Tekniska högskolan i Linköping
Institutionen för Fysik, Kemi och Biologi
Peter Münger
Ankn. 1893, 5797

Tentamen i **TFYA13 Elektromagnetism** *och även TFYY53 Elektromagnetism*, lördag 2 juni 2007 kl 14.00 – 19.00.

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 i studerandeentrén till 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. Antag att ljuset från en laser i luft kan beskrivas som en plan våg med

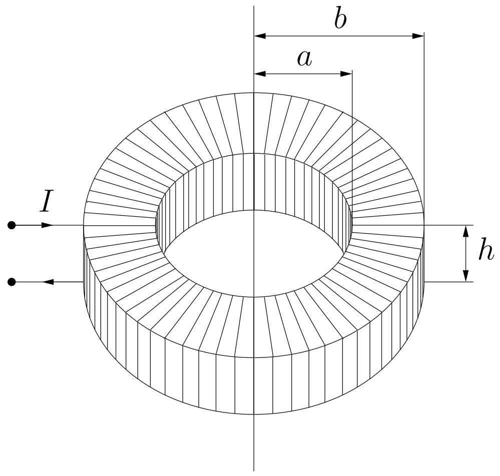
$$\overline{E} = E_0 \sin(kx - \omega t) \cdot \hat{y}$$

där $\omega/k = 1/\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} = c_0 =$ ljushastigheten i vakuum.

   (a) Härled hur det tillhörande $\overline{B}$-fältet måste se ut. Eventuella tidsoberoende komponenter av $\overline{B}$-fältet som dyker upp under härledningen kan sättas till $\overline{0}$ utan motivering. (2p)

   (b) Härled ett uttryck för laserns ljuseffekt P och använd det för att beräkna E_0. Ljusstrålens area är $S_0 = 20\,\text{mm}^2$ och $P = 1{,}0\,\text{W}$. (Du kan få poäng på denna deluppgift utan att ha genomfört a-uppgiften. Men då krävs det naturligtvis att du kommer ihåg eller kan gissa hur $\overline{B}$ måste se ut. (2p)

2. Att kunna lagra stora energimängder i en form där man enkelt kan öka och minska den lagrade energin på ett snabbt, säker och effektivt sätt blir allt viktigare. En metod som föreslagits är att lagra energi i stora supraledande spolar. Den här uppgiften går ut på att testa en sådan idé. Vi väljer att betrakta en spole i form av en toroid då läckfälten är noll for en ideal toroid. För enkelhets skull får vår toroid ett rektangulärt tvärsnitt med en innerradie a, en ytterradie b och en höjd h. Toroidens magnetiska egenskaper beskrivs av en relativpermeabilitet μ_r. Jämt fördelat runt toroiden lindas N varv av en supraledande tråd som för strömmen I.



   (a) Beräkna den magnetostatiska energin W_m i toroiden. Förutsätt att toroidens dimensionen är sådan att $b - a$, a och h alla är av samma storleksordning och att $\overline{H} = H(R)\hat{\phi}$ i cylinderkoordinater. (3p)

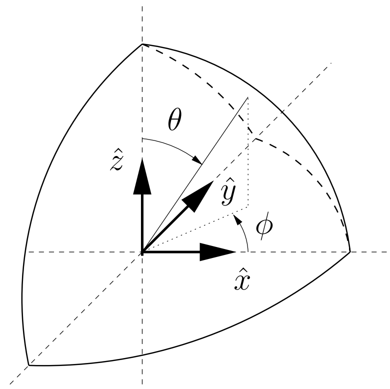
   (b) Beräkna ett numeriskt värde på W_m när $a = 10\,\text{m}$, $b = 12\,\text{m}$, $h = 2\,\text{m}$, $\mu_r = 1$, $N = 10\,000$ varv och $I = 10\,000\,\text{A}$. (1p)

3. Man är intresserad av att lägga så hög spänning som möjligt över en mycket lång koaxialkabel. Koaxialkabelns innerledare har en radie $a = 1\,\text{mm}$ och dess ytterledare har en innerradie $c = 30\,\text{mm}$. Området mellan ledarna är från början fyllt med luft med genomslagshållfastheten $3 \cdot 10^6\,\text{V/m}$. För att höja den maximala spänningen lägger man ett koaxiellt plexiglas skikt runt innerledaren så att området mellan radierna a och b är fyllt med plexiglas, $(a < b < c)$. Plexiglas har relativa dielektricitetskonstanten $\epsilon_r = 3$ och genomslagshållfastheten $20 \cdot 10^6\,\text{V/m}$.

   (a) Beräkna hur stor radien b ska vara för att man ska kunna lägga så hög spänningen som möjligt mellan koaxialkabelns ledare. (3p)

   (b) Beräkna den maximala spänning. (1p)

4. En yta, S, har en jämt fördelad total laddning Q. S består av ett fjärdedels sfäriskt skal med radie a. I sfäriska koordinater definieras ytan av $r = a$, $0 \leq \theta \leq \pi/2$ och $-\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$. Vinkeln θ mäts som vanligt från z-axeln och ϕ från x-axeln. (S har alltså samma form som ett apelsinskal brukar ha då man delat en apelsin i fyra lika stora klyftor.) Beräkna $\overline{E}$-fältet i origo. (4p)



5. En kondensator består av två koncentriska metalskal. Det inre med radie a och det yttre med radie b, $(b > a)$. Området mellan sfärerna är fyllt med ett dielektrikum med relativdielektricitetskonstant $\varepsilon_r = \varepsilon_1 [1 + \cos^2(\theta)]$ och ledningsförmågan $\sigma = \sigma_0$. ε_1 är en dimensionslös konstant och σ_0 är en annan konstant med dimensionen $[1/(\Omega m)]$. Vinkeln θ mäts från en axel genom centrum av sfärerna, dvs som vanligt för ett sfäriskt koordinatsystem med origo i centrum av sfärerna. Med denna geometri blir potentialen $V(r)$ i sfäriska koordinater, dvs bara beroende på avståndet till sfärernas gemensamma centrum. Beräkna kondensatorns kapacitans. För full poäng krävs en välmotiverad lösning. (4p)