

PHYS-A1131 Sähkömagnetismi, Tunti (5 op) 19.2.2025

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

Itse tehdyt muistiinpanot yhdellä valkoisella A4-arkilla on sallittu.

Laskin, jossa ei ole internet-yhteyshmahdollisuutta, on sallittu.

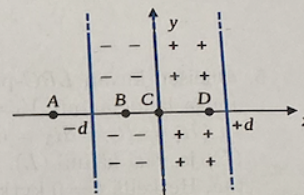
Taulukkokirjojen käyttö on kielletty. Luonnonvakiot löytyvät kääntöpuolelta.

Muista palauttaa tenttimuistiinpanosi tenttipaperin välissä, max 2 p.

Jokaisesta tehtävästä voi saada 8 pistettä, yhteensä max 40 p.

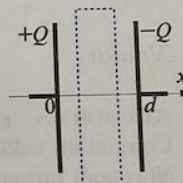
Muista aina perustella käyttämäsi kaavat sekä kaikki esittämäsi vastaukset.

1. Kaksi hyvin suurta varattua eristetasoa, joissa toisessa on varaustiheys  $-\rho_0$  ( $x \in [-d, 0]$ ) ja toisessa varaustiheys  $+\rho_0$  ( $x \in [0, d]$ ), ovat kontaktissa toisiinsa pitkien  $y$ -akselia ( $x = 0$ ). Ks. oheinen kuva. Eristetasojen muodostama sähkökenttä  $\vec{E}$  pitkin  $x$ -akselia osoittaa (valitse joka kohdassa yksi vaihtoehdoista 1-3)



- a) pisteessä A ( $x < -d$ ) (1)  $-x$ -suuntaan, (2)  $+x$ -suuntaan, (3)  $\vec{E} = 0$ .  
 b) pisteessä B ( $x = -d/2$ ) (1)  $-x$ -suuntaan, (2)  $+x$ -suuntaan, (3)  $\vec{E} = 0$ .  
 c) pisteessä C ( $x = 0$ ) (1)  $-x$ -suuntaan, (2)  $+x$ -suuntaan, (3)  $\vec{E} = 0$ .  
 d) pisteessä D ( $x = +3d/4$ ) (1)  $-x$ -suuntaan, (2)  $+x$ -suuntaan, (3)  $\vec{E} = 0$ .

2. Levykondensaattorin levyjen (pinta-ala  $A$ , välimatka  $d$ ) varaukset ovat  $+Q$  ( $x = 0$ ) ja  $-Q$  ( $x = d$ ). Positiivinen levy on maadoitettu eli  $V(0) = 0$  V.



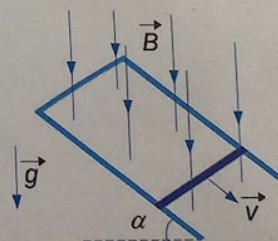
- a) Hahmottele potentiaalın  $V(x)$  kuvaaja paikan  $x$  funktiona välillä  $(0, d)$ . (4 p)

Varaukseton tasapaksu levy, jonka paksuus on  $d/2$ , tuodaan kondensaattorilevyjen väliin. Levy on yhtä etäällä molemmista kondensaattorilevyistä.

Hahmottele potentiaalın  $V(x)$  kuvaaja paikan  $x$  funktiona välillä  $(0, d)$ , kun

- b) kondensaattorilevyjen väliin tuotu levy on *metallia*. (2 p)  
 c) kondensaattorilevyjen väliin tuotu levy on *eristettä*, jonka eristevakio  $K = 2$ . (2 p)

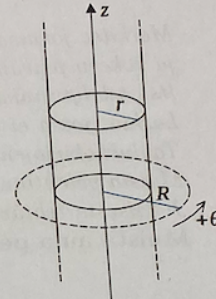
3. U:n muotoinen johdin on vaakatasosta kulmassa  $\alpha$  pystysuuntaisessa alaspäin suuntautuneessa vakiomagneettikentässä  $\vec{B}$ . Ks. oheinen kuva. Johtava tanko (pituus  $\ell$ , massa  $m$  ja resistanssi  $R$ ) on poikittain johtavilla kiskoilla. Tankoon vaikuttaa myös maan vetovoima, jonka suunta on sama kuin magneettikentän suunta ja joka saa tangon liikkumaan kiskoja pitkin alaspäin. Oleta, että tanko liikkuu kiskoilla kitkattomasti suuntansa säilyttäen ja että kiskojen resistanssi on merkityksetön. Johda tangon rajanopeudelle lauseke



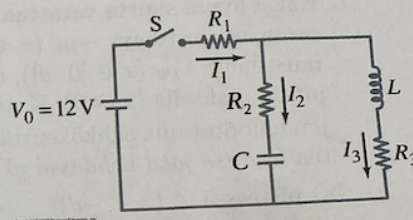
$$v_{\max} = \frac{mgR \tan \alpha}{B^2 \ell^2 \cos \alpha}$$

KÄÄNNÄ

4. Hyvin pitkän rautasynterän (säde  $r$ ) symmetria-akseli yhtyy  $z$ -akselin kanssa. Synterän sisällä on muuttuva magneettikenttä  $B_z(t) = B_0 + B_1 t$ , missä  $B_0$  ja  $B_1$  ovat positiivisia vakioita. Synterän ympärille syntyy sähkökenttä.
- Mihin suuntaan syntynyt sähkökenttä kiertää synteriä? (2 p)
  - Laske sähkökentän suuruus etäisyydellä  $R (> r)$   $z$ -akselista. (4 p)
  - Synnyttääkö synterän muuttuva magneettikenttä synterän ympärille sähkömagneettisen aaltoliikkeen? (2 p)



5. Oheisen kuvan  $LRC$ -piirissä on tasajännitelähde, jonka lähdejännite  $V_0 = 12 \text{ V}$ , sekä kolme vastusta ( $R_1 = R_2 = R_3 = 600 \Omega$ ), yksi kondensaattori ( $C$ ) ja yksi käämi ( $L$ ). Aluksi piirissä ei kulje virtaa. Hetkellä  $t = 0$  kytkin  $S$  suljetaan. Pitkän ajan kuluttua piirissä kulkee tasaiset ajasta riippumattomat virrat.



- Mitkä ovat nämä virrat  $I_1$ ,  $I_2$  ja  $I_3$  pitkän ajan kuluttua? (3 p)
- Mitkä ovat komponenttien yli olevat jännitteet ( $V_{R_1}$ ,  $V_{R_2}$ ,  $V_{R_3}$ ,  $V_C$ ,  $V_L$ ) pitkän ajan kuluttua? (5 p)

### Vakiot

- Alkeisvaraus  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 Coulombin vakio  $k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$   
 Normaali putoamiskiihtyvyys  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$   
 Tyhjiön permeabiliteetti  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$   
 Tyhjiön permittiivisyys  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$