Institutt for fysikk, NTNU
Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høye
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

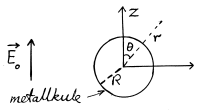
Oppgave 1

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

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

Vis at sammenhengen mellom overflateladning (ladning pr. arealenhet) σ og elektrisk felt langs en metalloverflate er $\sigma = \varepsilon_0 E$.

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 forskøvet 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 θ 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?

c) Forskyvningen av ladninger i metallkula fører til at det danner seg overflateladninger med flateladningstetthet

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

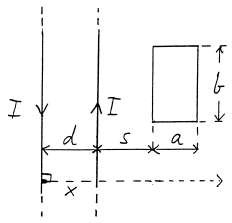
på denne. Vis dette og bestem derved koeffisienten σ_0.

Oppgitt: $\varepsilon_0 \oint \mathbf{E}\,\mathbf{dA} = Q, \quad \mathbf{E} = \nabla V$

$$\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r}\mathbf{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta}\mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial V}{\partial \phi}\mathbf{e}_\phi \quad \text{(med kulekoordinater)}$$

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). Det elektriske potensialet på den rette forbindelseslinjen mellom ladningene vil da være gitt ved

$$V(x) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{x}{d-x}\right)$$

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

Et stykke av ledningsparet med lengde ℓ (>> d) kan betraktes som en kapasitans (kondensator). Beregn den tilhørende kapasitansen C når permittiviteten er ε_0 som for vakuum.

b) Ledningene ovenfor fører også elektrisk strøm I i hver sin retning. Ledningsstykket med lengde ℓ 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 μ_0 er permeabiliteten for vakuum og r er avstanden fra lederens sentrum. Beregn denne selvinduktansen L. [Hint: Lag en lukket rektangulær strømsløyfe med lengde ℓ og bredde d (<< ℓ) 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 indusert elektromotorisk spenning $\mathcal{E}$ i denne strømsløyfen når det er vekselstrøm i ledningene med strømstyrke

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

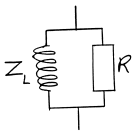
der ω er vinkelfrekvens og t er tiden.

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

Oppgave 3

a) Hva er impedansen Z og fasevinkelen α 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 α når $Z_L = X = 4,0\,\Omega$ med fasevinkel $\alpha_L = 90^0$ og $R = 3,0\,\Omega$. [Hint: Benytt enten viserdiagram eller komplekse tall for beregning.]