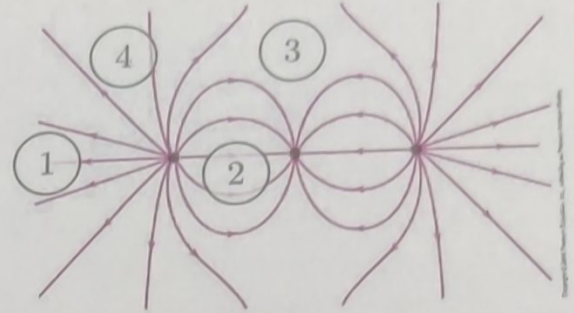


Valitse jokaisessa kohdassa vain yksi väittämistä A—D. Merkitse vastauspaperiin vastauksesi (muodossa 1.A, 2.A, ...) **kysymysten järjestyksessä**. Jokainen oikea vastaus (1p), väärä vastaus ( $-\frac{1}{4}p$ ), ei vastausta (0p). Tehtävän lopulliset pisteet saadaan pyöristämällä pisteet normaalein pyöristyssäännöin kokonaisluvuksi. Koko tehtävästä ei voi saada negatiivisia pisteitä.

5.1. Viereisessä kuvassa on esitetty kolmen pistevarauksen aiheuttaman sähkökentän sähkökenttäviivat. Missä kuvan pisteistä sähkökenttä on **pienimmillään**?



- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4.

5.2. Mikä seuraavista väitteistä kuvaa tilannetta, jossa **negatiivinen** varaus kulkee sähkökentän suuntaan?

- A. Sähkökenttä tekee negatiivista työtä varaukseen ja potentiaalienergia pienenee.
- B. Sähkökenttä tekee negatiivista työtä varaukseen ja potentiaalienergia kasvaa.
- C. Sähkökenttä tekee positiivista työtä varaukseen ja potentiaalienergia kasvaa.
- D. Sähkökenttä tekee positiivista työtä varaukseen ja potentiaalienergia pienenee.

5.3. Kondensaattorin levyt työnnetään etäisyydeltä 5.0 mm etäisyydelle 2.5 mm toisistaan pitäen **paristo kiinni levyissä** koko ajan. Mitä tapahtuu levyjen varaukselle?

- A. Kummankin levyn varaus pysyy samana.
- B. Kummankin levyn varaus kaksinkertaistuu.
- C. Kummankin levyn varaus putoaa puoleen.
- D. Varauksen muutos riippuu työntövoiman suuruudesta.

5.4. Virtasilmutta on **tasaisessa magneettikentässä**, joka osoittaa  $x$ -suuntaan. Silmukan magneettinen dipolimomentti osoittaa  $y$ -suuntaan. Millaisen nettovoiman magneettikenttä kohdistaa virtasilmutkaan?

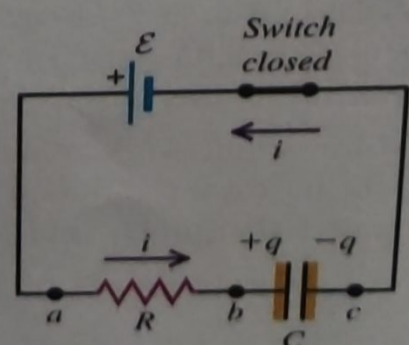
- A. Silmutkaan kohdistuu nettovoima  $x$ -suuntaan.
- B. Silmutkaan kohdistuu nettovoima  $y$ -suuntaan.
- C. Silmutkaan kohdistuu nettovoima  $z$ -suuntaan.
- D. Silmutkaan kohdistuva nettovoima on nolla.

5.5. Solenoidin sisus on täytetty **ferromagneettisella aineella**, jonka suhteellinen permeabiliteetti on  $K_m$  ja maksimimagnetisaatio  $M_{\max}$ . Solenoidissa kulkee virta  $I$ , minkä johdosta aineen sisällä syntyy  $B$ :n suuruinen magneettikenttä. Mikä seuraavista väitteistä on totta?

- A. Magneettikentän suuruus  $B$  on aina suoraan verrannollinen  $M_{\max}$ :iin
- B. Magneettikentän suuruus  $B$  on aina suoraan verrannollinen virtaan  $I$ .
- C. Magneettikentän suuruus  $B$  on aina suoraan verrannollinen kertoimeen  $K_m$ .
- D. Magneettikentän suuruutta  $B$  ei voi suoraan päätellä  $M_{\max}$ :n,  $I$ :n tai  $K_m$ :n arvoista.

