

## Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høy

Tlf. 93654

Sensurfrist:

## Kontinuasjonseksamen i fag SIF4012 Fysikk 2

Fredag 17. august 2001

Kl. 09.00 - 13.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator

Rottmann: Matematisk Formelsamling

Rottmann: Mathematische Formelsammlung

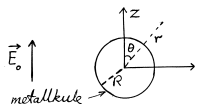
## Oppgave 1

a) Utled hvordan elektriske ladninger er plassert på ledere i statisk likevekt. (Se bort fra hulrom for enkelthets skyld.)

En ladet metallkule berører innviden av et lukket metallhulrom (dvs. hulrom i leder). Hva skjer med ladningen til metallkula?

Vis at sammenhengen mellom overflateledning (ledning pr. arealenhett)  $\sigma$  og elektrisk felt langs en metalloverflate er  $\sigma = \epsilon_0 E$ .

b)



En metallkule med radius  $R$  plasseres i et ytre elektrisk felt som er rettet langs  $z$ -aksen og er av størrelse  $E_0$ . Ladninger i metallkula blir da forskjøvet slik at det resulterende elektriske potensialet for  $r > R$  blir

$$V(r) = Az + B \frac{\cos \theta}{r^2}$$

der  $r$  er radialavstanden fra sentrum av kula og  $\theta$  er vinkelen radien danner med  $z$ -aksen ( $z = r \cos \theta$ ). Hva er koeffisientene  $A$  og  $B$  uttrykt ved det gitte elektriske feltet  $E_0$ ?

b) Ledningene ovenfor fører også elektrisk strøm  $I$  i hver sin retning. Ledningsstykket med lengde  $\ell$  vil da også ha en selvinduktans  $L$  som skyldes generert magnetfelt fra strømmen. Utenfor en enkelt rett sirkulær leder er størrelsen på magnetfeltet

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

der  $\mu_0$  er permeabiliteten for vakuum og  $r$  er avstanden fra lederens sentrum.

Beregn denne selvinduktansen  $L$ . [Hint: Lag en lukket rektangulær strømsløyfe med lengde  $\ell$  og bredde  $d$  ( $d \ll \ell$ ) ved at endepunktene forbindes korte med ledere på tvers. (Dvs. magnetfeltet fra de korte lederne kan neglisjeres.)]

c) I samme plan som de 2 ledningene legges en rektangulær strømsløyfe med sidekanter av lengde  $a$  og  $b$  som vist på figuren under punkt a). Sidekantene med lengde  $b$  er parallelle til ledningene med nærmeste avstand  $s$ . Beregn induisert elektromotorisk spenning  $\mathcal{E}$  i denne strømsløyfen når det er vekselstrøm i ledningene med strømstyrke

$$I = I_0 \cos \omega t$$

der  $\omega$  er vinkelfrekvens og  $t$  er tiden.

Oppgitt:  $Q = CV$ ,  $\phi_m = LI$ ,  $\phi_m = \int B dA$ ,  $\int \frac{1}{x} dx = \ln|x|$ ,  
 $\oint E ds = -\frac{d\phi_m}{dt}$

c) Forskyvningen av ladninger i metallkula fører til at det dannes seg overflateledninger med flateladningstetthet

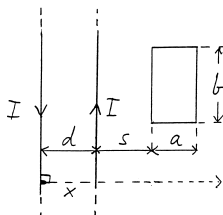
$$\sigma = \sigma_0 \cos \theta$$

på denne. Vis dette og bestem derved koeffisienten  $\sigma_0$ .

Oppgitt:  $\epsilon_0 \oint E dA = Q$ ,  $E = \nabla V$   
 $\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r} \mathbf{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \mathbf{e}_\phi$  (med kulekoordinater)

## Oppgave 2

a)



Betrakt 2 uendelig lange parallelle elektriske ledninger med avstand  $d$  mellom sentrene som vist på figuren. De 2 ledningene har radius  $R$  ( $d \gg R$ ). Det elektriske potensialet på den rette forbindelseslinjen mellom ledningene vil da være gitt ved

$$V(x) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{x}{d-x}\right)$$

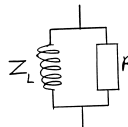
der  $x$  er posisjonen på denne linjen regnet fra sentrum av den ene lederen, og  $\lambda$  er netto linjeladning på den ene lederen med motsatt ladning på den andre. Hva er potensialforskjellen  $\Delta V$  mellom de to lederne?

Et stykke av ledningsparet med lengde  $\ell$  ( $\ell \gg d$ ) kan betraktes som en kapasitans (kondensator). Beregn den tilhørende kapasitansen  $C$  når permittiviteten er  $\epsilon_0$  som for vakuum.

## Oppgave 3

a) Hva er impedansen  $Z$  og fasevinkelen  $\alpha$  mellom spenning og strøm for henholdsvis en motstand  $R = 8,0 \Omega$ , en induktans  $L = 0,45 \text{ mH}$  og en kapasitans  $C = 240 \text{ pF}$  når vekselstrømmen har frekvensen  $f = \omega/2\pi = 3400 \text{ Hz}$ .

b)



En impedans (induktans)  $Z_L$  og en motstand  $R$  er koplet i parallell. Beregn resulterende impedans  $Z$  og dens fasevinkel  $\alpha$  når  $Z_L = X = 4,0 \Omega$  med fasevinkel  $\alpha_L = 90^\circ$  og  $R = 3,0 \Omega$ . [Hint: Benytt enten viserdiagram eller komplekse tall for beregning.]