NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK
Faglig kontakt under eksamen:
professor Asle Sudbø, tlf 93403

EKSAMEN I TFY4110 FYSIKK

Lørdag 6. desember, 2003

09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler :	K.Rottman, Matematisk formelsamling
	Godkjent kalkulator
Vekttall :	2.5
Språkform :	Bokmål
Antall sider :	5
Sensurdato :	5.januar

- Oppgave settet inneholder 3 oppgaver, med til sammen 10 deloppgaver. Hver deloppgave teller likt ved sensur.
- Bak oppgave settet finner du et vedlegg på to sider med formler som det kan, men ikke nødvendigvis vil, være bruk for. Kandidaten må tolke symbolene i oppgitte formler.
- Les hver oppgave nøye!

Oppgave 1

a) Fire motstander R_1, R_2, R_3, R_4 skal koples sammen til en ekvivalent motstand R_{eq}. Motstandene R_1, R_2, og R_3 koples i parallell, og motstandene R_4 er så koplet i serie med disse. Hva blir den resulterende motstanden R_{eq} uttrykt ved R_1, når $R_2/R_1 = 2/7$, $R_3/R_2 = 3/2$, og $R_4/R_2 = 35/22$?

b) La motstanden R_1 være et stålrør med indre diameter $d_i = 1.2\text{cm}$, og ytre diameter $d_y = 1.5\text{cm}$, og lengde 0.40m. Hva blir da ekvivalent-resistansen over den parallell koplingen med størst resistans, når resistiviteten til stål er $\rho = 2.0 \cdot 10^{-7}\Omega m$?

Oppgave 2

a) En uendelig lang massiv sylinder med radius R har en ladning λ_0 pr. lengdeenhet. Denne ladningen er fordelt over sylinder-tverrsnittet slik at ladningstettheten er

$$\rho(r) = A\left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^n\right]$$

hvor n er et positivt heltall. Her er r den radielle avstanden fra sylinderens senterakse. Bestem konstanten A. Vær nøye med å angi korrekt benevning på A.

b) Hva er ladningen pr. lengdeenhet $\lambda(r)$ inne i sylinderen, $r < R$?

c) Bruk Gauss lov til å finne det elektriske feltet utenfor og inne i sylinderen.

La så $n \to \infty$. Hva slags ladningsfordeling inne i sylinderen svarer dette til?

d) Forklar *kort* hvorfor et elektrisk felt må være null inne i et elektrisk ledende materiale. Bruk dette til å *kort* forklare hvor ladningen på et oppladet elektrisk ledende materiale må befinne seg. (Oppgaven skal besvares kort, og det vil bli lagt vekt på at fremstillingen er klar og konsis når besvarelsen av denne deloppgaven skal vurderes).

Oppgave 3

a) En sirkulær strømsløyfe med radius R, som det går en strøm I igjennom, ligger i (x, y)-planet med senter i origo. Strømmen går slik at sløyfens magnetiske dipolmoment peker langs positiv z-akse. Tegn opp systemet med angivelse av strømretningen.

b) På z-aksen setter sløyfen opp et magnetfelt som er rettet langs z-aksen. Vis at i vakuum blir størrelsen av dette magnetfeltet i et punkt på z-aksen et uttrykk av formen

$$B = B(z) = \frac{\Gamma}{r^{2\eta}} I$$

der $r^2 = z^2 + R^2$. Bestem derved koeffisienten Γ og eksponenten η.

c) Denne sirkulære strømsløyfen blir nå utsatt for et ytre påtrykt magnetfelt som ligger i (x, y)-planet og danner en vinkel $\pi/4$ i forhold til negativ y-akse. Sløyfen vil da dreies. Tegn opp stillingen sløyfen inntar for å minimalisere energien den har i dette ytre magnetfeltet. Vær nøye med å angi retning på ytre påtrykt magnetfelt, sløyfens magnetiske dipolmoment, og retningen på strømmen i sløyfen.

d) En lang rett luftfylt solenoide har viklinger som er jevnt fordelt, med antall viklinger pr. lengdeenhet langs solenoiden gitt ved n. Det går en stasjonær strøm med styrke I igjennom viklingene. Vis ved hjelp av Ampére's lov at magnetfeltet inne i solenoiden er gitt ved

$$B = \mu_0 \, n \, I$$

(Utenfor solenoiden kan feltet regnes som null). Her er n antall viklinger per lengdeenhet langs spolen.

Solenoiden har ~~et~~ antall viklinger ~~av~~ $N = 1500$. Permeabiliteten $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$Vs/Am. Hvor lang må spolen minst være for at magnetfeltet skal være mindre enn $0.015T$?

OPPGITTE FORMLER

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \quad (\text{Gauss}' \quad \text{lov})$$
$$\mathbf{E} = -\nabla V$$
$$\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r}\,\hat{e}_r + \frac{1}{r}\,\frac{\partial V}{\partial \phi}\,\hat{e}_\phi + \frac{\partial V}{\partial z}\,\hat{e}_z$$

der $\hat{e}_r, \hat{e}_z$ er enhetsvektorer henholdsvis i radial retningn og langs sylinder-aksen. $\hat{e}_\phi$ er enhetsvektoren som står normalt p de to andre enhetsvektorene (azimuthal retningen).

Resistanser i serie:

$$R_{\text{eq}} = \sum_i R_i$$

Resistanser i parallell:

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

$$R = \rho\,\frac{L}{A}$$

Når en funksjon $f(r, \phi)$ av to variable skal integreres over et todimensjonal område i polarkoordinater, blir dette integralet på formen

$$\int d\phi \int dr\; r\; f(r, \phi)$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_c \quad (\text{Ampere's} \quad \text{lov}).$$
$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}; \hat{\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}}{r} (\text{Biot} - \text{Savart's} \quad \text{lov})$$

Energien U til en strømsløyfe med magnetisk dipolmoment μ i et ytre magnetfelt $\mathbf{B}$

$$U = -\mu \cdot \mathbf{B}$$

Magnetisk dipolmoment til en linjestrøm i lukket sløyfe med styrke I

$$\mu = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{2}} \oint \mathbf{x} \times \mathbf{dl}$$

$$\frac{d\sin(ax)}{dx} = a\cos(ax)$$
$$\frac{d\cos(ax)}{dx} = -a\sin(ax)$$

$$\int dx\ x^n = \frac{1}{n+1}x^{n+1} + C$$

Permittiviteten for vakuum:

$$\varepsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12} C^2/Nm^2$$

Permeabiliteten for vakuum:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} Vs/Am$$

Energien i en kapasitans

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

Elektrisk felt mellom to kondensator plater med flateladning σ og et dielektrisk materiale imellom platene

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \kappa}$$

For små vinkler har vi

$$\tan\theta \approx \sin\theta$$

Plancks konstant

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$
$$h = 6.6262 \cdot 10^{-34} Js$$

En elektronvolt ($1eV$) er den energien et elektron får ved å aksellereres fra null hastighet over et spenningsfall på $1V$,

$$1eV = 1.602 \cdot 10^{-19} J$$

Elektronets masse

$$m = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$$