

PHYS-A1130 Sähkömagnetismi (SCI), Tentti (5 op) 22.2.2023

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

Itse tehdyt muistiinpanot yhdellä valkoisella A4-arkilla on sallittu.

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

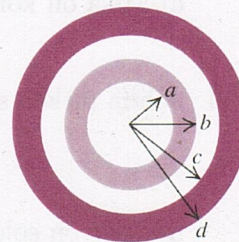
Taulukkokirjojen käyttö on kielletty. Luonnonvakiot löytyvät kääntöpuolelta.

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. Pientä johtavaa pallokuorta (sisäsäde a ja ulkosäde b) ympäröi suurempi samankeskinen johtava pallokuori (sisäsäde c ja ulkosäde d). Pienemmässä kuoressa on kokonaisvaraus $-2q$ ja suuremmassa $+q$. Kuoret eivät ole kontaktissa toisiinsa. Mikä on kokonaisvaraus sähköstaattisessa tasapainossa (vastausvaihtoehdot: $-2q, -q, 0, +q, +2q$)



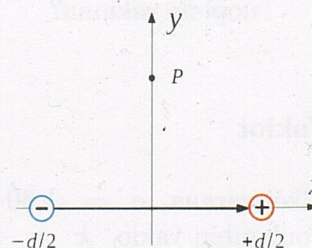
- a) pienemmän pallokuoren sisäpinnalla?
b) pienemmän pallokuoren ulkopinnalla?
c) suuremman pallokuoren sisäpinnalla?
d) suuremman pallokuoren ulkopinnalla?

Mihin suuntaan sähkökenttä osoittaa alueissa (sisäänpäin, ulospäin vai $E = 0$)

- e) $(0, a)$,
f) (a, b) ,
g) (b, c) ,
h) (c, d) ,
i) (d, ∞) ?

Jokaisesta oikeasta vastauksesta saa yhden pisteen kuitenkin siten, että suurin mahdollinen pistemäärä on 8 p.

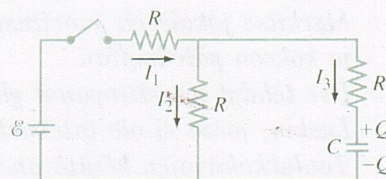
2. Sähködipoli on x -akselin suuntaisesti oheisen kuvan mukaisesti. Sähködipoli muodostuu kahdesta yhtä suuresta mutta vastakkaismerkkisestä varauksesta $-q$ ja $+q$, jotka ovat etäisyydellä d toisistaan.



- a) Määritä sähködipolin potentiaalienergia.
b) Kuinka suuri energia tarvitaan hajottamaan sähködipoli eli viemään varaukset äärettömän kauaksi toisistaan?
c) Kuinka suuri ulkoinen työ tehdään, kun kolmas varaus, jonka varaus on $+2q$, tuodaan äärettömän kaukaa dipolin lähelle pisteeseen P ?
d) Mikä on syntyneen kolmen varauksen muodostaman varausjakauman potentiaalienergia?

KÄÄNNÄ

3. Tarkastellaan oheisen kuvan kytkentää, jossa on jännitelähde (jännite \mathcal{E}), kolme vastusta (kaikilla sama resistanssi R) ja kondensaattori (kapasitanssi C). Kondensaattori on aluksi varaamaton. Piirissä oleva induktanssi oletetaan nolllaksi.

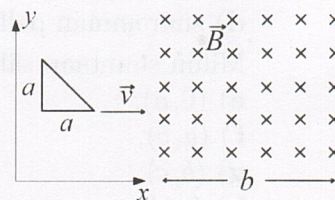


- a) Hetkellä $t = 0$ kytkin suljetaan. Määritä virrat I_1 , I_2 ja I_3 hetkellä $t = 0$, kun kytkin on kiinni. (4 p)
- b) Pitkän ajan kuluttua ($t = \infty$) kondensaattori on varautunut täyteen varaukseensa Q . Määritä virrat I_1 , I_2 ja I_3 hetkellä $t = \infty$, kun kytkin on edelleen kiinni. (2 p)
- c) Mikä on kondensaattorin päiden välinen jännite hetkellä $t = \infty$? (2 p)
4. Johda pitkän solenoidin sisällä olevalle magneettivuon tiheydelle lauseke

$$B = \mu_0 n I,$$

missä I on solenoidissa kulkeva virta ja n on solenoidin kierrostiheys.

5. Tasakylkisen ja suorakulmaisen kolmion muotoinen virtasilmukka, jonka resistanssi on R , vedetään vakionopeudella \vec{v} kärki edellä homogeeniseen magneettikenttään \vec{B} , joka on kohtisuorassa liikettä vastaan ja suuntautunut paperin sisään (ks. oheinen kuva). Virtasilmukan lyhyemmän sivun pituus on a , joka on pienempi kuin magneettikentän leveys b .



Tarkastellaan aikaväliä, jossa aluksi virtasilmukka tulee kenttään ja lopuksi silmukka on kokonaan kentässä.

- a) Kuinka suuri virta indusoituu virtasilmukkaan? Mihin suuntaan virta kulkee?
- b) Kuinka suuri ja mihin suuntaan oleva ulkoinen voima tarvitaan pitämään silmukan nopeus vakiona?

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 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$