

Elektrodynamiikka, kevät 2004
Harjoitus 11 (to 22.4., pe 23.4.)

1. Mikroaaltouunin perusmalli on suorakulmainen laatikko ($0 \leq x \leq L_1, 0 \leq y \leq L_2, 0 \leq z \leq L_3$), jonka reunat ovat täydellisiä johteita. Määritä systeemin ominaistuuksudet sähkökentän aaltoyhtälön avulla.
2. Wagner kypsentää mikroaaltouunissa erikoisvalmisteisen lihapiirakan. Sen tilavuus on 200 ml, massa 200 g ja suhteellinen permittiivisyys $\epsilon_r = 65 + 15i$, johon sisältyy johtavuus. Kauanko kestää lämmittää piirakka huoneen lämpötilasta (20 astetta) 100 asteeseen, kun sähkökentän huippuarvo on 42 kV/m taajuudella 2,45 GHz? Piirakka on luonnollisesti pallon muotoinen ja koostuu lähinnä vedestä. Arvioi piirakan sisäkenttä käyttäen sähköstatiikasta tuttua tulosta (onko hyvä approksimaatio?). Veden ominaislämpö on 4,19 J/gK. Vastaako mallin antama tulos tavallisille lihapiirakoille käytettävää lämmitysaikaa?
3. Usean mikroaaltouunin ovesa on muovin sisällä metalliverkko. Koska näkyvä valo läpäisee oviverkon, vuotaako mikroaaltosäteilykin ulos? Oletetaan karkeasti, että verkon reiät ovat suorakulmaisia aaltoputkia ja tarkastellaan aallon etenemiskerrottua. Uunissa käytetään 2,45 GHz taajuisista säteilyä ja oviverkon reiän läpimitta on luokkaa 1 mm. (Yleissivistävä lisätieto: oven sulkemismekanismi on suunniteltu siten, että mikroaallot eivät pääse ovenraosta ulos. Uuni ei kuitenkaan ole Faradayn häkki kaikilla taajuuksilla!)
4. Käy läpi luennoissa sivuutetut yksityiskohdat Liénardin ja Wiechertin potentiaalien johtamisessa (luku 13.1).
5. Osoita, että luennoissa johdettu liikkuvan varauksellisen hiukkasen sähkökenttä on sama kuin seuraava lauseke:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{\mathbf{R}}{R^3} + \frac{R}{c} \frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{R}}{R^3} \right) + \frac{1}{c^2} \frac{d^2}{dt^2} \left(\frac{\mathbf{R}}{R} \right) \right)$$

missä $\mathbf{R} = \mathbf{R}(t')$ on hiukkasen paikasta hetkellä $t' = t - R(t')/c$ havaintopisteeseen \mathbf{r} piirretty vektori. Kannattaa lähteä liikkeelle tässä annetusta lausekkeesta ja päätyä luentojen tulokseen.

Ratkaisut on palautettava viimeistään tiistaina 20.4. klo 14.

Huom. Ensimmäinen luento pääsiäisen jälkeen on torstaina 15.4. ja se pidetään poikkeuksellisesti salissa E205.

Vielä on hetki aikaa hankkia lisäpisteitä ”harrastustehtävillä”. Palautusaika päättyy huhtikuun lopussa.