

Uppgift A1, teori (2p)

I. b, d

II. a) $-\hat{z}$, b) $+\hat{y}$, c) Ingen magnetisk kraft

III. b, c, d

IV. a

Uppgift A2 (4p)

a) Då Q är negativ måste E-fältet från q_1 och q_2 gå i negativ y -riktning. X-komponenterna av fälten från q_1 och q_2 måste vara motriktade och lika stora, vilket ger att $q_1 = -q_2$. Fältet kan endast gå i $-y$ -riktning om $q_1 > 0$ och $q_2 < 0$.

b) Fälten från q_1 och q_2 ger lika stora komponenter i $-y$ -riktning

$$E_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{(3,00 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$|Q| \cdot 2 \cdot E_i \cos \phi = F = ma$$

$$\cos \phi = \frac{4,50/2}{3,00} = 0,75$$

$$|Q| \cdot 2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_i|}{(3,00 \cdot 10^{-2})^2} \cdot 0,75 = 5,00 \cdot 10^{-3} \cdot 324$$

$$|q_i| = \frac{5,00 \cdot 10^{-3} \cdot 324 \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot (3,00 \cdot 10^{-2})^2}{1,75 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 0,75} = 6,18 \cdot 10^{-8}$$

Svar: $q_1 = 6,18 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ och $q_2 = -6,18 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

Uppgift A3 (4p)

a)

Kapacitansen hos en kondensator ges av

$$C = \frac{Q}{V}$$

Potentialen hos kondensatorn kan bestämmas utifrån uttrycket för elektriskt fält från en linjeladdning

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_a^b E_r dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}$$

Den totala laddningen på kondensatorn där $L=1$ m ges av

$$Q = \lambda L = 8,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 8,8 \cdot 10^{-6}$$
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\lambda L}{\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln \frac{r_b}{r_a}} = \frac{2\pi\epsilon_0 \cdot 1}{\ln \frac{1,3}{1,1}} = \frac{2\pi\epsilon_0}{0,167} = 3,3 \cdot 10^{-10}$$

b)

När ett dielektrikum förs in är kondensatorns laddning konstant, men kapacitansen ökar

$$V = \frac{Q}{C}$$

$$\Delta V = 6000 = V_{vac.} - V_{diel.} = Q \left(\frac{1}{C_{vac.}} - \frac{1}{C_{diel.}} \right) = Q \left(\frac{1}{\frac{2\pi\epsilon_0}{0,167}} - \frac{1}{\frac{2\pi K\epsilon_0}{0,167}} \right) = \frac{Q}{0,167} \left(1 - \frac{1}{K} \right)$$

$$K = \frac{1}{1 - \frac{6000 \cdot 0,167}{8,8 \cdot 10^{-6}}} = 1,29$$

Godkänner både K (ϵ_r) (dielectric constant på engelska / relativ dielektricitetskonstant på svenska)

Svar: a) $3,3 \cdot 10^{-10}$ F, b) $K=1,29$

Uppgift A4 (4p)

a)

Cyklotronfrekvensen ges av

$$\omega = \frac{qB}{m}$$

$$\omega = 2\pi f \text{ och } R = \frac{mv}{qB}$$

För en elektron

$$\omega = \frac{q}{m}B = \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}} 0,300 = 5,28 \cdot 10^{10}$$

För en proton

$$\omega = \frac{q}{m}B = \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27}} 0,300 = 2,88 \cdot 10^7$$

b)

$$f = \frac{1}{2\pi} \omega = \frac{q}{2\pi m} B$$

Lutningen på linjen i figuren är alltså $\frac{q}{2\pi m}$

$$q = 2e$$

Lutningen på linjen blir då

$$lutning = \frac{q}{2\pi m} = \frac{e}{\pi m}$$

$$m = \frac{e}{\pi \cdot lutning}$$

Utifrån figuren ser vi att lutningen är ca $7,83 \cdot 10^6$ Hz/T vilket ger att

$$m = \frac{e}{\pi \cdot lutning} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{\pi \cdot 7,83 \cdot 10^6} = 6,58 \cdot 10^{-27}$$

c)

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$v = \frac{RqB}{m} = \frac{0,12 \cdot 2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 0,300}{6,58 \cdot 10^{-27}} = 1,75 \cdot 10^6$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = 0,5 \cdot 6,58 \cdot 10^{-27} \cdot (1,75 \cdot 10^6)^2 = 1,01 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 0,629 \text{ MeV}$$

Svar: a) Elektronen $5,28 \cdot 10^{10}$ rad/s och protonen $2,88 \cdot 10^7$ rad/s, b) $6,58 \cdot 10^{-27}$ kg och c) $1,75 \cdot 10^6$ m/s och $0,629$ MeV.

