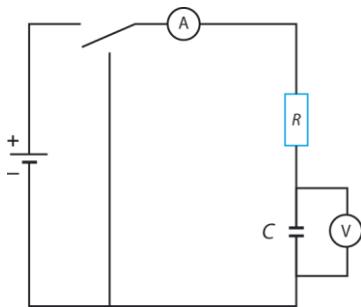


TEHTÄVIEN RATKAISUT

- 14-1.** a) Kapasitanssi kuvaa kondensaattorin kykyä varastoida sähkövarausta. Se saadaan jakamalla kondensaattorin varaus jännitteellä eli $C = Q/U$.
- b) Levykondensaattorin kapasitanssi riippuu levyjen pinta-alasta, levyjen välimatkasta ja levyjen välissä olevan eristeaineen permittiivisyydestä.
- 14-2.** Kondensaattorin varaus on $Q = CU = 380 \text{ nF} \cdot 230 \text{ V} \approx 87 \text{ mF}$.

- 14-3.** a) Kytkenäkaavio:



Ladattaessa kytkin A on kytketty yläasentoon, purettaessa ala-asentoon.

- b) Latausjännite oli 4,5 V.
- c) Lataus kesti 16 s.
- d) Suurin kondensaattorista saatu sähkövirta on

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4,5 \text{ V}}{2,6 \text{ k}\Omega} \approx 1,71 \text{ mA}.$$

- 14-4.** a) Pilven ja maanpinnan välinen jännite on

$$U = Ex = 3,5 \text{ kV/m} \cdot 850 \text{ m} = 2\,975\,000 \text{ V} \approx 3,0 \text{ MV}.$$

b) Pilven varaus on

$$Q = CU = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d} U$$
$$= 1,0006 \cdot 8,85419 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{1,00 \cdot 10^6 \text{ m}^2}{850 \text{ m}} \cdot 2,975 \text{ MV} \approx 31 \text{ mC}.$$

14-5. a) Levykondensaattorin varaus on $Q = CU$. Levykondensaattorin kapasitanssin kaavan $C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ mukaan kapasitanssi on kääntäen verrannollinen levyjen välimatkaan d , joten kun väli kaksinkertaistuu, niin kapasitanssi pienenee puoleen eli $C_2 = \frac{1}{2}C$.

Kondensaattorin jännite saadaan yhtälöstä

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d}} = \frac{Qd}{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}.$$

Jos välimatka d kaksinkertaistuu, jännite U myös kaksinkertaistuu eli

$$U_2 = 2U. \text{ Koska } C_2 \cdot U_2 = \frac{1}{2}C \cdot 2U = CU = Q, \text{ varaus ei muutu.}$$

b) Edellisen kohdan mukaan, kun välimatka d kaksinkertaistuu, myös jännite U kaksinkertaistuu.

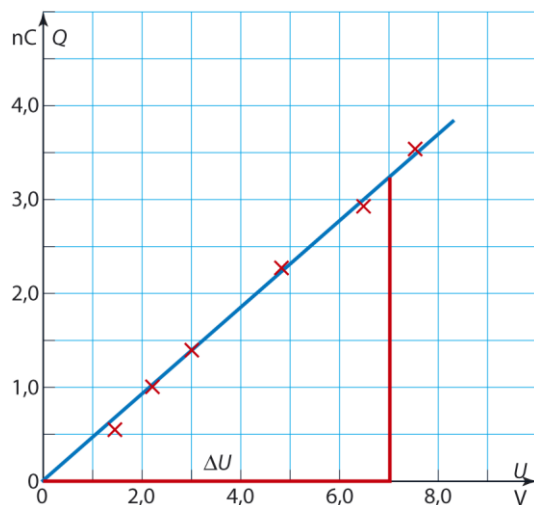
c) Levyjen välissä olevan sähkökentän voimakkuuden suuruus saadaan yhtälöstä $E = \frac{U}{d}$. Kun levyjen välimatka kaksinkertaistuu, myös jännite kaksinkertaistuu (kohta b), mutta sähkökentän voimakkuuden suuruus ei muutu.

- 14-6.** Levykondensaattorin kapasitanssin kaavasta $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$ nähdään, että kapasitanssi on suoraan verrannollinen levyjen välissä olevan aineen suhteelliseen permittiivisyyteen ϵ_r . Kun levyjen väli täytetään paperilla, jonka suhteellinen permittiivisyys on 5, kapasitanssi muuttuu melko tarkkaan viisinkertaiseksi, sillä ilman suhteellinen permittiivisyys on 1,0006.

Paperitäytteisen kondensaattorin sähkökentän voimakkuus \bar{E} heikkenee viidenteen osaan alkuperäisestä, joten jännite $U = Ed$ pienenee myös viidenteen osaan alkuperäisestä.

Alkuperäisen kondensaattorin varaus on $Q = CU$ ja paperitäytteisen varaus $Q = 5C \cdot \frac{1}{5}U = CU$. Varaus ei siis muutu.

- 14-7.** a) Kun mittaustulokset siirretään U, Q -koordinaatistoon, pisteet asettuvat suoralle.



U, Q -koordinaatistoon piirretyn suoran yhtälö on $Q = CU$, joten suoran fysikaalinen kulmakerroin on kondensaattorin kapasitanssi:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{Q_2 - Q_1}{U_2 - U_1} = \frac{3,2 \text{ nC} - 0,0 \text{ nC}}{7,0 \text{ V} - 0,0 \text{ V}} = 0,457 \text{ 143 nF} \approx 460 \text{ pF}.$$

b) Kun kondensaattorin jännite on $U = 24 \text{ V}$, kondensaattorin varaus on $Q = CU = 0,457 \text{ 143 nF} \cdot 24 \text{ V} \approx 11 \text{ nC}$.

14-8. Kun kondensaattori latautuu $5,0 \text{ V}$ jännitteeseen, sen sähkövaraukseksi tulee

$$Q = CU = 10 \text{ } \mu\text{F} \cdot 5,0 \text{ V} = 50 \text{ } \mu\text{C}.$$

Kondensaattorin purkautuessa $50 \text{ } \mu\text{C}$:n varaus aiheuttaa sydämeen sähköisen pulssin. Yhden tunnin aikana paristosta vähenee varaus

$60 \cdot 60 \cdot 50 \text{ } \mu\text{C} = 180 \text{ mC}$. Pariston kokonaisvaraus on $2,5 \text{ Ah} = 2,5 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 9000 \text{ C}$. Paristo pitää vaihtaa $\frac{9000 \text{ C}}{0,180 \text{ C/h}} = 50 \text{ 000 h} \approx 5,7 \text{ vuoden}$ välein.

14-9. a) Kondensaattorin energia on enimmillään

$$E = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot (340 \text{ V})^2 \approx 0,12 \text{ J}.$$

b) Jos kondensaattorin jännite on liian suuri, kondensaattorissa tapahtuu läpilyönti. Läpilyönti usein rikkoo kondensaattorin, jolloin kondensaattorin ominaisuudet muuttuvat tai kondensaattorin levyt voivat joutua oikosulkuun.