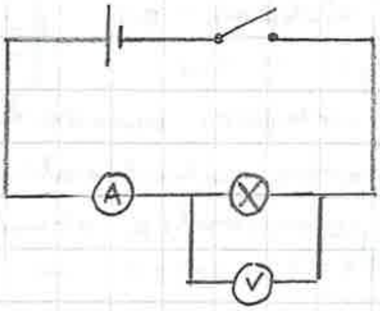
F16 RATKAISUT

2.1



1p/oikein sijoitettu komponentti

Jännitemittari sarjassa, −2p

2.2 virta $I = 0{,}24\,A$ ja jännite $U = 4{,}4\,V$

Ohmin lain mukaan resistanssi $R = U/I$ (3p)

$$= \frac{4{,}4\,V}{0{,}24\,A} = 18{,}33\ldots\,\Omega$$

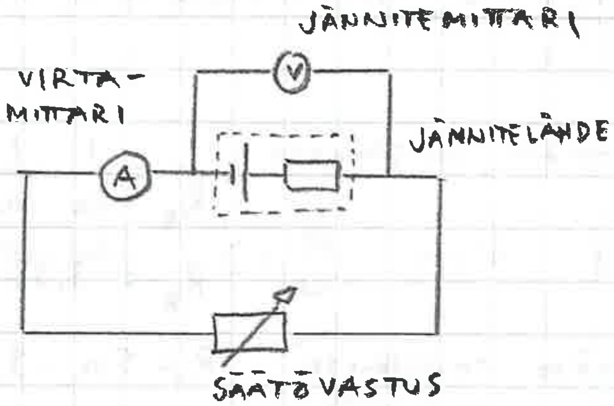
$$\approx \underline{\underline{18\,\Omega}}$$

Teho $P = UI$

$$= 4{,}4\,V \cdot 0{,}24\,A = 1{,}056\,W \approx \underline{\underline{1{,}1\,W}}$$ (2p)

(Oikea pyöristystarkkuus 1p)

3.1



KUVA (2p)

NIMET (2p)

3.2 Pariston sisäisten osien (komponenttien) aiheuttamaa vastusta sanotaan sisäiseksi resistanssiksi. (2p)
Mitä suurempi virta pariston läpi kulkee, sitä enemmän napajännite pienenee sisäisen resistanssi vuoksi napajännitteen kaavan $U = E - R_s I$ mukaan. (2p)

3.3 Sisäinen resistanssi on kulmakertoimen itseisarvo, koska $U = E - R_s I$ on suoran yhtälö. Siispä $R_s = |-0{,}2929\,V/A| \approx \underline{\underline{0{,}29\,\Omega}}$ (3p)
Lähdejännite E on vakiotermi, siis $E \approx 1{,}5\,V$ (2p)
Oikosulkuvirta saadaan, kun $U = 0\,V$ eli $I = \frac{E}{R_s} \approx 5{,}151\ldots\,A$ (2p)
$\approx \underline{\underline{5{,}2\,A}}$

4.1. Piirin kokonaisresistanssi $R = 5\Omega + 10\Omega = 15\Omega$

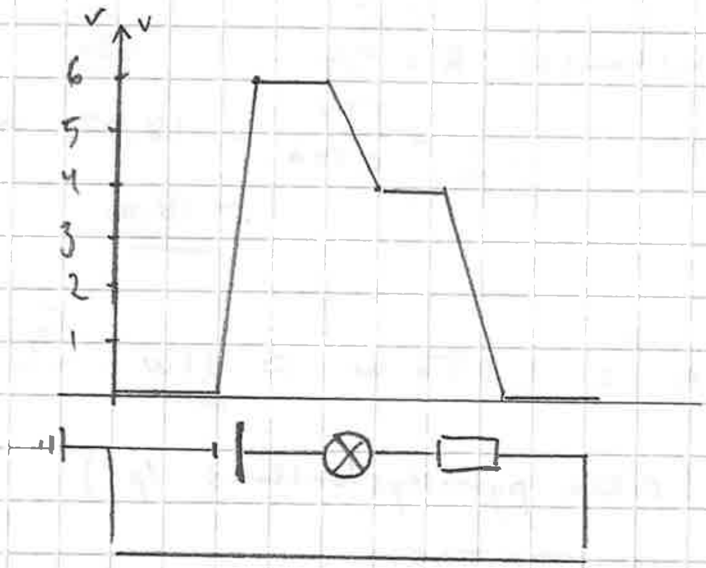
Virta ohmin lain mukaan on $I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{15\Omega} = 0{,}4A$

Kun kierretään virtapiiri maadoituspisteestä myötäpäivään, niin

Jännitelähde kasvattaa potentiaalia $0 \rightarrow 6V$

Lamppu alentaa potentiaalia ohmin lain mukaan $U = RI$
$= 5\Omega \cdot 0{,}4A$
$= 2V$

Vastus alentaa potentiaalin nolloon (suljettu kierros)



5p

4.2. Rinnan kytkennän resistanssi $\frac{1}{R_R} = \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{10\Omega} = \frac{3}{10\Omega} \quad \| (\,)^{-1}$

