

- Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Kokeessa saa olla mukana itse käsin kirjoitettu muistilappu (yksi A4, molemmat puolet).  
**Muistilappu tulee palauttaa koepaperin mukana.**
- Kääntöpuolella kaavoja ja vakioita.

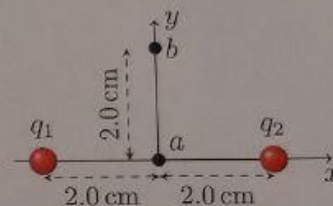
1

Tasolevykondensaattorin kapasitanssi on ilman eristeainetta  $42 \text{ nF}$ . Kondensaattorin levyjen etäisyys toisistaan on  $0.12 \text{ mm}$ . Levyjen välinen tila täytetään eristemateriaalilla, jonka eristevakio on  $3.7$  ja läpilyöntikestävyys  $5.2 \cdot 10^7 \text{ V/m}$ . Tämän jälkeen kondensaattori varataan siten, että sen levyjen välinen jännite on  $12.0 \text{ V}$ .

- Mikä on kondensaattorin levyjen varaus varaamisen jälkeen?
- Mikä on maksimijännite, joka kondensaattorin levyjen välille voidaan laittaa?
- Eristemateriaali ei ole täydellinen eriste, vaan sen resistiivisyys on  $2.5 \cdot 10^{12} \Omega \text{ m}$ . Laske virrantiheyden suuruus eristeen läpi levyjen välisen jännitteen ollessa  $12.0 \text{ V}$ .

2

Kuvan pistevaraukset  $q_1 = +2.50 \text{ nC}$  ja  $q_2 = +2.50 \text{ nC}$  ovat paikoillaan etäisyydellä  $4.0 \text{ cm}$  toisistaan. Piste  $a$  on origossa varausten puolivälissä ja piste  $b$   $y$ -akselilla etäisyydellä  $2.0 \text{ cm}$   $a$ :sta. Varaukset aiheuttavat yhdessä sähkökentän  $\vec{E}$  ja potentiaalin  $V$  ympärilleen.



- Laske sähkökenttä  $\vec{E}$  pisteessä  $b$ .
- Laske pisteiden  $a$  ja  $b$  välinen potentiaaliero  $V_{ab}$ .

3

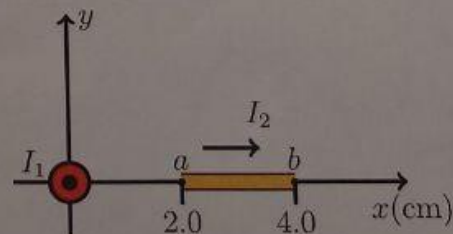
Kelan poikkileikkaus on ympyränmuotoinen säteen ollessa  $2.00 \text{ cm}$  ja siinä  $50$  kierrosta. Kela on tasaisessa magneettikentässä, jonka suuruus muuttuu ajan funktiona:  $B = (3.0 \text{ mT/s}^2)t^2$ . Kelan pintavektorin ja magneettikenttävektorin välinen kulma on koko ajan  $30^\circ$ .

- Laske kelaan indusoituneen emf:n  $\mathcal{E}$  suuruus hetkellä  $t = 5.0 \text{ s}$ . (4p)
- Kelan päiden välille on kytketty vastus, jonka resistanssi on yhdessä kelan resistanssin kanssa  $2.3 \Omega$ . Kuinka suuri virta vastuksen läpi kulkee hetkellä  $t = 5.0 \text{ s}$ ? (2p)

4

Pitkässä, suorassa johtimessa 1 (punainen) kulkee viereisen kuvan mukaisesti virta  $I_1 = 4.00 \text{ A}$   $z$ -akselia pitkin positiiviseen  $z$ -suuntaan (paperista ulospäin).

