

1. Varaus  $Q$  on tasaisesti jakautunut  $R$ -säteisen pallon pinnalle. Pallon ulkopuolella on sellainen varaustiheys  $\rho = f(r)$ , että sähkökentän voimakkuus on itseisarvoltaan vakio. Laske  $f(r)$ .

(Vihje: pallokoordinaatistossa  $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr}(r^2 E)$ , kun  $\vec{E} = E \vec{u}_r$ .)

2. Laske piin suhteellinen permittiivisyys  $K$  kulmataajuudella  $\omega = 3,8 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$  (vastaa valon aallonpituutta 500 nm) käyttäen harmonisen oskillaattorin mallia. Siinä piin atomit oletetaan dipoleiksi, joiden varaukset ovat  $+e$  ja  $-e$ . Piin tiheys on  $2,3 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$  ja moolin massa on 28,1 g.

3. Sähkömagneettinen säteily, jonka kulmataajuus on  $\omega$ , osuu kohtisuoraan kuparipintaan, jonka johtavuus  $\sigma \gg \varepsilon\omega$ . Osoita lähtien Maxwellin yhtälöistä, että kentänvoimakkuus johteen sisällä voidaan lausua yhtälöllä  $\vec{E}(x,t) = \vec{E}_0 e^{-\alpha x} \sin(kx - \omega t)$  ja määritä  $\alpha$  kun  $\alpha \approx k$ .

Vihje:  $\nabla \times \vec{B} = \mu \vec{j} + \mu \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ , missä  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$

4. a) Laske 3-ulotteisten aaltojen moodien tiheys poikittaisille sähkömagneettisille seisoville aalloille.
- b) Levyssä reikä, jonka säde on 1 mm. Levyä valaistetaan tasoallolla, jonka aallonpituus on 500 nm. Laske Fresnelin diffraktion avulla onko suoraan reiän takana 2 m etäisyydellä varjostimella pimeä vai valaistu alue ja laske intensiteetti

Vakioita:  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ ,  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  
 $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$

Nimi, opiskelijanumero, tutkinto-ohjelma, kurssikoodi sekä kokeen päivämäärä jokaiseen koepaperiin.