

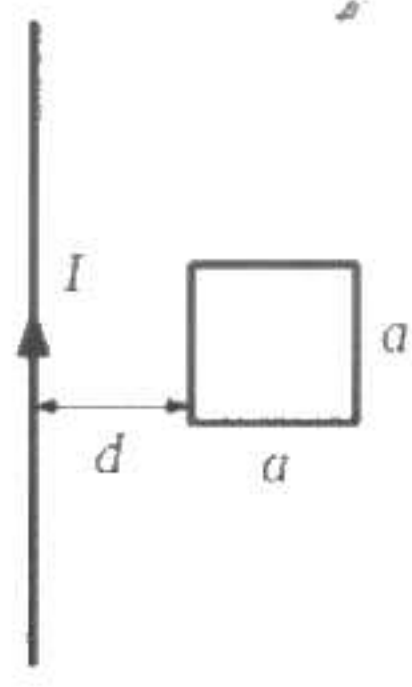
PHYS-A1130 Sähkömagnetismi (SCI) Tentti (5 op) 23.5.2017

Merkitse jokaiseen suorituspaperiisi nimesi, opiskelijanumerosi, koulutusohjelmasi, kurssikoodi ja kokeen päivämäärä.

Ylioppilaskirjoituksissa hyväksytty laskin on sallittu.

Taulukkokirjojen käyttö on kielletty. Kaavakokoelma on paperin kääntöpuolella.

Muista aina perustella käyttämäsi kaavat sekä esittämäsi vastaukset.

- Tarkastellaan äärettömän varatun tason, jonka pintavaraustiheys on σ , muodostamaa sähkövuota ja -kenttää.
 - Kuinka suuri on varatun tason aiheuttama sähkövuoto läpi pinnan, jonka pinta-ala on A ja jonka normaali on kohtisuorassa varatun tason normaaliin nähden? Perustele.
 - Johda äärettömän varatun tason muodostama sähkökenttä käyttäen Gaussin lakia.
 - Kaksi ääretöntä varattua tasoa ovat samansuuntaiset ja etäisyydellä d toisistaan. Vasemmanpuoleisen tason pintavaraustiheys on -2σ ja oikeanpuoleisen $+2\sigma$. Kuinka suuri on sähkökenttä varattujen tasojen välissä?
- Kaksi samanlaista pistevarausta ($q_1 = q_2 = +12 \text{ nC}$) on x -akselilla pisteissä $-1,5 \text{ cm}$ ja $+1,5 \text{ cm}$.
 - Mikä on varausten muodostama sähkökenttä \vec{E} origossa? Perustele.
 - Kuinka suuri on varausten muodostama sähköinen potentiaali V origossa?
 - Kuinka suuri ulkoinen työ tehdään, kun kolmas varaus ($q_3 = -24 \text{ nC}$) tuodaan ääretömyydestä origoon?
- Piirilevyllä on neliön muotoinen johdinsilmukka, jonka sivun pituus $a = 1,0 \text{ cm}$. Etäisyydellä $d = 1,0 \text{ cm}$ olevassa suorassa johtimessa kulkee sähkövirta $I = 2,0 \text{ A}$. Johdin on silmukan tasossa.
 - Kuinka suuri on silmukkaan indusoituvan jännitteen arvo, kun virta pienenee tasaisesti nolnaan $1,0 \mu\text{s}$:n aikana? (4 p)
 - Miten jännitteen indusoitumista johdinsilmukkaan voitaisiin pienentää tällaisessa virranmuutoksessa? Esitä kaksi tapaa. (2 p)
- Varatun levykondensaattorin levyjen välinen tila on täytetty kvartsilla, jonka eristevakio $K = 3,8$ ja resistiivisyys $\rho = 7,5 \cdot 10^{17} \Omega \cdot \text{m}$. Levyjen pinta-ala $A = 75 \text{ cm}^2$ ja niiden välimatka $d = 2,0 \text{ mm}$. Kondensaattorin varaus on alussa $Q_0 = 12 \text{ nC}$ ja se on kytketty irti jännitelähteestä. Ajan kuluessa varaus siirtyy eristeaineen läpi levyiltä toiselle. Tällöin kondensaattoriin syntyy vuotovirta.
 - Kuinka kauan kestää, ennen kuin kondensaattorin varaus on pienentynyt puoleen alkuperäisestä arvostaan?
 - Kuinka suuri on "vuotavan" kondensaattorin aikaansaama magneettikenttä kondensaattorin ulkopuolella?

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	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
Tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$
Valon nopeus tyhjiössä	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

KÄÄNNÄ

PHYS-A1130 Sähkömagnetismi (SCI) Kaavakokoelma

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$$

$$\vec{p} = q\vec{d}$$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0}$$

$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = -(U_b - U_a)$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(= \frac{Q}{A\epsilon_0} = \frac{V_{ab}}{d} \right)$$

$$E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

$$R = \frac{V_{ab}}{I} \left(= \rho \frac{\ell}{A} \right)$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = nqv_d A$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$\mathcal{E} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$V_{L,\text{max}} = X_L I_{\text{max}}$$

$$V_{C,\text{max}} = X_C I_{\text{max}}$$

$$V_{R,\text{max}} = R I_{\text{max}}$$

$$V_{\text{max}} = Z I_{\text{max}}$$

$$P_{\text{av}} = \frac{1}{2} V_{\text{max}} I_{\text{max}} \cos \varphi = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos \varphi$$

$$\tau = RC$$

$$E_{\text{max}} = c B_{\text{max}}$$

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

$$\vec{E} = -\nabla V$$

$$E_n = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_r = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} \left(= \epsilon_0 \frac{A}{d} \right)$$

$$P = V_{ab} I \quad (= I^2 R)$$

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$I = \frac{E_{\text{max}} B_{\text{max}}}{2\mu_0}$$

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{\ell} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$\vec{\mu} = I\vec{A}$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

$$B = \mu_0 n I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$L = \frac{N\Phi_B}{I} \quad (= \mu_0 n^2 A\ell)$$

$$c = K\epsilon_0$$

$$V_{ab} = L \frac{dI}{dt}$$

$$\mu = K_m \mu_0$$

$$c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \left(I_C + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)$$

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$V_C = V_0 e^{-t/\tau}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\varphi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\omega = 1/\sqrt{LC}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$p = \frac{U}{c}$$

$$p_r = \frac{I}{c}$$