- Laske virran  $I_1$  aiheuttaman magneettikentän  $\vec{B}_1$  suuruus etäisyydellä  $2.0 \text{ cm}$  johtimesta. Voit käyttää valmista kaavaa tai johtaa lausekkeen Ampèren lain avulla. (2p)



- Mihin suuntaan magneettikenttä  $\vec{B}_1$  osoittaa kuvan pisteessä  $a$ ? (1p)
- Johtimessa 2 (keltainen johdin välillä  $a \rightarrow b$ ) kulkee virta  $I_2 = 2.00 \text{ A}$  kuvan mukaiseen suuntaan. Laske magneettikentän  $\vec{B}_1$  johtimeen 2 aiheuttaman voiman suuruus ja suunta. (3p)

5

- Negatiivinen varaus kulkee tasaisessa sähkökentässä pisteestä  $a$  pisteeseen  $b$  siihen suuntaan, johon sähkökenttä osoittaa. **Kommentoi** väittämiä käyttäen apuna sopivia kaavoja:

- Sähköinen potentiaali kasvaa välillä  $a \rightarrow b$ .
- Systeemin potentiaalienergia kasvaa välillä  $a \rightarrow b$ .

(3p)

- Tyhjiössä etenevän sähkömagneettisen aallon magneettikentän lauseke on

$$\vec{B} = (12 \mu\text{T}) \hat{j} \cos[(1.8 \cdot 10^7 \text{ rad/m})z - (5.4 \cdot 10^{15} \text{ rad/s})t].$$

Mitä aaltoa kuvaavia suureita voit selvittää tämän perusteella? Pelkkä suuretta kuvaava symboli ei riitä vastaukseksi. Ei tarvitse laskea lukuarvoja. (oikeasta suureesta  $0.5 \text{ p}$ , max  $3 \text{ p}$ )

## Yleisiä vakioita

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k}$$

Pallo:  $A = 4\pi r^2$ ,  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

21:  $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$   $\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$   $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$   $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$   $p = qd$   $\tau = pE \sin \phi$

22:  $\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$   $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0}$

23:  $V = \frac{U}{q_0}$   $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$   $W_{a \rightarrow b} = q_0(V_a - V_b)$   $V_{ab} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$   $\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k}\right)$

24:  $C = \frac{Q}{V_{ab}}$   $C = \epsilon \frac{A}{d}$   $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$   $U = \frac{Q^2}{2C}$   $u = \frac{1}{2} \epsilon E^2$   $C = KC_0$   $\epsilon = K\epsilon_0$

25:  $I = \frac{dQ}{dt}$   $J = \frac{I}{A}$   $\vec{J} = nq\vec{v}_d$   $\vec{E} = \rho\vec{J}$   $\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$   $R = \frac{\rho L}{A}$   $V = IR$   $P = V_{ab}I$

26:  $\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}}$   $\sum V = 0$   $q = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC})$

27:  $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B} + \vec{E})$   $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$   $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$   $\tau = \mu B \sin \phi$   $\vec{\mu} = NI\vec{A}$

28:  $\vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{v} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$   $d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$   $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$   $B = \mu_0 n I$   $\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M}$   $\vec{B} = K_m \vec{B}_0$

29:  $\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$   $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$   $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon \frac{d\Phi_E}{dt}\right)_{\text{encl}}$

30:  $M = \frac{N_2 \Phi_{B,2}}{i_1}$   $\mathcal{E}_2 = -M \frac{di_1}{dt}$   $L = \frac{N\Phi_B}{i}$   $\mathcal{E} = -L \frac{di}{dt}$   $U = \frac{1}{2} LI^2$   $u = \frac{B^2}{2\mu_0}$   $i(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}(1 - e^{-tR/L})$

32:  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$   $E = cB$   $f = \frac{c}{\lambda}$   $k = \frac{2\pi}{\lambda}$   $\omega = 2\pi f$   $\vec{E}(x, t) = E_{\text{max}} \hat{j} \cos(kx - \omega t)$

$$\vec{B}(x, t) = B_{\text{max}} \hat{k} \cos(kx - \omega t)$$

$$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{\text{max}}^2$$