

SMG-1400 SÄHKÖMAGNEETTISET KENTÄT JA AALLOT 2

Tentti 16.12.2009, ei muistiinpanoja, ei laskimia. Saku Suuriniemi. Kaikki tehtävät 6 pistettä.

1. Oikein vai väärin? *Perustele lyhyesti tai anna esimerkki.*
 - (a) Sähkömagneettiseksi induktioksi (myöhemmin pelkkä "induktio") kutsutaan sitä, kun sähkökenttä aiheuttaa varauksenkuljettajien liikkeen.
 - (b) Induktiota ei voida huomioida piiriteoriassa.
 - (c) Induktiolla voidaan selittää generaattorin toiminta.
 - (d) Induktion syntyminen vaatii aina metallisen sähköjohdon, jossa varauksenkuljettajat ovat kiihtyvässä liikkeessä.
 - (e) Induktiosta voi olla harmia.
 - (f) Induktio vaatii magneettivuon muutoksen.

2. Kurssin kuluessa on käytetty kolme väliaine-yhtälöä. Esittele niistä kukin, kerro jokaisesta väliainevakion nimi, ja mitkä sähkömagneettiset kentät se liittyy toisiinsa. Jos osaat muutamalla sanalla kuvata, mitä yhtälö kertoo tapahtumista väliaineissa, niin kerro. *Käytä kuhunkin enintään kolme harkittua virkettä.*

3. Monokromaattisen aallon sähkökentälle saamme johtavassa väliaineessa aaltoyhtälön $\nabla^2 \underline{\mathbf{E}} + (\omega^2 \epsilon \mu + j \omega g \mu) \underline{\mathbf{E}} = 0$.
 - (a) Jos jokin sähkökenttä $\underline{\mathbf{E}}$ ei toteuta yhtälöä, mitä siitä voimme päätellä? (1p)
 - (b) Saamme yhtälöstä taso-aallon aaltoluvulle k ehdon $k^2 = \omega^2 \epsilon \mu + j \omega g \mu$. Ns. hyvässä johteessa ensimmäinen termi pudotettiin pois, koska se on hyvin pieni: ilmaise ehto kulmataajuuksille ω , joilla näin voidaan tehdä. (2p)
 - (c) Ratkaisuksi k :lle saamme (b)-kohdan pikkuvilungin jälkeen $k = \pm \sqrt{j \omega g \mu}$. Mitä eri merkit tarkoittavat z -akselin suunnassa etenevälle aallolle? (1p)
 - (d) Tulos on kompleksiluku $k = \pm(k_r + j k_i) = \pm \frac{1+j}{\sqrt{2}} \sqrt{\omega g \mu}$. Käytä tehtävän 5(b) lauseketta selittääksesi miten k :n imaginaariosa vaikuttaa aallon luonteeseen. (2p)

4. Poyntingin teoreema:

$$-\int_V \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} dV = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_V [\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{H} \cdot \mathbf{B}] dV + \int_{\partial V} \mathbf{E} \times \mathbf{H} \cdot \mathbf{n} da.$$
 - (a) Minkä tärkeän fysiikan perusperiaatteen yhtälö kuvaa? (1p)
 - (b) Riippuuko yhtälön paikkansapitävyys tarkasteltavaa järjestelmää kuvaavan alueen V valinnasta? Perustele. (1p)
 - (c) Voiko sen avulla päätellä mistä kohtaa teho siirtyy järjestelmän rajan läpi toiseen järjestelmään? Perustele. (1p)
 - (d) Sovella teoreemaa tapaukseen, jossa ladattu kondensaattori kytketään kelan johtimien päihin, ja kela ja kondensaattori ovat samassa järjestelmässä V . Huomioi johtojen häviöllisyys. (3p)

5.
 - (a) Erilaisia polarisaatiotyyppisiä on kolme, ja joillain niistä on alatyyppejä. Nimeä ja kuvaa ne lyhyesti. (3p)
 - (b) Osoita, että monokromaattisen taso-aallon $\underline{\mathbf{E}}(\mathbf{r}, t) = \underline{\mathbf{E}}_0 e^{j(kz - \omega t)}$ magneettikentän avulla määritelty polarisaatio on sama kuin sähkökentän. (3p)