5.6. Kondensaattoria varataan viereisen kuvan piirissä **vakiojännitelähteellä**  $\mathcal{E}$ . Mikä seuraavista lauseista on totta?

- A. Piirin virta pienenee kondensaattorin varauksen kasvaessa.
- B. Piirin virta pysyy koko ajan samana ja on suurempi kuin nolla.
- C. Piirin virta kasvaa kondensaattorin varauksen kasvaessa.
- D. Piirin virta on koko ajan nolla.



- 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.

**Yleisiä vakioita**

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

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

$$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ TmA}^{-1}$$

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

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

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

$$k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

**Erityiskaavoja**

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

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

Ympyrä:  $A = \pi r^2$ .

Magneettikenttiä:  $B = \mu_0 n I$ ,  $B = \mu_0 I / (2\pi r)$ ,  
 $B = \mu_0 N I / (2\pi r)$ ,  $B = \mu_0 N I / (2R)$

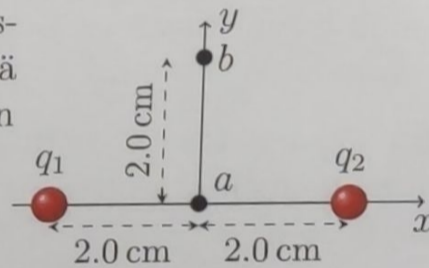
1

Tasokondensaattorin levyt ovat ympyränmuotoisia (säde 12.0 cm) ja levyjen välinen etäisyys on 0.15 mm. Levyjen välinen tila on täytetty eristeellä, jonka eristevakio  $K = 2.25$ . Levyillä on varaukset  $+Q$  ja  $-Q$ , missä  $Q = 3.4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ .

- Laske kondensaattorin kapasitanssi.
- Kuinka suuri sähkökenttä levyjen välissä on?
- Eristemateriaali ei ole täydellinen eriste vaan sen resistiivisyys on  $2.5 \cdot 10^9 \Omega \text{ m}$ . Varaus alkaa siksi purkautua eristeen läpi levyiltä toiselle. Laske virrantiheyden suuruus eristeen läpi.

2

Kuvan pistevaraukset  $q_1 = +1.60 \text{ nC}$  ja  $q_2 = +2.50 \text{ nC}$  ovat paikoillaan etäisyydellä 4.0 cm toisistaan. Piste  $a$  on origossa varausten puolivälissä ja piste  $b$   $y$ -akselilla etäisyydellä 2.0 cm  $a$ :sta. Varaukset aiheuttavat yhdessä ympärilleen sähkökentän ja potentiaalin.



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

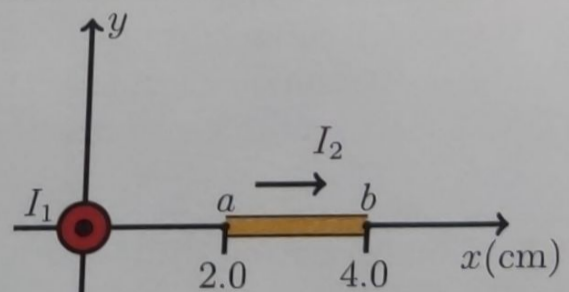
3

Pitkän, suoran solenoidin (1) läpi kulkee virta  $I$ . Ajan hetkellä  $t = 0$  virran suuruus on nolla, ja tästä se kasvaa tasaisella tahdilla  $dI/dt = 12 \text{ A/s}$ . Solenoidin poikkileikkauksen säde on 1.2 cm, sen kierrostiheys on 15 kierrosta senttimetriä kohden ja sisusta on tyhjä. Solenoidin ympärillä on symmetrisesti yksittäinen virtasilmukka (2), jonka säde on 1.5 cm. Laske virtasilmukkaan (2) indusoituvan emf:n suuruus.

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 johtimen 1 aiheuttaman magneettikentän  $\vec{B}_1$  suuruus etäisyydellä 2.0 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  $a \rightarrow b$ ) kulkee virta  $I_2 = 2.00 \text{ A}$  kuvan mukaiseen suuntaan. Laske magneettikentän  $\vec{B}_1$  johtimeen 2 aiheuttaman voiman suuruus ja suunta. (3p)