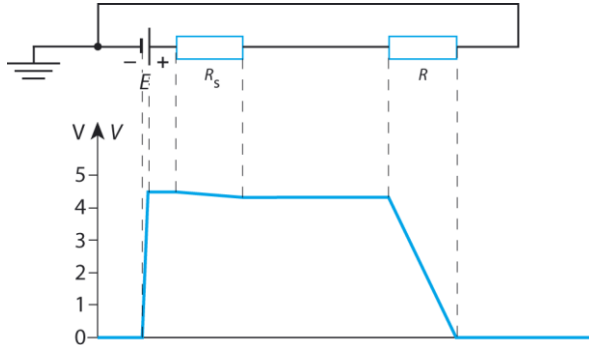
Pariston napajännite on

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

Jännitehäviö vastuksessa on

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

Maadoitetaan pariston negatiivinen napa.



8-6. Kaikki lamput palavat yhtä kirkkaasti, koska jokaisen lampun jännitehäviö on sama.

8-7. a) Jos toinen akku on täysin tyhjä, sen jännite on 0 V. Sähkövirta on

$$I = \frac{U}{2R_s} = \frac{12\text{ V}}{2 \cdot 0,052\Omega} \approx 120\text{ A}.$$

b) Kytkenä aiheuttaa oikosulun. Samalla voi esiintyä kipinöintiä. On myös mahdollista, että tällöin akusta vapautuva vetykaasu voi räjähtää.

8-8. a) Kirchhoffin II lain mukaan suljetussa virtapiirissä potentiaalimuutosten summa on nolla eli $\sum \Delta V = 0$. Kierretään suljettu virtapiiri sähkövirran suunnassa myötäpäivään lähtien vasemmanpuoleisen pariston negatiivisesta navasta. Saadaan yhtälö

$$E_1 - R_{s1}I + E_2 - R_{s2}I - RI = 0 \text{ eli } E_1 + E_2 = R_{s1}I + R_{s2}I + RI.$$

$$\text{Piirissä kulkeva sähkövirta on } I = \frac{E_1 + E_2}{R_{s1} + R_{s2} + R} = \frac{1,5\text{ V} + 1,5\text{ V}}{2,5\Omega + 2,2\Omega + 10,0\Omega} = 0,204082\text{ A} \approx 0,20\text{ A}.$$

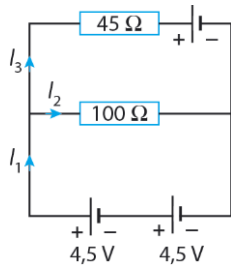
Molempien paristojen läpi kulkee tämä sama virta.

b) Kun kytkin suljetaan, napajännitteet ovat

$$U_1 = E_1 - R_{s1}I = 1,5\text{ V} - 2,5\Omega \cdot 0,204082\text{ A} \approx 0,99\text{ V} \text{ ja}$$

$$U_2 = E_2 - R_{s2}I = 1,5\text{ V} - 2,2\Omega \cdot 0,204082\text{ A} \approx 1,1\text{ V}.$$

8-9. Merkitään sähkövirtoja kuvan mukaisesti.



Kirchhoffin lakien perusteella saadaan yhtälöt

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} - 45 \Omega \cdot I_3 - 1,5 \text{ V} = 0$$

$$4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} - 100 \Omega \cdot I_2 = 0$$

Alimmasta yhtälöstä $4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} - 100 \Omega \cdot I_2 = 0$ saadaan sähkövirta

$$I_2 = \frac{9,0 \text{ V}}{100 \Omega} = 0,090 \text{ A} = 90 \text{ mA}.$$

Keskimmäisestä yhtälöstä $4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} - 45 \Omega \cdot I_3 - 1,5 \text{ V} = 0$ saadaan

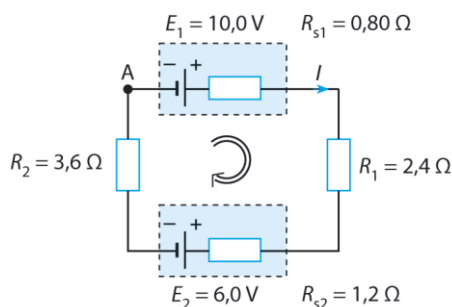
$$I_3 = \frac{4,5 \text{ V} + 4,5 - 1,5 \text{ V}}{45 \Omega} = 166,667 \text{ mA} \approx 170 \text{ mA}.$$

Ylimmästä yhtälöstä $I_1 = I_2 + I_3$ saadaan

$$I_1 = I_2 + I_3 = 90 \text{ mA} + 166,667 \text{ mA} \approx 260 \text{ mA}.$$

Jännitehäviö 45Ω :n vastuksessa on $U_3 = RI_3 = 45 \Omega \cdot 166,667 \text{ mA} \approx 7,5 \text{ V}$.

8-10. a) Oletetaan, että sähkövirran suunta on myötäpäivään piirroksen mukaisesti.



Kierretään virtapiiri myötäpäivään lähtien pisteestä A. Kirchhoffin II lain mukaan on

$$\sum \Delta V = 0 \text{ eli } E_1 - R_{s1}I - R_1I - E_2 - R_{s2}I - R_2I = 0.$$

Ratkaistaan yhtälöstä sähkövirta:

$$E_1 - E_2 = I(R_{s1} + R_1 + R_{s2} + R_2)$$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_{s1} + R_1 + R_{s2} + R_2} = \frac{10,0\text{ V} - 6,0\text{ V}}{0,80\Omega + 2,4\Omega + 1,2\Omega + 3,6\Omega} = 0,50\text{ A.}$$

Sähkövirta on 0,50 A.

b) Jännitelähteen napajännite saadaan jännitelähteessä tapahtuvana potentiaalin muutoksena tarkastelusuunnassa:

$$U_1 = E_1 - R_{s1}I = 10,0\text{ V} - 0,80\Omega \cdot 0,50\text{ A} = 9,6\text{ V}$$

$$U_2 = -R_{s2}I - E_2 = -1,2\Omega \cdot 0,50\text{ A} - 6,0\text{ V} = -6,6\text{ V.}$$

Jännitelähteiden napajännitteet ovat 9,6 V ja -6,6 V.

Napajännite U_2 on negatiivinen, koska kyseinen jännitelähde on kytketty tarkastelusuunnassa kuljettaessa vastakkaiseen suuntaan kuin ylempi jännitelähde.

Napajännitteeltään negatiivinen jännitelähde latautuu; jännitelähde U_1 lataa lähdettä U_2 .

TESTAA, OSAATKO S. 83

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