

Loppukoe 05.03.2010

1. Neliön, jonka sivu on 25.0 cm, kaikissa kulmissa on samansuuruinen pistevaraus $1.50 \mu\text{C}$. Millainen pistevaraus on sijoitettava neliön keskipisteeseen, jotta kaikki viisi varausta olisivat tasapainossa?
2. Metallipallokuoren sisällä olevan ontelon keskellä on sähkövaraus $-Q$. Pallokuoren ulkopinta on maadoitettu (yhdistetty johtimella laajaan johdekappaleeseen, esim. maahan, jolloin pallon ulkopinnan potentiaali on $= 0$).
 - a) Onko metallipallokuoren sisäpinnalla sähkövarausta; jos on niin kuinka paljon?
 - b) Onko metallipallokuoren ulkopinnalla sähkövarausta; jos on niin kuinka paljon?
 - c) Onko ontelossa pallokuoren sisällä sähkökenttää?
 - d) Onko pallokuoren ulkopuolella sähkökenttää? Onko pallon ulkopuolella mahdollista mitata keskipisteessä olevan varauksen synnyttämä sähkökenttä?Esitä lyhyt perustelu kuhunkin kohtaan.
3. Öljypisara, jonka massa on 35 pg ja varaus $+22e$ ($e =$ alkeisvaraus), pysyy paikallaan kahden vaakasuoran johdelevyn välissä. Laske ylemmän levyn potentiaali, kun levyjen välimatka on 12.0 mm ja alempi levy on maadoitettu (potentiaali $= 0$).
4. Kaksi samanlaista ilmatäytteistä levykondensaattoria on kytketty keskenään sarjassa paristoon, jonka lähdejännite on \mathcal{E} . Kondensaattorien kapasitanssi on C . Sitten toisen kondensaattorin levyjen väli täytetään eristeellä, jonka dielektrisyysvakio on κ . Kuinka paljon varausta virtaa tällöin paristosta kondensaattoreille? Ilmaise tulos vain annettujen suureiden avulla.
5. Erään akun lähdejännite on 13.14 V.
 - a) Kuinka paljon akku tuottaa sähkötehoa, kun siitä otetaan 2.60 A virta? (2 p.)
 - b) Kuinka suuri on ulkoisessa vastuksessa kuluva teho ja akkua lämmittävä teho, kun akun napajännite a-kohdan mukaisella 2.60 A virralla on 11.97 V? (3 p.)
 - c) Kuinka suuri on akun napajännite, kun akkua ladataan 1.50 A virralla? (3 p.)
6. Vastus $R = 850 \Omega$ kytketään varatun kondensaattorin $C = 4.62 \mu\text{F}$ napoihin. Kondensaattorin varaustila oli juuri ennen kytkemistä 8.10 mC.
 - a) Kuinka suuri energia oli aluksi varastoituneena kondensaattoriin? (2 p.)
 - b) Kuinka suuri on vastuksessa lämmöksi kuluva teho heti kytkemisen jälkeen? (3 p.)
 - c) Kuinka suuri on vastuksessa lämmöksi kuluva teho hetkellä, jolloin kondensaattoriin varastoitunut energia on puolet alkuperäisestä? (3 p.)

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad E = \frac{\eta}{2\epsilon_0}$$

$$\vec{p} = q\vec{s} \quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

$$\Phi_e = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{in}}}{\epsilon_0}$$

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_r \frac{dq}{r}$$

$$\Delta V = V_b - V_a = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad E = \frac{\Delta V}{d}$$

$$\vec{E} = - \left(\hat{i} \frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial V}{\partial z} \right) = -\vec{\nabla} V$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \epsilon = \kappa \epsilon_0$$

$$U_c = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 \quad u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = nev_d A \quad \vec{J} = ne\vec{v}_d$$

$$J = \sigma E \quad \rho = \frac{1}{\sigma} \quad R = \rho \frac{L}{A}$$
$$\Delta V = RI \quad \Delta V_p = \mathcal{E} - IR$$

$$P_R = I^2 R = \frac{\Delta V_R^2}{R} \quad P_p = I \Delta V_p$$

$$Q(t) = C \mathcal{E} (1 - e^{-t/RC}) \quad I(t) = I_0 e^{-t/\tau}$$

$$\dot{Q}(t) = Q_0 e^{-t/RC} = Q_0 e^{-t/\tau}$$

$$c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$(4\pi\epsilon_0)^{-1} = 8.9876 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$u = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931.49 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_e = 9.1094 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0.51100 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_p = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg} = 938.3 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_n = 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg} = 939.6 \text{ MeV}/c^2$$

$$h = 6.6261 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4.1357 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$R = 8.3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$N_A = 6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$k = 1.3807 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$