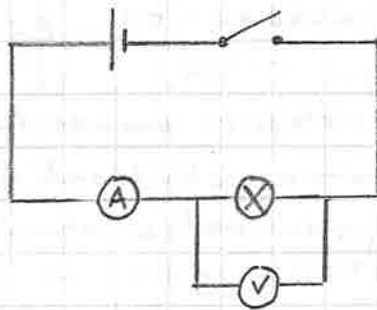


2.1



1p/oikein sijoitettu
komponentti

2.2

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

Ohmin lain mukaan resistanssi $R = \frac{U}{I}$ (3p)

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

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

Teho $P = UI$

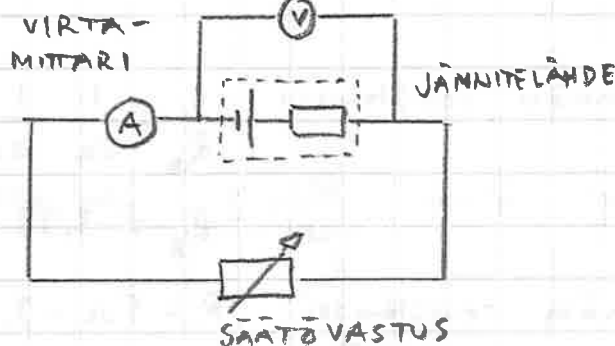
$$= 4,4 \text{ V} \cdot 0,24 \text{ A} = 1,056 \text{ W} \approx \underline{\underline{1,1 \text{ W}}}$$

(2p)

(Oikea pyöristystarkkuus 1p)

JÄNNITEMITTARI

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 napa-jännitteeseen kaavan $U = E - R_s I$ mukaan. (2p)

3.3

Sisäinen resistanssi on kulumakertoimen itseisarvo, koska $U = E - R_s I$ on suoran yhtälö. Siispä $R_s = |-0,2929 \text{ V/A}| \approx \underline{\underline{0,29 \Omega}}$ (3p)

Lähdejännite E on vakioarvo, siis $E \approx 1,5 \text{ V}$ (2p)

Oikosulkuvirta saadaan, kun $U = 0 \text{ V}$ eli $I = \frac{E}{R_s} \approx 5,151... \text{ A}$ (2p)

$$\approx \underline{\underline{5,2 \text{ A}}}$$

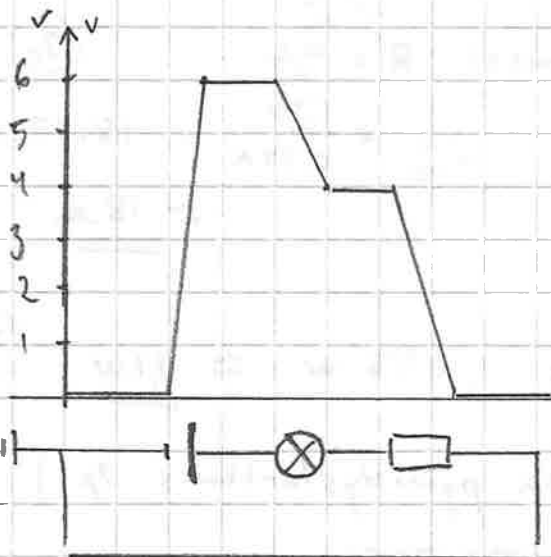
4.1. Piirin kokonaisresistanssi $R = 5\Omega + 10\Omega = 15\Omega$

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

Kun kierretään virtapiiri maadoitus pisteestä 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 nollaan (suljettu kierre)



(5p)

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

$$R_R = 3,33... \Omega$$

Koko kytkennän resistanssi $R = 5\Omega + 3,33... \Omega = 8,33... \Omega$
 $\approx \underline{\underline{8\Omega}}$ (5p)

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

Rinnan kytkennän jännitehäviö $U_R = R_R I = 3,33... \Omega \cdot 0,720A$
 $= 2,399... V$

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

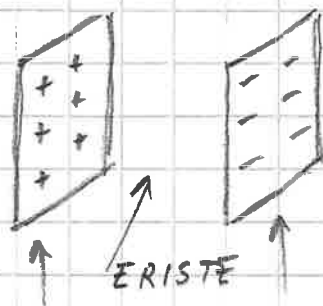
(Virran voi päätellä myöskin vastusten resistanssien suhteesta)

(5p)

$$= 0,4799... A$$

 $\approx \underline{\underline{0,5A}}$

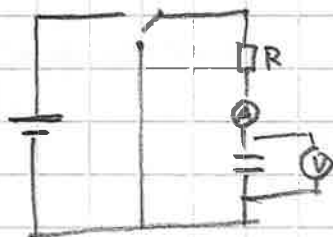
5.1



KUVA 1p
NIMET 2p

JOHDINLEVYT tai METALLILEVYT

5.2



4p

5.3

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

$$\epsilon_0 = 8,85 \dots \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

Levykondensaattorin kapasitanssi $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \approx \underline{\underline{4,3 \text{ nF}}}$

5.4

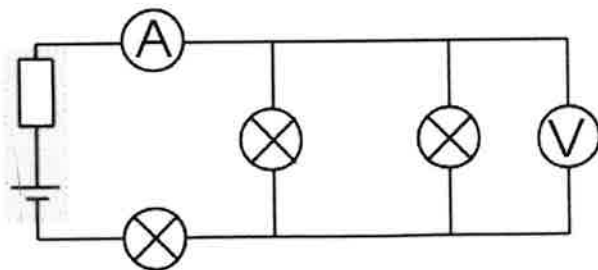
$$U = 4,5 \text{ V}$$

Kondensaattorilaki $C = \frac{Q}{U}$ mistä varaus $Q = CU$
 $\approx 19 \text{ nC}$

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

6.1

RATKAISU



PISTEYTYYS

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

6.2

RATKAISU

$$E = 9,0 \text{ V}$$

$$R_s = 0,5 \text{ } \Omega$$

$$R = 20 \text{ } \Omega$$

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.

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

Tällöin piirissä kulkevalle virralle saadaan

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

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

PISTEYTYYS

- 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 haaraumaan 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.

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

PISTEYTYYS

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

6.4

RATKAISU

Jos kaikki lamput olisi kytketty sarjaan, olisi piirin kokonaisresistanssi suurempi, kuin alkuperäisellä kytkennällä.

Alkuperäisessä kytkennässä kokonaisresistanssi

$$R_{tot} = R_s + R_3 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = 0,5 \, \Omega + 20 \, \Omega + \left(\frac{1}{20 \, \Omega} + \frac{1}{20 \, \Omega} \right)^{-1} = 30,5 \, \Omega$$

Jos kaikki lamput olisivat sarjassa on kokonaisresistanssi

$$R_{tot, sarja} = R_s + R_1 + R_2 + R_3 = 60,5 \, \Omega$$

Kirchhoffin II lain mukaan suljetun virtapiirin yli potentiaalien summa täytyy olla nolla. Paristo nostaa piirin potentiaalin 9,0 volttiin, joten vastusten on suoritettava yhteensä 9,0 voltin jännitehäviö.

Ohmin lain mukaan

$U = RI$. Mitä suurempi piirin resistanssi on, sitä pienempi on piirissä kulkeva virta.

Kytettäessä kaikki lamput sarjaan, kasvaa piirin kokonaisresistanssi ja näin ollen virta pienenee.

PISTEYTYS

- Verrattu resistansseja (1 p.).
- Mainittu Kirchhoffin II laki (1 p.).
- Perusteltu pienempi virta (1 p.).

→ LAMPUT PALAVAT
HIMMEÄMMIN

RATKAISU

Jos kaikki lamput olisi kytketty rinnan, olisi koko piirin resistanssi pienempi kuin alkuperäisellä kytkennällä.

Alkuperäinen piirin kokonaisresistanssi on edellisestä osatehtävästä $R_{tot} = 30,5$

Lamppujen ollessa rinnan, on kokonaisresistanssi

$$R_{tot, rinnan} = R_{sis} + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1} = 7,1666... \, \Omega \approx 7,2 \, \Omega.$$

Kirchhoffin II lain mukaan suljetun virtapiirin yli potentiaalien summa täytyy olla nolla. Paristo nostaa piirin potentiaalin 9,0 volttiin, joten vastusten on suoritettava yhteensä 9,0 voltin jännitehäviö.

Ohmin lain mukaan

$U = RI$. Mitä pienempi piirin resistanssi on, sitä suurempi on piirissä kulkeva virta.

Lamppujen ollessa rinnan kytkettynä on virta suurempi, kuin alkuperäisessä kytkennässä.

PISTEYTYS

- Verrattu resistansseja (1 p.).
- Mainittu Kirchhoffin II laki (1 p.).
- Perusteltu suurempi virta (1 p.).

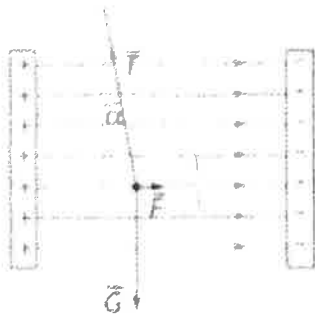
→ LAMPUT PALAVAT
KIRKKAAMMIN

6.5

$$m = 13 \text{ mg}, E = 4.0 \text{ kV/cm} = 400 \text{ kV/m}, \alpha = 2.5^\circ$$

t.7 oh' Kotitehtävä
3-16

Piirretään kuva tilanteesta:



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

Suorakulmaisesta kolmiosta saadaan $\tan \alpha = \frac{F}{G}$ eli sähköisen voiman F suuruus on $F = G \tan \alpha = mg \tan \alpha$.



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 vastakkaisuuntainen. Pallon varaus voi olla positiivinen tai negatiivinen.

$$Q = \pm \frac{F}{E} = \pm \frac{mg \tan \alpha}{E} = \pm \frac{13 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot \tan 2.5^\circ}{400 \text{ kV/m}} \approx \pm 14 \text{ pC}$$

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