Uppgift A5 (4p)

a)

Spolens area:

$$A = 5 \cdot 5 = 25$$

Emf:en ökar med antalet varv på spolen. Maximalt antal varv är:

$$N = \frac{900}{5 \cdot 4} = 45$$

Flödet genom slingan ändras när spolen roterar vilket alstrar en emf

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(NBA \cos \omega t) = \omega NBA \sin \omega t$$

där ω ges av frekvensen

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot \frac{25}{60} = 0,83\pi$$

Maximal emf ges då

$$\varepsilon = \omega NBA = 0,83\pi \cdot 45 \cdot 7,8 \cdot 10^{-5} \cdot 25 = 0,23$$

b)

Den punkt på spolen som roterar snabbast befinner sig 2,5 m från spolens rotationsaxel.

$$r = 2,5$$

Ett varv för denna punkt ges av

$$s = 2r\pi$$

Hastigheten för denna punkt är

$$v = 2r\pi f = 2 \cdot 2,5 \cdot \pi \cdot \frac{25}{60} = 6,54$$

Svar: a) $\varepsilon = 0,23$ V. Det går inte att kommunicera med omvärlden. b) Hastigheten blir 6,54 m/s. Detta är inte en rimlig uppställning, pga luftmotstånd etc.

Uppgift B6 (2p)

I. b

II. mindre

III. Negativ z-riktning

IV. b,f

Uppgift B7 (4p)

a. Vågens utbredningshastighet ges av

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 K \mu_0 K_m}} = \frac{c}{\sqrt{K K_m}} \approx \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{80,4}} = 33,5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

b. Antennen strålar lika mycket i alla riktningar, dvs effekten fördelas över en sfär med radien r . Effekten per ytenhet är intensiteten $I = S_{av}$. Då $r = 500 \text{ m}$ är intensiteten

$$I = \frac{P}{A} = \frac{200 \cdot 10^3}{4\pi \cdot 500^2} = 0,0637 \text{ W/m}^2$$

Intensiteten hos en elektromagnetisk våg ges av

$$I = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0} = \frac{E_0^2}{2\mu_0 v}$$

Vilket ger att amplituden av det elektriska fältet är

$$E_0 = \sqrt{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 33,5 \cdot 10^6 \cdot 0,0637} = 2,32 \text{ V/m}$$

c. För att få destruktiv interferens mellan de två antennerna måste

$$\sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$$

Vara uppfyllt där $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ och d är avståndet mellan antennerna. Strålningens våglängd är

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{33,5 \cdot 10^6}{50 \cdot 10^3} = 670 \text{ m}$$

Det ger att

$$\sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{670}{2000} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot 0,335$$

För $m = 0$ blir $\theta = 9,64^\circ$, dvs destruktiv interferens kommer att ske vid minst ett tillfälle mellan antennerna.

Svar: a) $34 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ b) $2,3 \text{ V/m}$ c) Ja.

Uppgift C8 (2p)

I. a, b

II. b, c, d

III. Vid ett backspänningsfall så flyter strömmen från n-sidan till p-sidan och begränsas då av bristen på ledningselektroner i det p-dopade materialet och bristen på ledande hål i det n-dopade materialet. Vid ett framspänningsfall så går strömmen från p-sidan till n-sidan och det stora antalet ledande hål i det p-dopade materialet samt det stora antalet ledningselektroner i det n-dopade materialet gör att strömmen blir hög.

IV. En n-typ halvledare har negativa bärare av strömmen (elektroner). För att Si ska kunna leda ström med elektroner krävs att några elektroner befinner sig i ledningsbandet. Vi måste alltså tillsätta ett grundämne där en elektron "blir över" då den binder till Si, dvs att den har en valenselektron mer än Si. Ett sådant grundämne finns till höger om Si i periodiska systemet, till exempel fosfor (P) eller arsenik (As)

Uppgift C9 (4p)

a. Osäkerheten ges av Heisenbergs osäkerhetsrelation som säger att

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

Där Δt är längden på laserpulsen. Osäkerheten i energi är alltså

$$\Delta E \geq \frac{\hbar}{2\Delta t} = \frac{h}{4\pi\Delta t} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4\pi \cdot 2,5 \cdot 10^{-9}} = 2,109 \cdot 10^{-26} \text{ J}$$

b. 1,14 eV motsvarar

$$1,14 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 1,83 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Fotonerna från lasern har energin

$$E_{foton} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{950 \cdot 10^{-9}} = 2,09 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Lasernfotonernas energi är större än så vilket innebär att de kommer att kunna excitera elektroner över bandgapet. Osäkerheten är mycket mindre än så (en faktor 10^{-7}) så den kommer inte att påverka excitationen av elektroner i det här fallet.

c. Eftersom elektronerna i metallen bara kan absorbera hela fotoner så spelar inte laserns effekt någon roll för vilka metaller som fotoelektroner kommer att avges ifrån. Det som spelar roll är de individuella fotonernas energi vilken från en 266 nm-laser är

$$E_{foton} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^8}{266 \cdot 10^{-9}} = 4,67 \text{ eV}$$

Julia kommer att få en ström av fotoelektroner för de metaller som har en utträdesfunktion som är lägre än 4,76 eV, dvs för järn, tantal, titan och silver.

Svar: a) $\Delta E = 2,1 \cdot 10^{-26} \text{ J}$ b) Det är möjligt och osäkerheten har ingen betydelse i det här fallet. c) Hon kan mäta utträdesfunktionen för järn, tantal, titan och silver och det oberoende av laserns effekt.