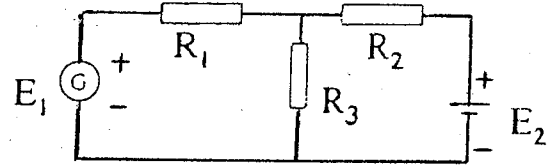


1. Pistevaraus $q_1 = -4,0 \text{ nC}$ on pisteessä $(x, y) = (2,0 \text{ m}; 0,0 \text{ m})$ ja toinen pistevaraus $q_2 = +9,0 \text{ nC}$ pisteessä $(x, y) = (0,0 \text{ m}; 3,0 \text{ m})$. Laske sähkökenttä origossa. Mikä on tehty työ, kun kolmas varaus $q_3 = -1,0 \text{ nC}$ tuodaan äärettömyydestä origoon?
2. a) Selitä, mitä sähkökentän Gaussin laki tarkoittaa, siinä esiintyvien symbolien merkitys sekä miten sitä sovelletaan.
b) Pallossa, jonka säde on R , on tasaisesti jakautuneena varaus Q (eriste). Laske sähkökenttä pallon sisällä ($r < R$) ja ulkopuolella ($r > R$) käyttämällä Gaussin lakia.

3. a) Varautuuko (latautuuko) vai purkautuuko akku oheisen kuvan kytkennässä ja kuinka suurella virralla?

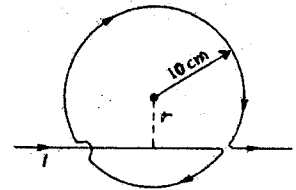
$$E_1(\text{generaattori}) = 17,0 \text{ V}, E_2(\text{akku}) = 12,0 \text{ V}, \\ R_1 = 1,0 \Omega, R_2 = 2,0 \Omega, R_3 = 7,0 \Omega.$$



Generaattorin ja akun sisäiset resistanssit sisältyvät annettuihin resistansseihin.

- b) Laske akun latautumis/purkautumisteho, generaattorin tuottama/kuluttama teho ja eri vastuksissa kuluneet tehot. Tarkista, että energia säilyy!
4. a) Johda magneettikentän lauseke $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ ympyränmuotoisen virtasilmukan keskipisteessä. Silmukassa kulkee virta I ja sen säde on R .
b) Johda magneettikentän lauseke $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ etäisyydellä r suorasta äärettömän pitkästä johtimesta, jossa kulkee virta I .

- c) Äärettömän pitkä johdin on taivutettu kuvan mukaisella tavalla. Silmukan säde $R = 10,0 \text{ cm}$ ja suoran johtimen etäisyys silmukan keskipisteestä on r . Johtimessa kulkee virta $I = 2,0 \text{ A}$. Laske, millä r :n arvolla silmukan keskipisteessä magneettikenttä häviää.



5. Laitteen keskimääräinen tehonkulutus on 550 W ja se on suunniteltu käyttämään verkkovirtaa, jonka tehollinen jännite on 120 V ja taajuus 60 Hz . Laitetta halutaan käyttää Suomessa verkkovirralla, jonka tehollinen jännite on 230 V ja taajuus 50 Hz . Laske, kuinka suuri kondensaattori on kytkettävä laitteen kanssa sarjaan, jotta laitetta voisi käyttää Suomessa. Oleta, että laite on puhtaasti resistiivinen.

Merkitse opiskelijanumerosi (myös kirjain), nimesi, koulutusohjelmasi, opintojakson koodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiin.

Vakiot:

Alkeisvaraus	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Avogadron vakio	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Coulombin vakio	$k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
Elektronin lepomassa	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Planckin vakio	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Putoamiskiihtyvyyys	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
Tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
Valon nopeus tyhjiössä	$c_0 = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$\vec{F}_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^2} \hat{r}_{1,2}$	Coulombin voima
$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \left(= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \right)$	sähkökenttä (pistevaraus)
$\vec{p} = q\vec{L}$	sähköinen dipolimomentti
$\phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (= EA \cos \theta)$	sähkövuo (homogeeninen kenttä)
$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$	Gauss (sähkökenttä)
$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = -(U_b - U_a)$	työ, voima ja potentiaalienergia
$V = \frac{U}{q_0} \left(= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \right)$	potentiaali (pistevaraus)
$V_{ab} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$	jännite vs. sähkökenttä
$\vec{E} = -\nabla V$	sähkökenttä vs. potentiaali
$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0} = \frac{V_{ab}}{d}$	sähkökenttä levykondensaattorissa
$C = \frac{Q}{V_{ab}} \left(= \epsilon_0 \frac{A}{d} \right)$	kapasitanssi (levykondensaattori)
$U = \frac{1}{2} CV^2$	potentiaalienergia
$I = \frac{dQ}{dt}$	virta
$R = \frac{V_{ab}}{I} \left(= \rho \frac{\ell}{A} \right)$	resistanssi
$P = V_{ab} I = I^2 R$	teho
$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$	sähköinen + magneettinen voima
$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (= BA \cos \theta)$	magneettivuo (homogeeninen kenttä)
$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	Gauss (magneetikenttä)
$d\vec{F} = I d\vec{\ell} \times \vec{B}$	magneettinen voima johdinalkioon
$\vec{\mu} = I\vec{A}$	magneettinen dipolimomentti
$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^2}$	Biot-Savart
$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \left(I_C + \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \right)$	yleistetty Ampère
$B = \mu_0 n I = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$	magneetikenttä solenoidissa
$\mathcal{E} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	Faraday
$L = \frac{N\phi_B}{I} \quad (= \mu_0 n^2 A \ell)$	induktanssi (solenoidi)
$V_{ab} = L \frac{dI}{dt}$	jännite vs. induktanssi
$U = \frac{1}{2} L I^2$	potentiaalienergia
$X_L = \omega L$	induktiivinen reaktanssi
$X_C = \frac{1}{\omega C}$	kapasitiivinen reaktanssi
$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	impedanssi
$V_{\max} = Z I_{\max}$	maksimi jännite ac-piirissä
$V_{R,\max} = R I_{\max}$	maksimi jännite vastuksessa
$V_{L,\max} = X_L I_{\max}$	maksimi jännite käämissä
$V_{C,\max} = X_C I_{\max}$	maksimi jännite kondensaattorissa
$\delta = \arctan \frac{X_L - X_C}{R}$	vaihekulma ac-sarjapiirissä
$P_{av} = \frac{1}{2} V_{\max} I_{\max} \cos \delta = V_{rms} I_{rms} \cos \delta$	keskimääräinen teho ac-piirissä
$\tau = RC, \tau = L/R, \omega = 1/\sqrt{LC}$	piirien aikavakiot ja kulmataajuus