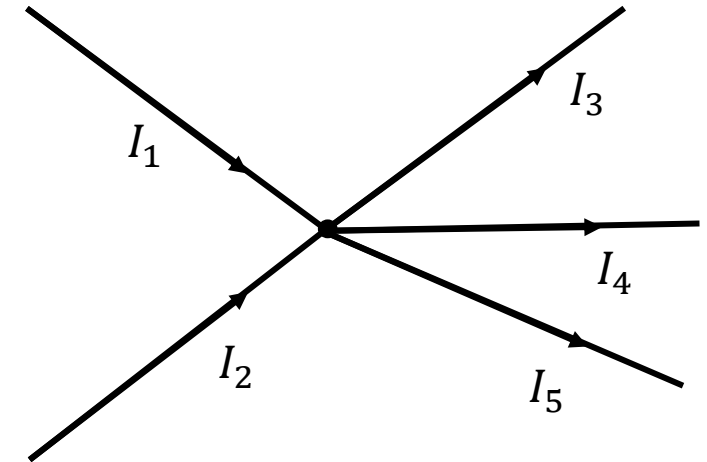


Kirchhoffin lait

- 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.
 - Analogiamallina veden virtaus putkistossa.

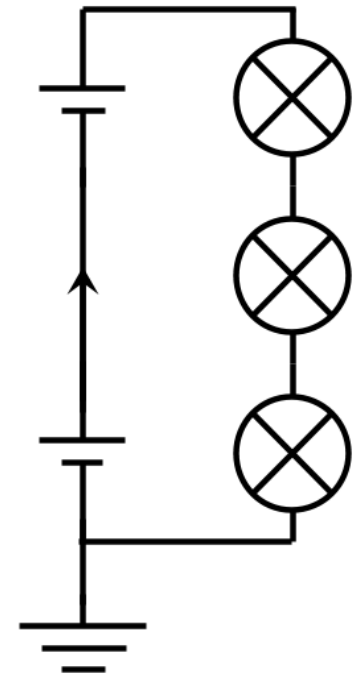


$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

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

$$\sum \Delta V = 0.$$

- Kirchhoffin jännitelaki on seuraus energian säilymislaista.
 - Ks. oppikirja s. 96.
- Kun virtapiirissä kierretään suljettu kierros, päädytään aina takaisin samaan potentiaaliin kuin mistä lähdettiin.
- Analogiamallina juoksulenkki maastossa: Lenkillä on aina yhtä paljon nousumetrejä kuin laskumetrejäkin. Lenkin lopuksi päädytään samalle korkeudelle kuin mistä lähdettiin.
- Jännitelähteet nostavat potentiaalia yhtä paljon kuin muut komponentit (vastukset, lamput, jne.) laskevat potentiaalia eli aiheuttavat jännitehäviötä.
- Komponentin aiheuttama jännitehäviö voidaan laskea kaavalla $U = RI$.



Potentiaalikuvaaja

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

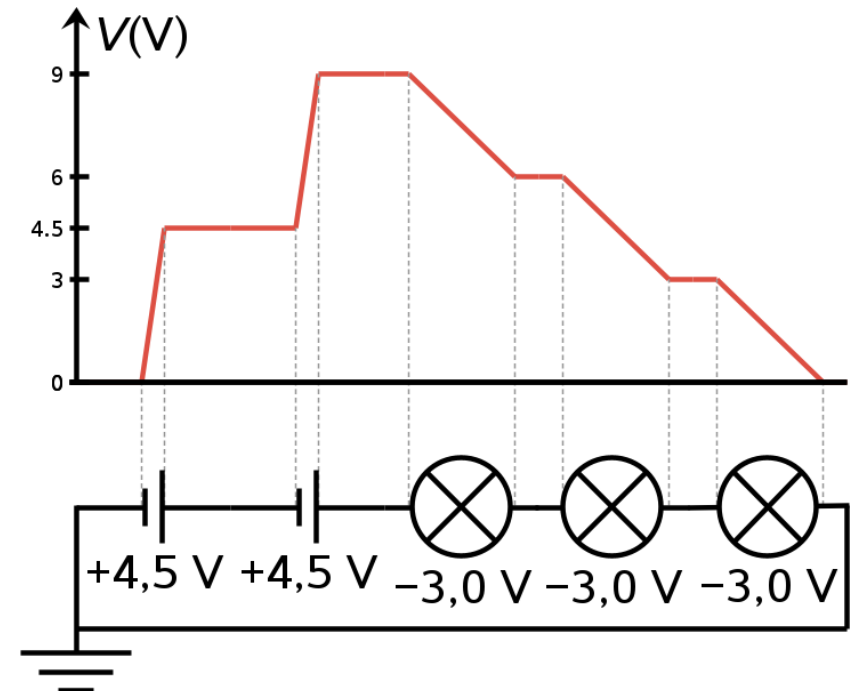
Esimerkki:

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

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

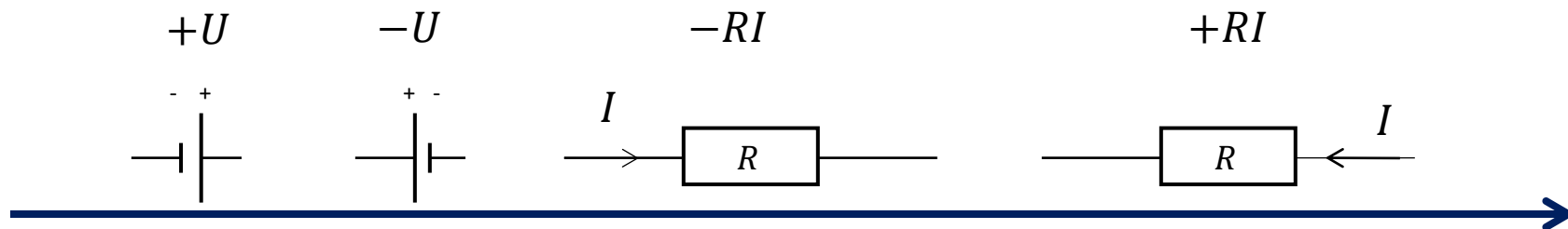
Paristot nostavat potentiaalin 9,0 volttiin. Koska lampuilla on sama resistanssi R ja niiden läpi kulkee sama sähkövirta I , täytyy niiden aiheuttamien jännitehäviöiden $U = RI$ olla yhtä suuria,

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



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)

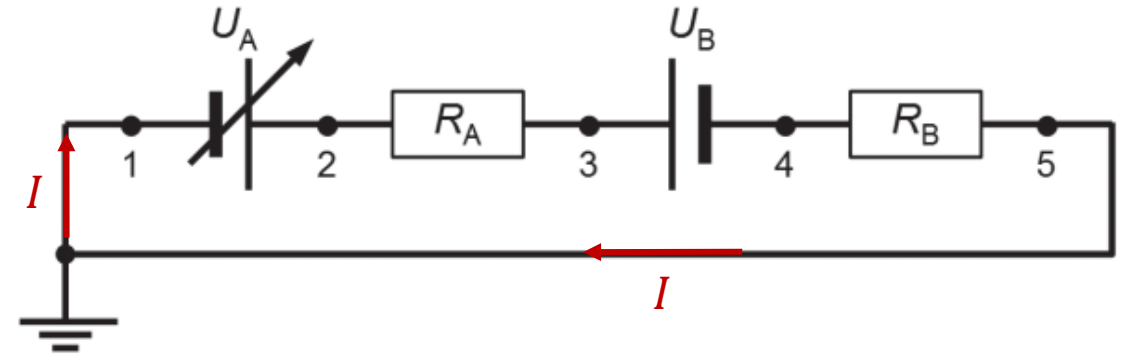
- a) Virta kiertää kuvassa myötäpäivään, koska jännitelähteen A lähdejännite $U_A = 6,0 \text{ V}$ on suurempi, kuin vastakkaiseen suuntaan kytketyn jännitelähteen B lähdejännite $U_B = 3,0 \text{ V}$.

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):

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

$r_a \cdot i$

$1.2 \cdot _V$

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

$r_b \cdot i$

$1.8 \cdot _V$

Potentiaalit pisteissä 1 – 5:

$$V_1 = 0,$$

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

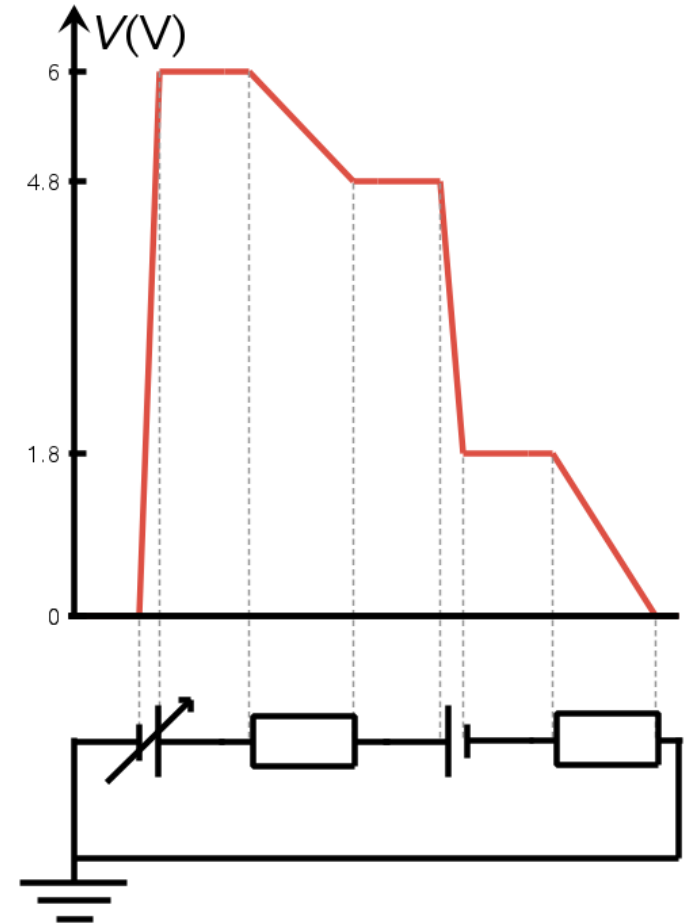
$$V_3 = 6,0 \text{ V} - 1,2 \text{ V} = 4,8 \text{ V},$$

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

Vastakkaiseen suuntaan kytketty
jännitelähde laskee potentiaalia.

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

Potentiaalikuvaja:



- 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:

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

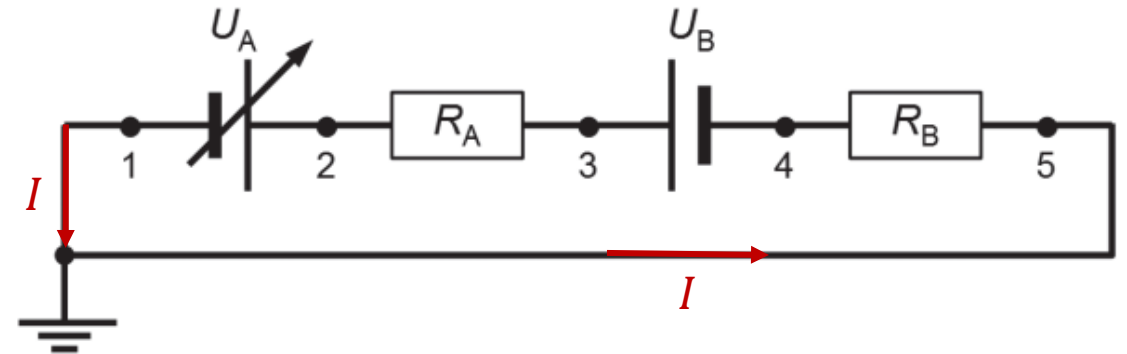
Yhtälöstä saadaan sähkövirraksi

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

Vastusten aiheuttamat potentiaalityönteokset:

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

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



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

<code>ua:=1.5*_V</code>	<code>1.5*_V</code>
<code>solve(ua+ra*i-ub+rb*i=0,i)</code>	<code>i=0.002727272727*_A</code>
<code>i:=0.0027272727272727*_A</code>	<code>0.002727272727*_A</code>
<code>ra*i</code>	<code>0.6*_V</code>
<code>rb*i</code>	<code>0.9*_V</code>

Potentiaalit pisteissä 1 – 5:

$$V_1 = 0,$$

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

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

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

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

Potentiaali kuvaaja:

