

RATK. Fy3 /-17

## I-osan tehtävät

Monivalintatehtävä arvioidaan automaattisesti. Koetta laadittaessa oikea vaihtoehto on ensimmäisenä. Koetilanteessa jokaiselle opiskelijalle arvotaan valintojen järjestys.

1. Valitse oikea vaihtoehto

1.1 Kuvassa on kaksi positiivista pistevarausta.



varaukset1.png

Miten varaukset vaikuttavat toisiinsa?

Varaukset hylkivät toisiaan.

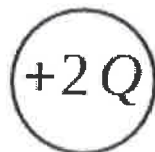
Varaukset vetävät toisiaan puoleensa.

Varaukset eivät vaikuta toisiinsa.

1.2 Kuvassa on kaksi varattua palloa A ja B, joiden varaukset ovat  $+2Q$  ja  $-Q$ .

A

B



varaukset2.png

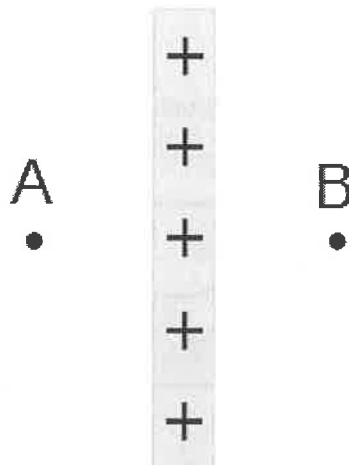
Palloihin vaikuttavat yhtä suuret vastakkaissuuntaiset voimat.

Palloon A vaikuttava voima on kaksinkertainen palloon B vaikuttavaan voimaan verrattuna.

Palloon B vaikuttava voima on kaksinkertainen palloon A vaikuttavaan voimaan verrattuna.

Pallot eivät vaikuta toisiinsa.

1.3 Kuvassa on positiivisesti varattu johdelevy. Pisteet A ja B ovat yhtä kaukana johdelevystä.



johdelevy.png

Sähkökentän suunta on pisteessä A vasemmalle ja pisteessä B oikealle.

Sähkökentän suunta on pisteessä A oikealle ja pisteessä B vasemmalle.

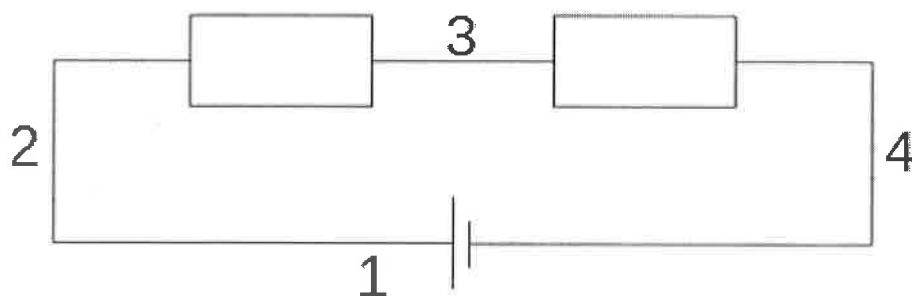
Sähkökentän suunta on pisteessä A vasemmalle ja pisteessä B vasemmalle.

Sähkökentän suunta on pisteessä A oikealle ja pisteessä B oikealle.

Sähkökentän suunta on pisteessä A vasemmalle. Pisteessä B ei ole sähkökenttää.

Sähkökentän suunta on pisteessä B oikealle. Pisteessä A ei ole sähkökenttää.

1.4 Kuvan virtapiirissä on kaksi samanlaista vastusta.



virtapiiri1.png

Missä kohdassa virtapiiriä on suurin sähkövirta?

Sähkövirta on kaikissa kohdissa yhtä suuri.

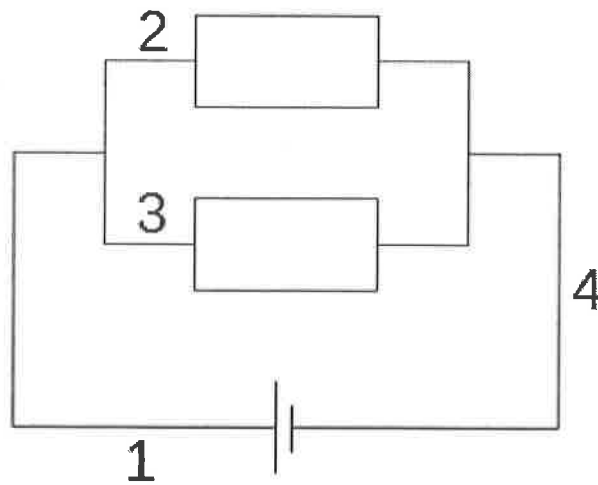
1

2

3

4

1.5 Kuvan virtapiirissä on kaksi samanlaista vastusta.



virtapiiri2.png

Missä kohdassa virtapiiriä on suurin sähkövirta?

1 ja 4

2 ja 3

1

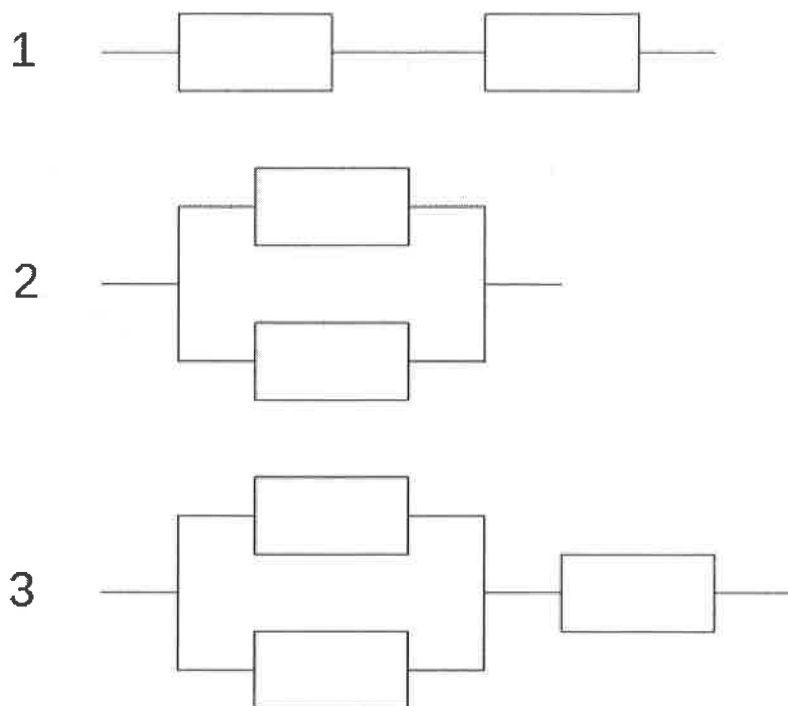
2

3

4

Sähkövirta on kaikissa kohdissa yhtä suuri.

1.6 Kuvan kytkennöissä kaikki vastukset ovat samanlaisia.

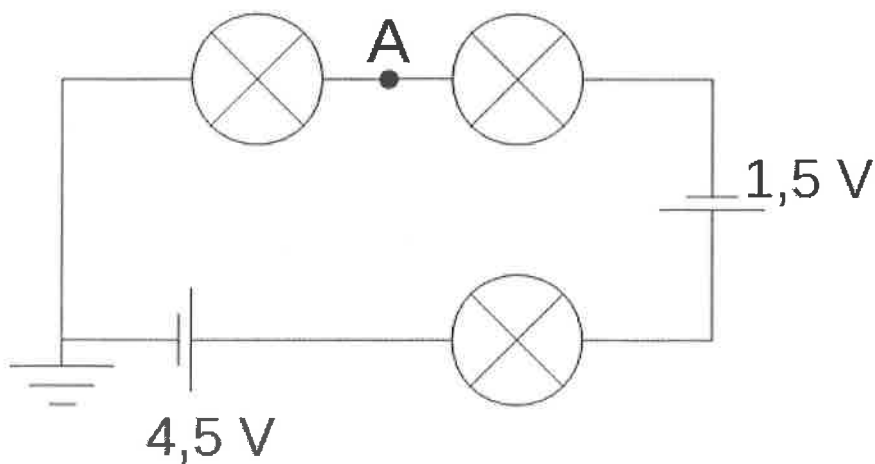


vastuskytkennat.png

Missä kytkennöistä on suurin resistanssi?

- 1
- 2
- 3

1.7 Kuvan kytkennässä lamput ovat samanlaisia. Paristojen sisäiset resistanssit ovat pienet.



virtapiiri3.png

Mikä on pisteen A potentiaali?

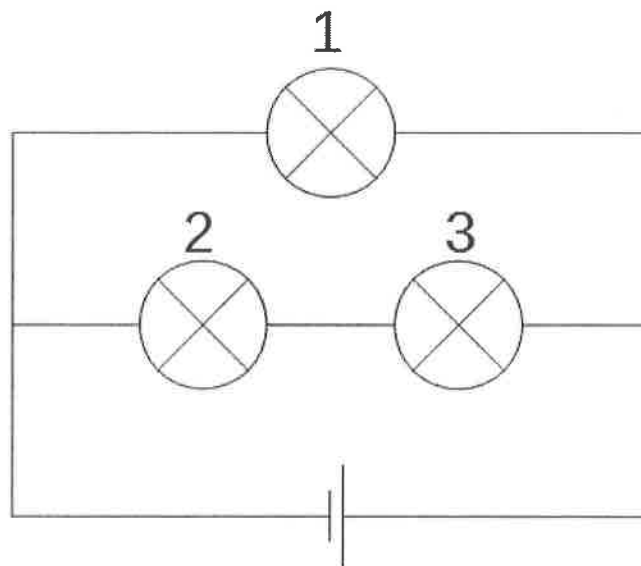
1,0 V

2,0 V

0 V

-1,0 V

1.8 Kuvassa olevat lamput ovat samanlaisia. Pariston sisäinen resistanssi on pieni.



virtapiiri4.png

Mikä lamppu palaa kirkkaimmin?

1

2

3

2 ja 3

Kaikki lamput palavat yhtä kirkkaasti.

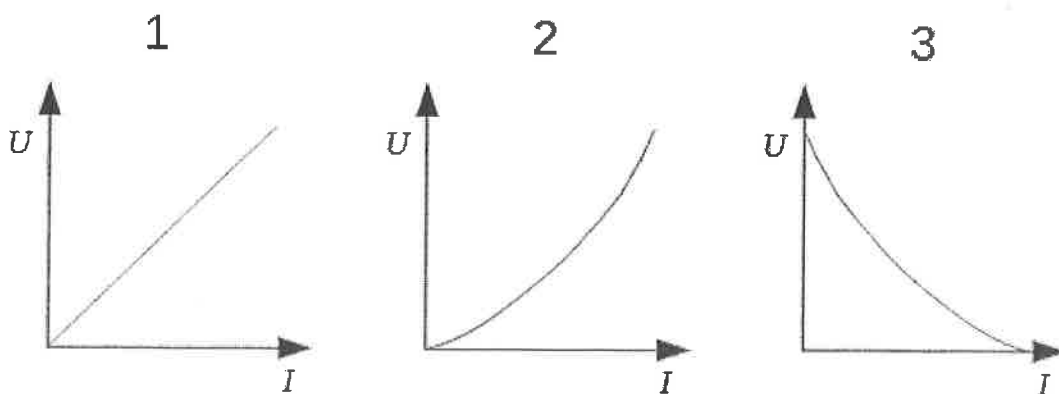
1.9 Levykondensaattorin levyjen välissä on muovilevy.



levykondensaattori.png

Kun muovilevy poistetaan, levykondensaattorin kapasitanssi  
pienenee  
suurenee  
ei muutu

1.10 Mikä kuvaajista esittää parhaiten hehkulampun napojen välisen jännitteen ja sähkövirran riippuvuuden?



kuvaajat.png

2

1

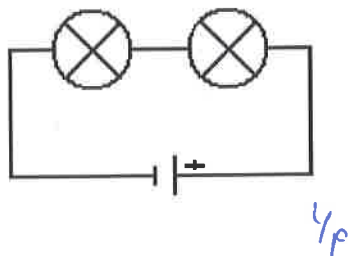
3

2 a) Piirrä kytkentäkaavio, jossa kaksi lamppua on kytketty pariston kanssa sarjaan. (4 p.)

b) Oppilastyössä mitataan vastuksen jännitehäviö ja vastuksessa kulkeva sähkövirta. Työssä käytetään säädettävää jännitelähdettä. Piirrä mittauksen kytkentäkaavio. (6 p.)

Ratkaisu

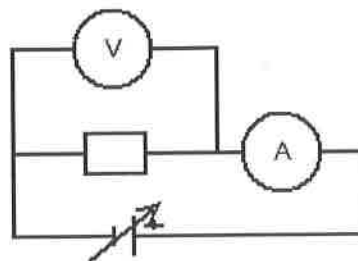
a)



4p

lamput rinnan - 2p

b)



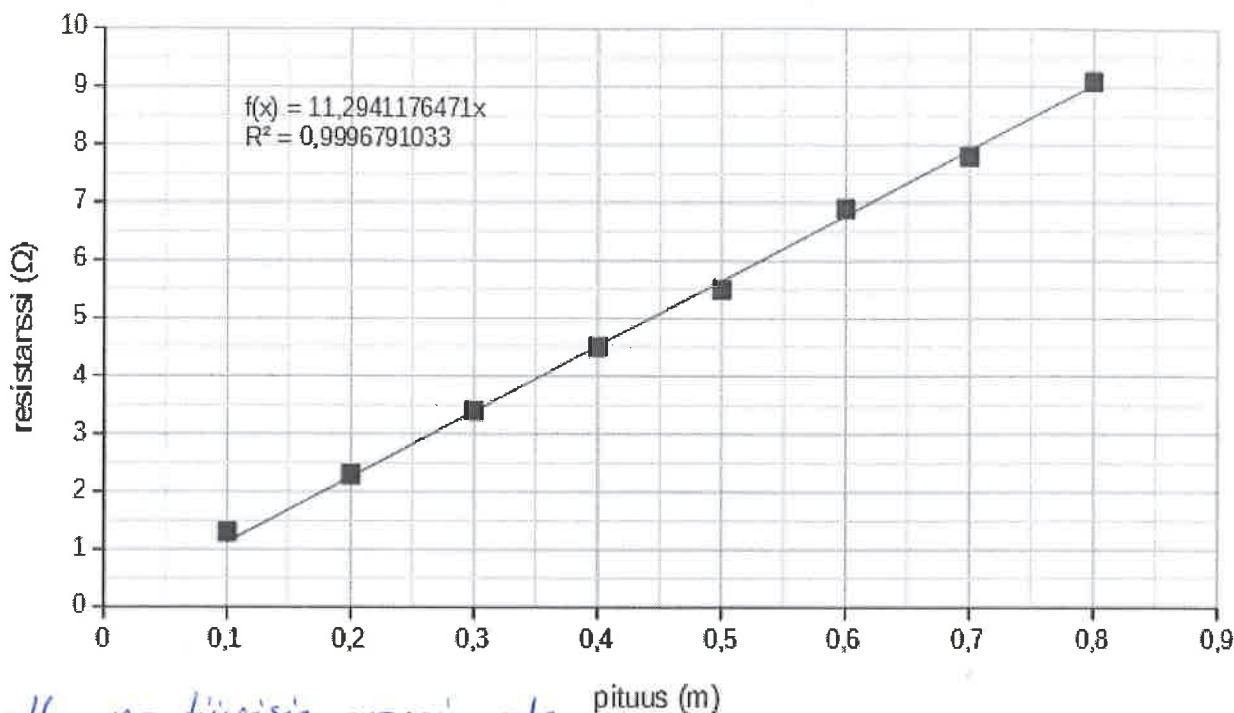
6p

mittarit puuttuu - 4p  
virtamittari väärin - 2p  
vastus puuttuu - 2p  
säädettävä jännitelähde 1p

### 3. Ratkaisu

a)

Johdinlangan resistanssi johtimen pituuden funktiona



Suoralla negatiivisia arvoja -1p  
mittauspisteet ei näy -2p

b) Mittauspisteisiin voidaan sovittaa origon kautta kulkeva suora, joten resistanssi on suoraan verrannollinen johtimen pituuteen. 2p

c) Johdinlangan resistanssi on  $R = \rho \frac{l}{A} = \frac{\rho}{A} l$  1p

Tästä nähdään, että mittauspisteisiin sovitettun suoran fysikaalinen kulmakerroin on  $k = \frac{\rho}{A}$

Kuvaajasta nähdään, että  $k = 11,294 \frac{\Omega}{m}$

Resistiivisyys on siten  $\rho = kA = k\pi r^2 = k\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2$

pinta-ala oikein neliö-  
metreinä 1p

$$\rho = 11,294 \frac{\Omega}{m} \cdot \pi \left( \frac{0,40 \cdot 10^{-3} m}{2} \right)^2 = 1,419 \cdot 10^{-6} \Omega m \approx 1,4 \cdot 10^{-6} \Omega m$$

Ei käytetty  
kulmakerrointa -2p

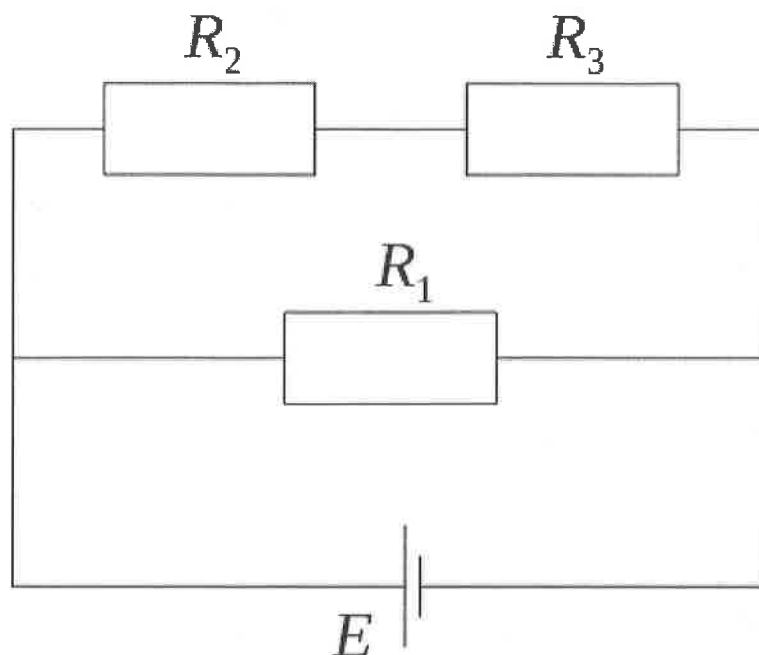
TAI

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad || \cdot A \quad || : l$$

$$\rho = \frac{RA}{l} \quad \text{missä} \quad \frac{R}{l} = \text{suoran kulmakerroin } k$$

$$\text{eli} \quad \rho = kA = \dots \quad (\text{kuten edellä})$$

4. Kuvan kytkennässä on kolme samanlaista vastusta. Vastuksen  $R_1$  läpi kulkee  $0,32\text{ A}$  sähkövirta. Pariston lähdejännite on  $4,5\text{ V}$ . Pariston sisäinen resistanssi on pieni.



virtapiiri5.png

- Laske vastuksen  $R_1$  resistanssi. (4 p.)
- Laske vastusten  $R_2$  ja  $R_3$  läpi kulkevat sähkövirrat. (6 p.)
- Vastus  $R_3$  poistetaan kytkennästä. Kuinka suuret sähkövirrat kulkevat vastusten  $R_1$  ja  $R_2$  läpi? (5 p.)

4. Ratkaisu

- Vastuksen  $R_1$  jännitehäviö on sama kuin pariston lähdejännite  $U_1 = E = 4,5\text{ V}$ . Vastuksen läpi kulkeva sähkövirta on  $I_1 = 0,32\text{ A}$ . Vastuksen resistanssi on

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}$$

$$R_1 = 14,0625\ \Omega \approx 14\ \Omega$$

- Vastukset  $R_2$  ja  $R_3$  on kytketty sarjaan, joten niiden läpi kulkee sama virta  $I$ . Vastuksilla on sama resistanssi  $R_2 = R_3 = R_1 = R$ . Sarjaan kytkettyjen vastusten resistanssi on  $R_{23} = 2R$ . Vastusten sarjakytkennän jännitehäviö  $U_{23}$  on sama kuin pariston lähdejännite  $E$ . Vastusten läpi kulkeva sähkövirta on

$$I = \frac{U_{23}}{R_{23}} = \frac{E}{2R}$$

$$I = \frac{4,5 \text{ V}}{2 \cdot 14,0625 \Omega} = 0,16 \text{ A}$$

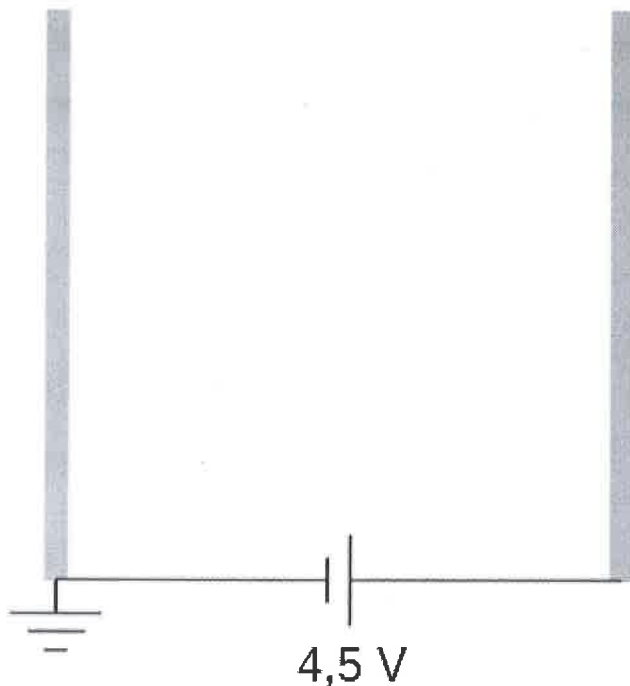
Kaavan ratkaisu 2 p  
Kokonaisresistanssi 3 p  
Vastaus 1 p

c) Rinnankytkettyjen vastusten  $R_1$  ja  $R_2$  jännitehäviö on sama kuin pariston lähdejännite.

Vastuksilla on sama resistanssi, joten niiden läpi kulkee yhtä suuri sähkövirta

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{14,0625 \Omega} = 0,32 \text{ A}$$

5. Laajat yhdensuuntaiset johdelevyt on kytketty kuvan mukaisesti 4,5 V paristoon. Levyjen välinen etäisyys on 5,0 cm.



johdelevyt.png

Kuva on myös tiedostossa johdelevyt.odg

- Piirrä kuvaan levyjen välinen sähkökenttä. (4 p.)
- Laske levyjen välisen sähkökentän voimakkuus. (3 p.)
- Mitkä ovat levyjen potentiaalit? (4 p.)
- Merkitse kuvaan kohdat, joissa potentiaali on 2,7 V (4 p.)

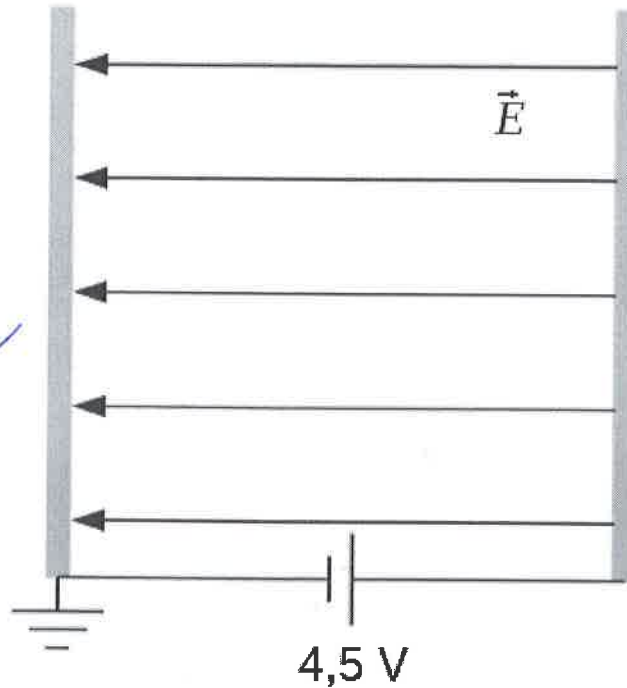
## 5. Ratkaisu

a) Laajojen yhdensuuntaisten johdelevyjen välillä on homogeeninen sähkökenttä.

- kenttäviivat tasoisia  
välillä 2p

- oikeasuunta 2p

4p



b) Levyjen välinen jännite on  $U = Ed$ . Sähkökentän voimakkuus on

$$E = \frac{U}{d} = \frac{4,5 \text{ V}}{0,050 \text{ m}} = 90 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

1p 2p

3p

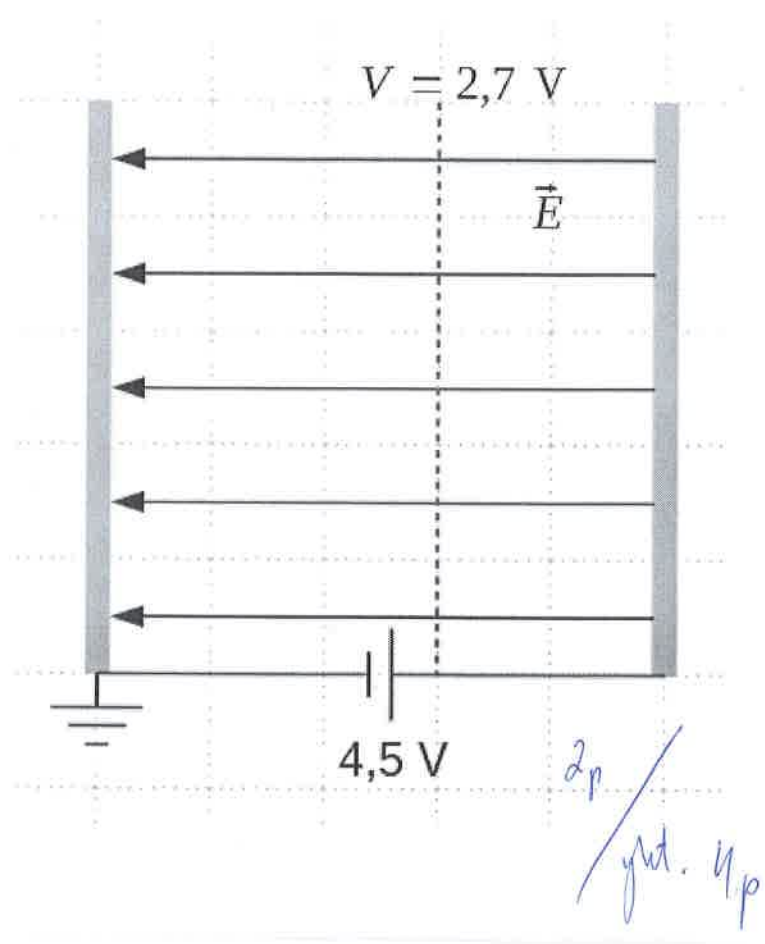
c) Vasemmanpuoleinen levy on maadoitettu, joten sen potentiaali on 0 V. Levyjen välinen potentiaaliero on jännite, joten oikeanpuoleisen levyn potentiaali on 4,5 V.

2p 4p

d) Potentiaali on  $V = Ex$ , missä  $x$  on etäisyys potentiaalin nollatasosta. Etäisyys

$$\text{maadoitetusta levystä on } x = \frac{V}{E} = \frac{2,7 \text{ V}}{90 \text{ V/m}} = 0,030 \text{ m} = 3,0 \text{ cm}$$

2p



- 6 a) LED on puolijohdekomponentti. Mitä tarkoittaa puolijohde? (2 p.)
- b) Mitä tarkoittaa puolijohteen seostaminen? (2 p.)
- c) Miksi puolijohteita seostetaan? (1 p.) 2 p
- d) Mitä ovat n-tyypin ja p-tyypin puolijohteet? (4 p.)
- e) Lukiolainen halusi laittaa mopoautoonsa valkoisia LED-valoja, joiden kynnysjännite on 4,0 V. Mitä kynnysjännite tarkoittaa? (2 p.)
- f) LEDiä ei voi kytkeä suoraan jännitejäljenteeseen. Miksi LED tarvitsee etuvastuksen? (2 p.)
- g) Kuinka suuri etuvastuksen resistanssin on oltava, jos mopoauton akusta otetaan kytkentään 12 V jännite. Käytettävän LEDin kynnysjännite on 4,0 V. LED kestää 30 mA sähkövirran. (3 p.)
- h) Lukiolaisella ei ollut vastuksia, joten hän keksi kytkeä LEDjä sarjaan ilman etuvastusta. Kuinka monta valkoista LEDiä kytkentään tarvitaan? (3 p.)

#### Ratkaisu

- a) Puolijohde on materiaali, jonka sähkönjohtavuus on pienempi kuin johteella, mutta suurempi kuin eristeellä. (2 p.)
- b) Seostamisessa puolijohteseen lisätään toisen aineen atomeja eli epäpuhtausatomeja. (2 p.)
- c) Seostamalla puolijohteen sähkönjohtavuus paranee. (2 p.)
- d) N-tyypin puolijohteen epäpuhtausatomin ulkokuorella on yksi elektroni enemmän kuin puolijohteen atomin ulkokuorella. Tämä elektroni toimii negatiivisena varauksenkuljettajana. (2 p.)  
P-tyypin puolijohteen epäpuhtausatomin ulkokuorella on yksi elektroni vähemmän kuin puolijohteen atomin ulkokuorella. Atomien välisiin sidoksiin jää aukko, joka käyttäytyy kuin positiivinen varauksenkuljettaja. (2 p.)
- e) Kynnysjännite on minimijännite, joka tarvitaan, jotta sähkövirta kulkee LEDin läpi. (2 p.)
- f) Kynnysjännitettä suuremmilla jännitteillä LEDin läpi kulkevan sähkövirran suuruus kasvaa voimakkaasti. Liian suuri virta rikkoo LEDin. Etuvastuksella piennennetään LEDin jännite kynnysjännitteen suuruiseksi. (2 p.)
- g) Etuvastuksen ja LEDin jännitehäviö on yhtä suuri kuin akun jännite.

$$U_{\text{vastus}} + U_{\text{LED}} = U \quad (1 \text{ p.})$$

Etuvastuksen jännitehäviö on

$$U_{\text{vastus}} = U - U_{\text{LED}} = 12 \text{ V} - 4,0 \text{ V} = 8,0 \text{ V} \quad (1 \text{ p.})$$

Etuvastuksen resistanssi on

$$R = \frac{U}{I} = \frac{8,0 \text{ V}}{0,030 \text{ A}} = 266,66 \, \Omega \approx 270 \, \Omega \quad (1 \text{ p.})$$

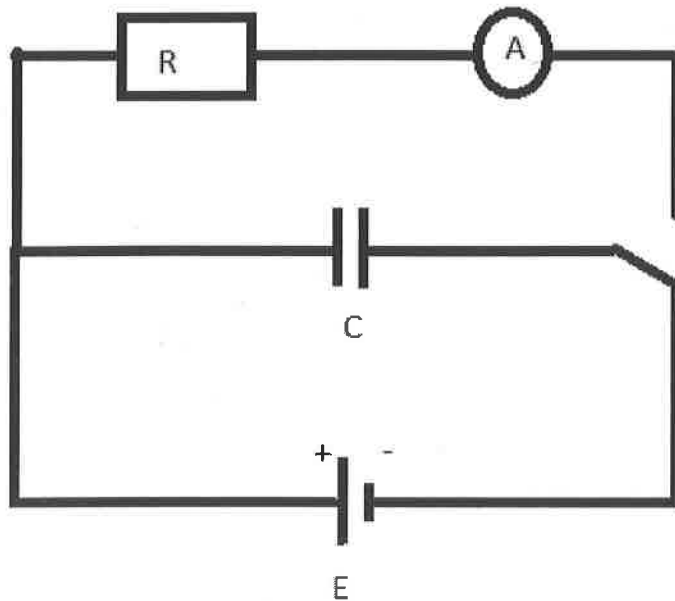
h) Sarjaankytketyissä LEDeissä tapahtuva jännitehäviö on yhtä suuri kuin akun jännite.

$$n U_{\text{LED}} = U$$

$$n = \frac{U}{U_{\text{LED}}} = \frac{12 \text{ V}}{4,0 \text{ V}} = 3 \quad (3 \text{ p.})$$

Tehtävä 7

- a) Kytkennässä ei tarvitse näkyä purkauspuolta, siis vastusta R eikä ampeerimittaria A.



- b) Varaus voidaan määrittää  $(t, I)$ -koordinaatistossa fysikaalisena pinta-alana. Käyrän ja akseleiden väliin jää ruutuja  $5 + 7/2 = 8,5$ .

Yhden ruudun fysikaalinen pinta-ala on  $1,0 \text{ ms} \cdot 1,0 \text{ mA} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ As} = 1,0 \mu\text{C}$ .

Kokonaisvaraus on siis  $8,5 \cdot 1,0 \mu\text{C} = \underline{8,5 \mu\text{C}}$ .

- c)

$$U = 9,0 \text{ V ja } Q = 8,5 \mu\text{C}$$

$$\text{Kondensaattorilain mukaan } C = \frac{Q}{U}$$

$$\text{mistä saadaan } C = 0,9444... \mu\text{F} \approx 0,94 \mu\text{F}$$

- d) Täyteen ladatun kondensaattorin jännite  $U = 9,0 \text{ V}$  ja tätä vastaava virta  $I = 5,5 \text{ mA}$

$$\text{Ohmin lain mukaan } R = \frac{U}{I}$$

$$\text{mistä saadaan } R = 1636,36... \Omega \approx 1,6 \text{ k}\Omega$$

- e)

$$\text{Kondensaattorin energia } E = \frac{1}{2} CU^2$$

$$\text{missä } C = 0,944... \mu\text{F ja } U = 9,0 \text{ V}$$

$$\text{eli } E = 3,8249... \cdot 10^{-5} \text{ J} \approx 38 \mu\text{J}$$

Voidaan käyttää myös kaavaa  $E = \frac{1}{2} QU$