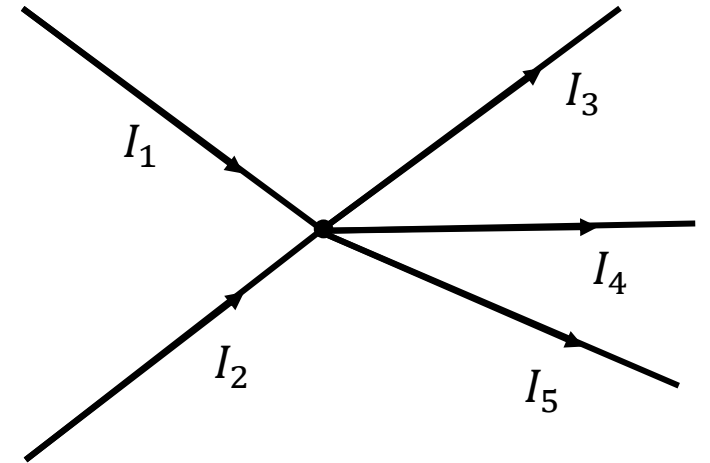


Kirchhoffin lait

- Kirchhoffin virtalaki eli Kirchhoffin I laki:
- *Virtapiirin tiettyyn (haarautumis)kohtaan tulevien sähkövirtojen summa on sama kuin kohdasta lähtevien sähkövirtojen summa*

$$\sum I_{tuleva} = \sum I_{lähtevä}$$

- Kirchhoffin virtalaki on seuraus sähkövarauksen säilymislaista
- Tiettyyn kohtaan tulevien elektronien määrä on yhtä suuri kuin kohdasta lähtevien elektronien määrä
 - Vrt. veden virtaus putkistossa

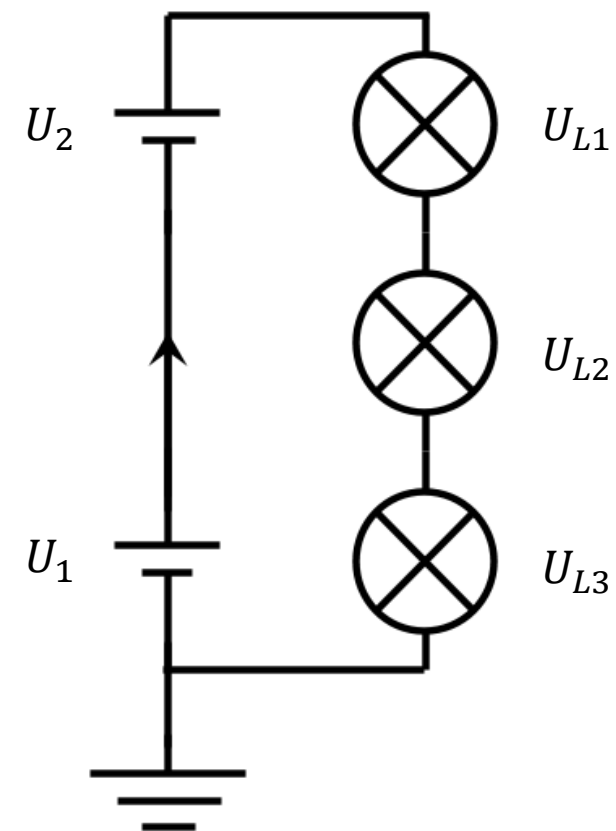


$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

- Kirchhoffin jännitelaki eli Kirchhoffin II laki:
- *Suljetulla (virtapiirin) kierroksella potentiaalimuutosten summa on nolla*

$$\sum \Delta V = 0$$

- Kun virtapiirissä kierretään suljettu kierros, päädytään takaisin samaan potentiaaliin kuin mistä lähdettiin.
 - Vrt. juoksulenkki maastossa: Lopussa päädytään takaisin aloituskorkeuteen. Lenkillä on yhtä paljon nousumetrejä kuin laskumetrejä.
- Jännitelähteet nostavat potentiaalia yhtä paljon kuin muut komponentit (vastukset, lamput, jne.) laskevat potentiaalia eli aiheuttavat jännitehäviötä
- Kirchhoffin jännitelaki on seuraus energian säilymislaista (ks. oppikirja s. 96)
- Komponentin jännitehäviö voidaan laskea kaavalla $U = RI$



$$U_1 + U_2 - U_{L1} - U_{L2} - U_{L3} = 0$$

Potentiaalikuvaaja

- Virtapiirissä (suljetulla kierroksella) tapahtuvia potentiaalimuutoksia voidaan havainnollistaa *potentiaalikuvaajan* avulla (ks. oppikirja s. 99)
- Potentiaalikuvaaja esittää piiriin potentiaalın paikan funktiona valitun kiertosuunnan mukaisessa järjestyksessä

