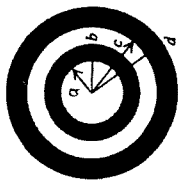
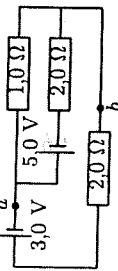


1. Pistevaraus ($q_1 = -5,0 \mu\text{C}$) on pisteessä $(4,0 \text{ m}; -2,0 \text{ m})$, toinen pistevaraus ($q_2 = +12,0 \mu\text{C}$) pisteessä $(1,0 \text{ m}; 2,0 \text{ m})$ ja kolmas ($q_3 = +10,0 \mu\text{C}$) origossa $(0,0 \text{ m}; 0,0 \text{ m})$.
 a) Laske pistevarauksen q_3 vaikuttava coulombinen kokonaisvoima.
 b) Kuinka suuri ulkoinen työ tehdään, kun pistevaraus q_3 viedään äärettömän kauaksi muista pistevarauksista? Selitä lyhyesti, mitä tulos tarkoittaa.

2. a) Selitä, mitä sähkökentän Gaussin laki tarkoittaa, siinä esiintyvien symbolien merkitykset sekä miten sitä sovelletaan.

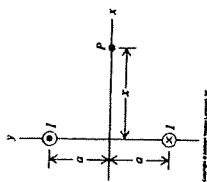


- b) Pientä johtavaa pallokuorta (sisäsäde a ja ulkosäde b) ympäröi suurempi samankeskinen johtava pallokuori (sisäsäde c ja ulkosäde d). Ks. oheinen kuva. Pienemmässä kuoressa on kokonaisvaraus $+2q$ ja suuremmassa $-4q$. Laske ja piirrä radiaalinen sähkökenttä E_r etäisyyden r funktiona soveltaen Gaussin lakia.



3. Laske oheisen kuvan kytkennässä virrat, jännite $V = V_b - V_a$ ja tehäväio $1,0 \Omega$:n vastuksessa.

4. Oheisen kuvan kahdessa hyvin pitkässä yhdensuuntaisessa johdossa kulkee sama virta ($I = 10,0 \text{ A}$) mutta eri suuntiin, kohdassa $y = a$ xy -tasosta ylöspäin (paperista ulos) ja kohdassa $y = -a$ xy -tasosta alaspäin (paperin sisään). Etäisyydet ovat $a = 10,0 \text{ cm}$ ja $x = 15,0 \text{ cm}$. Laske



- a) alemman johtimen aiheuttama magneettinen voima pituusyksikköä kohti ylempään johtimeen ja
- b) johtimien aiheuttama \vec{B} -kenttä x -akselilla pisteessä P .

5. Suorakaiteen muotoista virtasilmukkaa ($a = 12 \text{ cm}$, $R = 3,0 \Omega$) vedetään tasaisella vauhdilla ($v = 0,30 \text{ m/s}$) kuvan mukaisesti homogeenisen magneettikentän ($b = 60,0 \text{ cm}$, $B = 15 \text{ mT}$) läpi. Ajanhetkellä $t = 0$ s silmukan oikea reuna tulee magneettikenttään, joka on kohtisuorassa liikettä vastaan ja suuntautunut paperin sisään. Laske ja piirrä alkavahilla $t = 0 \dots 3 \text{ s}$

- a) silmukkaan indusoitunut virta (suuruus ja suunta) sekä
- b) tarvittava ulkoinen voima liikuttamaan silmukkaa tasaisella vauhdilla v . Perustelut.

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

Vakiot

Alkeisvaraus	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Coulombin vakio	$k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
Elektronin lepomassa	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Putoamisikihtyvyys	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
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	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Kaavat

$\vec{F}_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^2} \hat{r}_{1,2}$	$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = I\vec{l} \times \vec{B}$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$	$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$
$\vec{p} = q\vec{d}$	$\vec{\mu} = I\vec{A}$
$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$	$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$
$\phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A}$	$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$
$\int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = -(U_b - U_a)$	$B = \mu_0 n I$
$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$	$V = \frac{U}{q_0}$
$V_{ab} = V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$	$\vec{E} = -\nabla V$
$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(= \frac{Q}{A\epsilon_0} = \frac{V_{ab}}{d} \right)$	$L = \frac{N\phi_B}{I} \quad (= \mu_0 n^2 A\ell)$
$C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad \left(= \frac{A}{\epsilon_0 d} \right)$	$V_{ab} = L \frac{dI}{dt}$
$R = \frac{V_{ab}}{I} \quad \left(= \rho \frac{\ell}{A} \right)$	$U = \frac{1}{2} LI^2$
$I = \frac{dQ}{dt} = nqv_d A$	$P = V_{ab} I \quad (= I^2 R)$
$U = \frac{1}{2} CV^2$	$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$
$\mathcal{E} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(I_C + \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \right)$
$\epsilon = \kappa \epsilon_0$	$\mu = \kappa_m \mu_0$
$V_{L,max} = X_L I_{max}$	$X_L = \omega L$
$V_{C,max} = X_C I_{max}$	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
$V_{R,max} = R I_{max}$	
$V_{max} = Z I_{max}$	
$P_{av} = \frac{1}{2} V_{max} I_{max} \cos \delta = V_{rms} I_{rms} \cos \delta$	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
$\tau = RC$	$\delta = \arctan \frac{X_L - X_C}{R}$
$\tau = L/R$	$\omega = 1/\sqrt{LC}$
	$\omega = 2\pi f$