Tekniska högskolan i Linköping
Institutionen för Fysik, Kemi och Biologi
Peter Münger
Ankn. 1893

Tentamen i **TFYA13 Elektromagnetism** *och även TFYY53 Elektromagnetism*, måndag 13 augusti 2007 kl 8.00 – 13.00.

Kursens övergripande mål: Att ge de kunskaper i elektromagnetismens grunder som krävs för studier i fysik och tillämpade elektrotekniska ämnen, samt att ge färdigheter i att lösa problem av grundläggande slag.

Tillåtna hjälpmedel:
Physics Handbook; Carl Nordling, Jonny Österman
Räknedosa (tömd på program och annan information)
Formelblad (utgörs av de sista bladen på tentan)
Tefyma-tabell; Ingelstam, Rönngren, Sjöberg
Matematiska tabeller, tex Beta, är tillåtna men behövs ej

OBS Allvarligt fel i 1996 års upplaga av Physics Handbook på sidan 170:

Ska stå: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho}{r} \, dv$ **Står:** $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho}{r^2} \, dv$

Frågor besvaras av Peter Münger som kommer minst två gånger under skrivningstiden. Lösningar sätts upp på anslagstavlan utanför kursexpeditionen i fysikhuset och publiceras på kurshemsidan `http://www.ifm.liu.se/~pemun/TFYA13/` efter skrivningens slut. Skrivningsresultat anslås utanför kursexpeditionen i fysikhuset senast 10 arbetsdagar efter tentamenstillfället. Skrivningen omfattar 5 problem som vardera kan ge 4 poäng; maximalt kan man alltså få 20 poäng och betygsskalan är:

Aktuella kursen TFYA13

Betyg	3	8 – 11	poäng
”	4	12 – 15	”
”	5	16 – 20	”

Gamla kursen TFYY53

Betyg	3	7 – 10	poäng
”	4	11 – 14	”
”	5	15 – 20	”

Lösningar skall om möjligt åtföljas av figur. Införda beteckningar skall definieras, ekvationer motiveras och numeriskt svar alltid skrivas ut med enhet. Orimligt svar medför noll poäng på uppgiften. Problemen är inte alltid ordnade efter stigande svårighetsgrad.

Lycka till!

1. Vi betraktar ett avsnitt med längden ℓ av en mycket lång koaxialkabel. Den inre ledarens radie är a och den yttre ledaren har en innerradie c. Isolationen består av två koaxiella dielektriska material med relativ dielektricitetskonstant ε_1 respektive ε_2 och ledningsförmåga σ_1 och σ_2 räknat inifrån och utåt. Material 1 fyller helt området mellan inre ledaren och cylinderradien b medan material 2 helt fyller området mellan b och ytterledaren. Genom att båda isolationslagren har en ledningsförmåga skild från noll kommer det att uppstå en läckström I på den betraktade längden mellan innerledaren och ytterledaren när man läger en spänning mellan ledarna.

   (a) Beräkna ett uttryck för resistansen mellan innerledaren och ytterledaren på den betraktade längden. (2p)

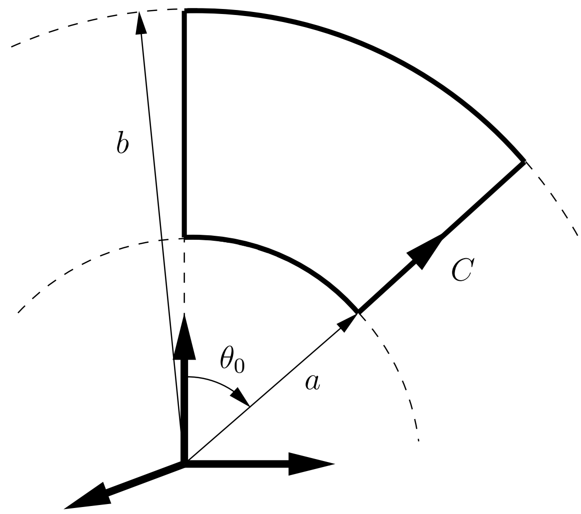
   (b) Beräkna ett uttryck för den totala fria laddningen som samlas i gränsskiktet mellan isolationslagren. (2p)

2. Ett klot med radie a innehåller en konstant rymdladdningstäthet ρ_0. Beräkna det arbete som åtgår för att bygga upp denna laddningsfördelning om vi antar att laddningarna från början varit på mycket stort avstånd från varandra. Både i och utanför klotet kan den relativa dielektricitetskonstanten sättas till exakt 1. (4p)

3. Strålningen från en oscillerande elektrisk dipol kan på stort avstånd beskrivas enligt:

$$\overline{E} = \frac{\alpha}{r} \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\omega t - kr) \cdot \hat{\theta},$$

$$\overline{B} = \frac{\alpha}{r} \cdot \frac{k}{\omega} \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\omega t - kr) \cdot \hat{\phi},$$



där sfäriska koordinater använts och α är en konstant. (Uttrycket är en approximation och beskriver det så kallade fjärrfältet.) Fältet kommer att inducera en elektromotorisk kraft i den slutna kurvan C som illustreras i figuren ovan. Kurvan ligger i planet ϕ = konstant och har den omlopppsriktning som markerats. Cirkelbågarnas radie är a respektive b och $0 \leq \theta \leq \theta_0$. Visa genom explicit räkning att vi får samma resultat oavsett vilket av uttrycken

$$\varepsilon = \oint_C \overline{E} \cdot \overline{d\ell} \qquad \text{eller} \qquad \varepsilon = \int_S -\overline{\frac{\partial B}{\partial t}} \cdot \overline{dS} \qquad \text{vi använder. (4p)}$$

4. Magnetiska vektorpotentialer kan ofta väljas på olika sätt, den bakomliggande fysikaliska situationen kan likväl vara välbestämd. Nedanstående uttryck anger vektorpotentialen för ett visst fysikaliskt system i cylinderkoordinater.

$$\overline{A} = -\left[\alpha_1\mu_0\left(\frac{R}{a}\right)^2 + C_1\right]\hat{z}\ ; \qquad R < a$$
$$\overline{A} = -\left[\alpha_2\mu_0\left(1 + 2\,\ln\frac{R}{a}\right) + C_2\right]\hat{z}\ ; \quad R > a.$$

Storheterna $\alpha_1, \alpha_2, C_1, C_2, a$ och permeabiliteten för vakuum μ_0 är konstanter. Beskriv den bakomliggande fysikaliska situationen genom att besvara nedanstående frågor.

(a) Beräkna kraften $\overline{F}$ på en laddning q som rör sig med hastigheten $\overline{v} = v \cdot \hat{z}$ på avståndet $R = b,\ b > a$. (1p)

(b) Vektorpotentialen är orsakad av olika typer av strömtätheter och/eller strömmar. Beskriv tydligt hur dessa är riktade och vilken storlek de har uttryckt i de givna storheterna. (3p)

5. Ett U-format glasrör är delvis fyllt med en paramagnetisk vätska med okänd magnetisk susceptibilitet, χ_m. En del av glasröret, delen inom den streckade rektangeln i figuren nedan, befinner sig i ett homogent magnetiserande fält med styrkan H. Magnetiska krafter på vätskan ger då upphov till en höjdskillnad, h, mellan vätskeytorna i de två sektionerna av U-röret. Givet gravitationen g, vätskans densitet ρ_m och att mediet ovanför vätskan är luft, beräkna χ_m. (4p)