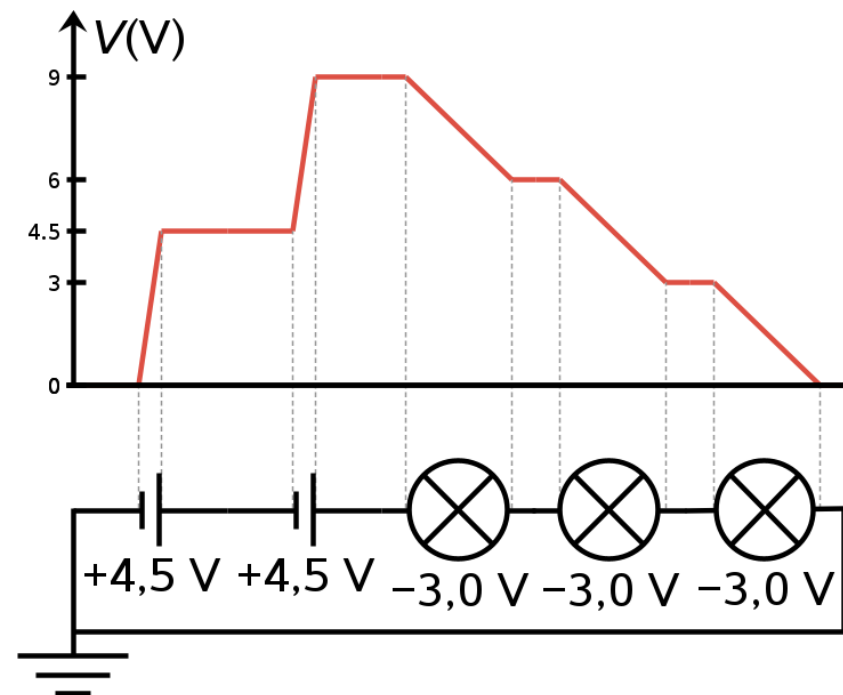
Esimerkki:

(Potentiaalikuvaaja tehty TI-Nspire:n Fysiikan piirto –lisäosalla.)

Virtapiirissä on kytketty sarjaan kaksi 4,5 V paristoa ja kolme samanlaista lamppua.

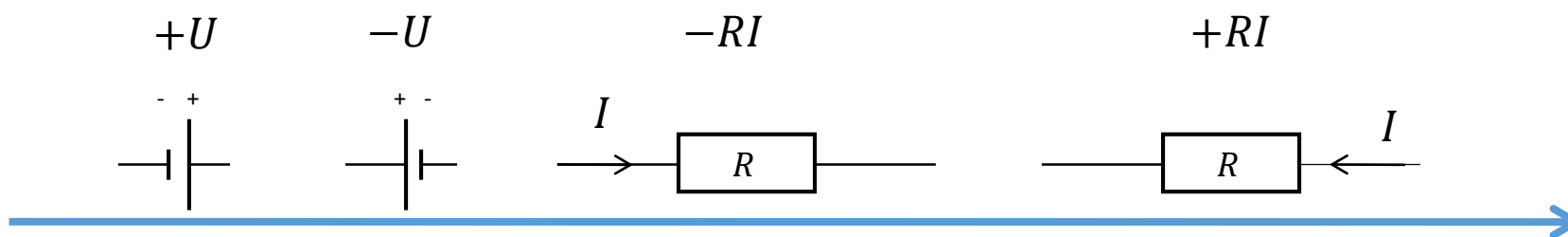
Paristot nostavat potentiaalın 9,0 volttiin. Koska lampuilla on sama resistanssi R ja niiden läpi kulkee sama sähkövirta I , täytyy niiden aiheuttamien jännitehäviöiden $U = RI$ olla yhtä suuria,

$$U = \frac{9,0 \text{ V}}{3} = 3,0 \text{ V}.$$



Virtapiirilaskujen suoritus vaiheittain

1. Valitse sähkövirran kiertosuunta, jos sitä ei ole jo merkitty kytkentäkaavioon
 - Jos suunta on valittu väärin, vastauksena saadaan negatiivinen virran arvo
2. Sovi virtapiirin kiertosuunta jokaiselle silmukalle erikseen
3. Mahdollisissa haarautumiskohdissa muodosta Kirchhoffin 1. lain mukaiset virtayhtälöt
4. Valitse suljetun virtapiirin kierron lähtöpiste (usein maadoituspiste)
5. Sovella Kirchhoffin 2. lakia niin moneen suljettuun virtapiirin kierrokseen, että saat riittävästi yhtälöitä kaikkien tuntemattomien suureiden laskemiseksi
 - Jokaisella suljetulla kierroksella potentiaalimuutosten summa on nolla!
 - Potentiaalimuutosten etumerkit kun tarkastelusuunta on oikealle:



t. 7.17, s. 105 (Yo-tehtävä K2018/7)

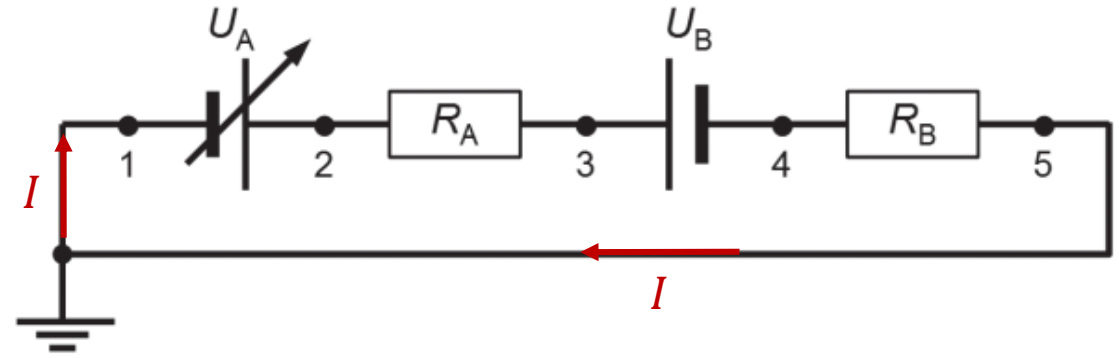
- a) Virta kiertää kuvassa myötäpäivään, koska jännitelähteen A lähdejännite $U_A = 6,0 \text{ V}$ on suurempi, kuin vastakkaiseen suuntaan kytketyn jännitelähteen B lähdejännite $U_B = 3,0 \text{ V}$.

Kierretään virtapiiriä maadoituskohdasta myötäpäivään suljettu kierros.

Kirchhoffin II lain mukaan potentiaalimuutosten summa suljetulla kierroksella on nolla. Vastukset aiheuttavat jännitehäviöt kaavan $U = RI$ mukaisesti.

$$U_A - R_A I - U_B - R_B I = 0$$

Yhtälöstä saadaan ratkaistua sähkövirta
 $I = 0,005454 \dots \text{ A}$.



$$R_A = 220 \Omega$$

$$R_B = 330 \Omega$$

| | |
|---|----------------------------------|
| <code>ua:=6*_V</code> | <code>6*_V</code> |
| <code>ub:=3*_V</code> | <code>3*_V</code> |
| <code>ra:=220*_ohm</code> | <code>220*_Ω</code> |
| <code>rb:=330*_ohm</code> | <code>330*_Ω</code> |
| <code>solve(ua-ra*i-ub-rb*i=0,i)</code> | <code>i=0.005454545455*_A</code> |
| <code>i:=0.0054545454545455*_A</code> | <code>0.005454545455*_A</code> |

Vastusten aiheuttamat jännitehäviöt (resistanssien suhteessa):

$$U_{R_A} = R_A I = 1,2 \text{ V}$$

$$U_{R_B} = R_B I = 1,8 \text{ V}$$

$r_a \cdot i$

1.2_V

$r_b \cdot i$

1.8_V

Potentiaalit pisteissä 1 – 5:

$$V_1 = 0,$$

$$V_2 = 6,0 \text{ V},$$

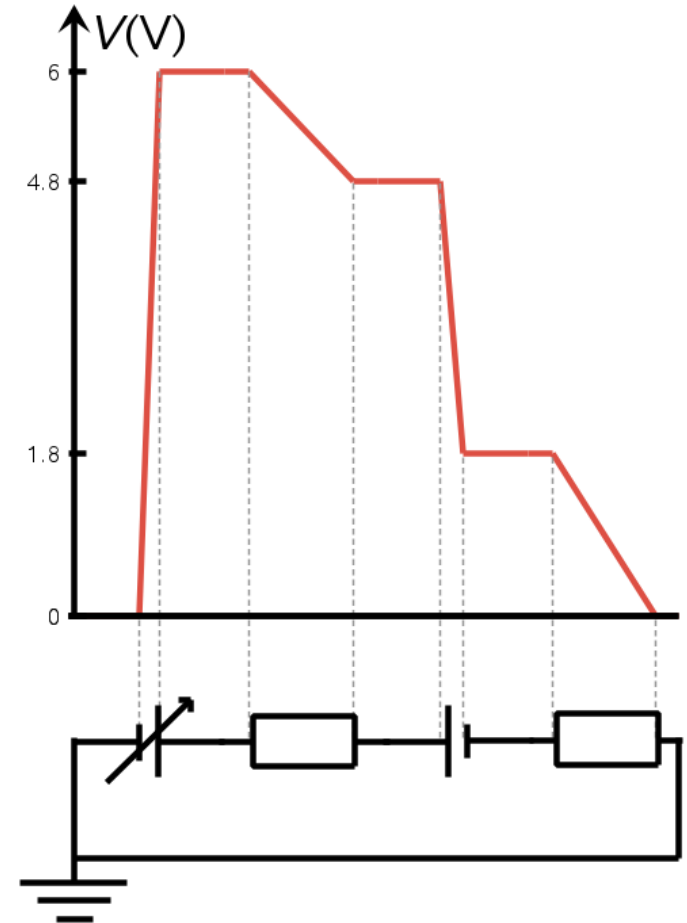
$$V_3 = 6,0 \text{ V} - 1,2 \text{ V} = 4,8 \text{ V},$$