$R_R = 3{,}33\ldots\Omega$

Koko kytkennän resistanssi $R = 5\Omega + 3{,}33\ldots\Omega = 8{,}33\ldots\Omega$
$\approx 8\Omega$ 5p

4.3 Kokonaisvirta ohmin lain mukaan $I = \frac{U}{R} = \frac{6V}{8{,}33\Omega} = 0{,}720A$

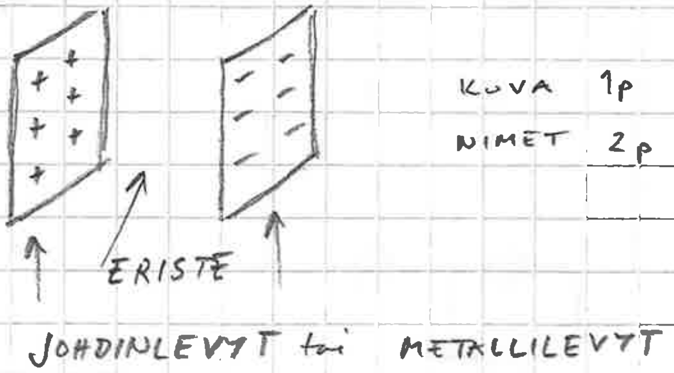
Rinnankytkennän jännitehäviö $U_R = R_R I = 3{,}33\ldots\Omega \cdot 0{,}720A$
$= 2{,}399\ldots V$

5Ω vastuksen läpi menee silloi virta $I = \frac{U_R}{R} = \frac{2{,}399\ldots V}{5\Omega}$

(Virran voi päätellä myöskin vastusten resistanssien suhteesta) 5p

$= 0{,}4799\ldots A$
$\approx 0{,}5A$

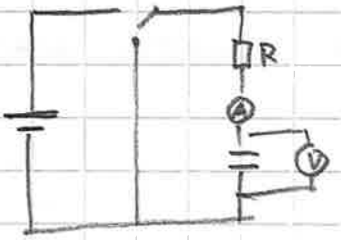
5.1



KUVA 1p

NIMET 2p

5.2



4p

5.3 $A = 0{,}036\ m^2$ $\quad d = 6{,}0\ mm$ $\quad \varepsilon_r = 80{,}10$ (tai 81

$\varepsilon_0 = 8{,}85\ldots \cdot 10^{-12}\ F/m$

Levykondensaattorin kapasitanssi $C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \dfrac{A}{d} \approx \underline{\underline{4{,}3\ nF}}$

5.4 $U = 4{,}5\ V$

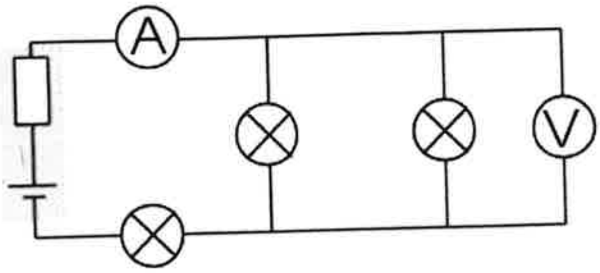
Kondensaattorilaki $C = \dfrac{Q}{U}$ mistä varaus $Q = CU$

$\approx 19\ nC$

Kondensaattorin energia $E = \frac{1}{2} QU \approx 43\ nJ$

6.1

RATKAISU



PISTEYTYS

- Lamput kytketty oikein (2 p.).
- Molemmat mittarit oikein (2 p.).

6.2

RATKAISU

$E = 9{,}0\ \mathrm{V}$
$R_s = 0{,}5\ \Omega$
$R = 20\ \Omega$

Virtapiirissä kulkeva virta saadaan Ohmin laista $U = RI$, josta virta $I = \frac{U}{R_{tot}}$.

Virtapiirissä on kaksi rinnan kytkettyä lamppua, jotka ovat sarjassa kolmannen lampun ja pariston sisäisen vastuksen kanssa. Määritetään kokonaisresistanssi.

$R_{tot} = R_s + R_3 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1}$ $= 30{,}5\ \Omega$

Tällöin piirissä kulkevalle virralle saadaan

$I = \frac{E}{R_{tot}} = \frac{E}{R_s + R_3 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1}}$

$I = \frac{9{,}0\ \mathrm{V}}{0{,}5\ \Omega + 20\ \Omega + \left(\frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{20\ \Omega}\right)^{-1}} = 0{,}29508...\ \mathrm{A} \approx 0{,}3\ \mathrm{A}$

PISTEYTYS

- Ohmin laki (1 p.).
- Kokonaisresistanssin lauseke symbolisesti (2 p.).
- Virran lauseke symbolisesti (2 p.).
- Lopputulos oikein (1 p.)

6.3

RATKAISU

Edellisessä kohdassa saimme koko virtapiirissä kulkevan virran suuruudeksi noin 0,3 ampeeria. Kirchhoffin I lain mukaan virtapiirin haaraumakohtaan tulevien virtojen summa on yhtä suuri, kuin siitä lähtevien virtojen summa.

Rinnankytketyissä vastuksissa jännitehäviö on jokaiselle vastukselle sama. Koska lamput ovat identtiset ja jännitehäviöt ovat samat, täytyy Ohmin lain $U = RI$ mukaan molempien lamppujen läpi kulkea sama virta.

Näin ollen molempien lamppujen läpi kulkee puolet koko piirin virrasta.

$\frac{1}{2} \cdot 0{,}29508...\ \mathrm{A} = 0{,}1475...\ \mathrm{A} \approx 0{,}15\ \mathrm{A}$

PISTEYTYS

- Kirchhoffin I laki mainittu (1 p.).
- Päätelty perustellen oikea virran suuruus (3 p.).

Siis koska $R_2 = R_3$ on

$I_2 = I_3$ ja

$I_1 = I_2 + I_3$

6.4) Edellisten kohtien mukaan alkuperäisessä kytkennässä sarjaan kytketyn lampun läpi menee virta $I_s = 0{,}295\ldots\,\mathrm{A}$ ja rinnan kytkettyjen lamppujen läpi $I_R = 0{,}1475\ldots\,\mathrm{A}$

Sarjaan kytkennässä kokonaisresistanssi olisi

$R_{kok} = \sum R_i = R_s + R_1 + R_2 + R_3 = 60{,}5\,\Omega$

ohmin lain mukaan virta $I = \frac{U}{R_{kok}} = \frac{9{,}0\,\mathrm{V}}{60{,}5\,\Omega} = 0{,}1487\ldots\,\Omega$

on kaikkien lamppujen läpi sama.

$\Rightarrow$ Alunperin rinnankytkettyjen lamppujen virta siis hieman kasvaa $\Rightarrow$ ne kirkastuvat

$\Rightarrow$ Alunperin sarjassa olleen lampun virta pienenee, eli se himmenee...

Huom! $\Rightarrow$ sähköteho määrää lampun kirkkauden ja $P = RI^2$

6.5) Jos kaikki lamput olisi rinnankytkennässä, olisi piirin kokonaisresistanssi $R_{kok} = R_s + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1} = 7{,}166\ldots\,\Omega$

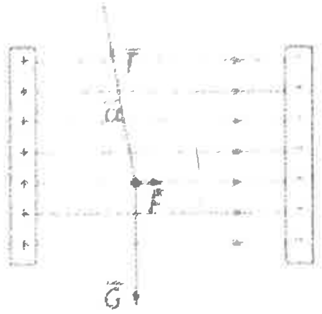
Ohmin lain mukaan virta $I = \frac{U}{R_{kok}} = 1{,}255\ldots\,\mathrm{A}$

$\Rightarrow$ Virta siis kasvaa jokaisen lampun läpi, eli kaikki lamput kirkastuvat.

$m = 13$ mg, $E = 4{,}0$ kV/cm $= 400$ kV/m, $\alpha = 2{,}5°$

t.7 oli kotitehtävä 3-16

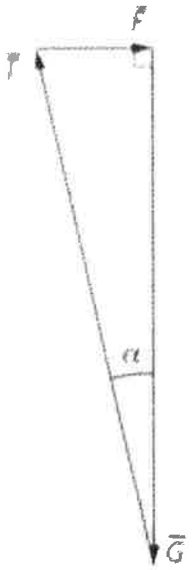
Piirretään kuva tilanteesta:



Silkki on eriste ja ohuen silkkilangan langan massa on vähäinen. Homogeenisessa sähkökentässä olevaan palloon kohdistuvat vaakasuora sähköinen voima $\vec{F}$, paino $\vec{G}$ ja langan tukivoima $\vec{T}$. Koska pallo on levossa, Newtonin II lain mukaan on $\Sigma\vec{F} = \vec{0}$ eli $\vec{T} + \vec{F} + \vec{G} = \vec{0}$

Suorakulmaisesta kolmiosta saadaan $\tan\alpha = \dfrac{F}{G}$ eli sähköisen voiman $\vec{F}$ suuruus on

$F = G \cdot \tan\alpha = mg \cdot \tan\alpha$.



Jos pallo on positiivisesti varattu, palloon kohdistuva sähköinen voima on sähkökentän kanssa samansuuntainen. Jos pallo on negatiivisesti varattu, palloon kohdistuva sähköinen voima on sähkökentän kanssa vastakkaissuuntainen. Pallon varaus voi olla positiivinen tai negatiivinen.

$$Q = \pm\frac{F}{E} = \pm\frac{mg\tan\alpha}{E} = \pm\frac{13\cdot10^{-6}\ \text{kg}\cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2\cdot\tan 2{,}5°}{400\ \text{kV/m}} \approx \pm 14\ \text{pC}$$

(Sähkökentässä olevaa palloa esittävässä piirroksessa palloon kohdistuvan sähköisen voiman suunta on sama kuin sähkökentän suunta, joten piirroksessa olevan pallon varaus on positiivinen.)