$$V_4 = 4,8 \text{ V} - 3,0 \text{ V} = 1,8 \text{ V}$$

Vastakkaiseen suuntaan kytketty
jännitelähde laskee potentiaalia.

$$V_5 = 0 \text{ V} (= 1,8 \text{ V} - 1,8 \text{ V})$$

Potentiaalikuvaaja:



- b) Nyt virta kiertää vastapäivään, koska jännitelähteen A lähdejännite $U_A = 1,5 \text{ V}$ on pienempi, kuin vastakkaiseen suuntaan kytketyn jännitelähteen B lähdejännite $U_B = 3,0 \text{ V}$.

Kierretään edelleen virtapiiriä maadoituskohdasta myötäpäivään.

Kirchhoffin II lain mukaan:

$$U_A + R_A I - U_B + R_B I = 0$$

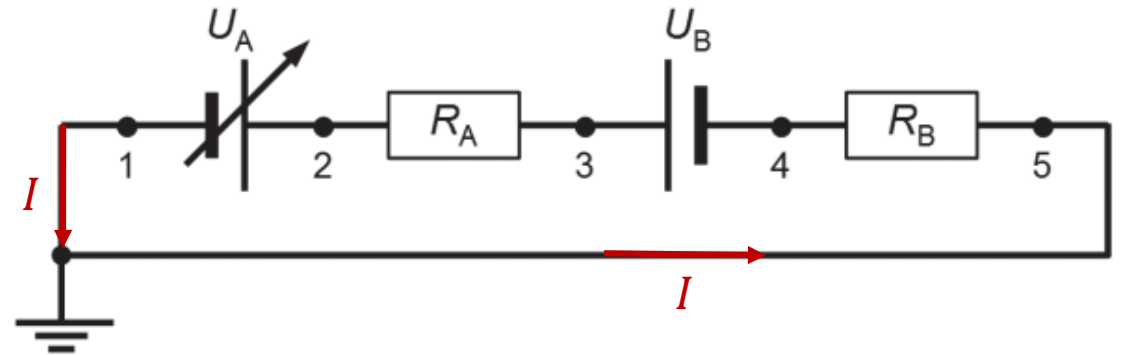
Yhtälöstä saadaan sähkövirraksi

$$I = 0,002727 \dots \text{ A.}$$

Vastusten aiheuttamat potentiaalimuutokset:

$$U_{R_A} = R_A I = 0,6 \text{ V}$$

$$U_{R_B} = R_B I = 0,9 \text{ V}$$



Nyt virtapiiriä kierretään virran kulkusuuntaa vastaan, joten vastusten potentiaalimuutokset positiivisia.

| | |
|--|------------------------------|
| $ua:=1.5 \cdot _V$ | $1.5 \cdot _V$ |
| $solve(ua+ra \cdot i-ub+rb \cdot i=0,i)$ | $i=0.002727272727 \cdot _A$ |
| $i:=0.0027272727272727 \cdot _A$ | $0.002727272727 \cdot _A$ |
| $ra \cdot i$ | $0.6 \cdot _V$ |
| $rb \cdot i$ | $0.9 \cdot _V$ |

Potentiaalit pisteissä 1 – 5:

$$V_1 = 0,$$

$$V_2 = 1,5 \text{ V},$$

$$V_3 = 1,5 \text{ V} + 0,6 \text{ V} = 2,1 \text{ V},$$

$$V_4 = 2,1 \text{ V} - 3,0 \text{ V} = -0,9 \text{ V}$$

$$V_5 = 0 \text{ V} (= -0,9 \text{ V} + 0,9 \text{ V})$$

Potentiaalikuvaaja:

