Institutt for fysikk, NTNU
Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høye
Tlf. 93654

Kontinuasjonseksamen i fag SIF4012 Fysikk 2

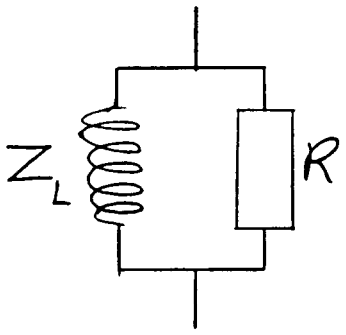
Onsdag 2. august 2000
Kl. 09.00 - 13.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
Rottmann: Matematisk Formelsamling
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae

Oppgave 1

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 $f = \omega/2\pi = 3400\,\text{Hz}$.

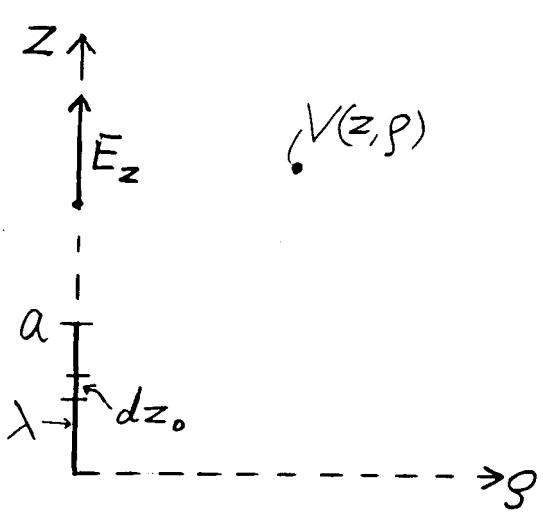
b)



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.]

Oppgave 2

a)



En tynn rett tråd av lengde a er plassert langs z-aksen med endepunktene i henholdsvis origo og punktet $z = a$ på som vist på figuren. Tråden har en linjeladningstetthet (ladning pr. lengdeenhet) λ, som er konstant langs tråden.

Hva er det elektriske potensialet (ledende bidrag forskjellig fra null) $V(z, \rho)$ for store avstander r ($\to \infty$) fra tråden? Her er ρ avstanden fra z-aksen, dvs. $\rho^2 = x^2 + y^2$ og $r^2 = z^2 + \rho^2$.

Hva er størrelsen til det elektriske feltet (ledende bidrag) E for store avstander r ($\to \infty$)?

b) Den rette tråden med linjeladningstetthet λ gitt i punkt a) gir et elektrisk potensial som kan enten skrives på formen

$$V(z,\rho) = K\{\ln[c_1 - z + (\rho^2 + (c_1 - z)^2)^{1/2}] - \ln[c_2 - z + (\rho^2 + (c_2 - z)^2)^{1/2}]\}$$

eller på formen

$$V(z,\rho) = K\{-\ln[z - c_1 + (\rho^2 + (c_1 - z)^2)^{1/2}] + \ln[z - c_2 + (\rho^2 + (c_2 - z)^2)^{1/2}]\}$$

Vis dette ved å beregne $V(z, \rho)$ slik at en kommer fram til det ene av disse 2 uttrykkene (som gir samme svar), og bestem derved størrelsene K, c_1 og c_2.

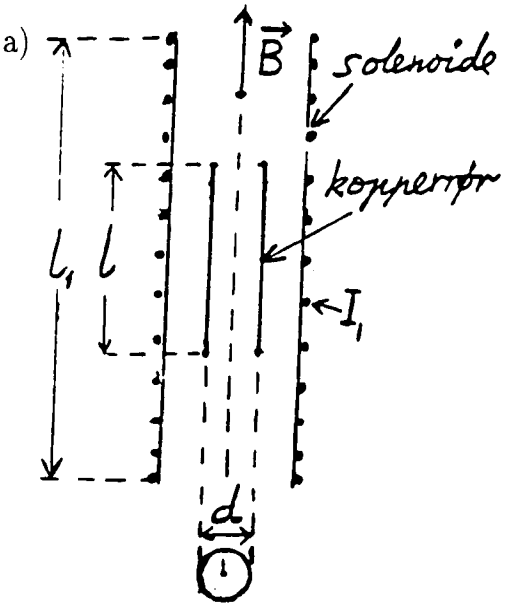
c) Beregn z-komponenten E_z til det elektriske feltet på z-aksen (dvs. for $\rho = 0$) for potensialet gitt i punkt b) for $z > a$. [Hint: Velg det av de 2 uttrykkene for $V(z, \rho)$ som gjør at argumentet i ln[ ] ikke blir lik 0 når $\rho = 0$.]

Oppgitt: $V(r) = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{1}{r}$ (elektrisk potensial fra punktladning), $\mathbf{E} = -\nabla V$

$$\int \frac{du}{(c^2 + u^2)^{1/2}} = \ln[u + (c^2 + u^2)^{1/2}] = -\ln[-u + (c^2 + u^2)^{1/2}] + \ln c^2$$

Oppgave 3

a)



Et rør av kopper med lengde l og diameter $d \ll l$ ligger inne i en lang solenoide (spole) som vist på figuren. Begge er sylinderformet med felles sylinderakse. Strømstyrken I_1 i viklingene til solenoiden genererer et magnetfelt innenfor denne gitt ved

$$B = \mu_0 n I_1.$$

Her er μ_0 permeabiliteten for vakuum og n er tettheten av viklinger (antall viklinger pr. lengdeenhet).

Solenoiden har lengde $l_1 = 25\text{cm}$ og antall viklinger er $N_1 = 300$. Hva blir gjensidig induktans M mellom solenoiden og røret når $l = 10\text{cm}$ og $d = 10\text{mm}$? Hva blir tilsvarende selvinduktansen L til røret? [Hint: Betrakt røret som en spole med $N = 1$ vinding.]

b) En lang rett tråd av jern legges gjennom kopperrøret på langs (dvs. parallelt sylinderaksen). Tråden har sirkelformet tverrsnitt med diameter d_s ($< d$) og dens relative permeabilitet er μ_r. Hva blir nå gjensidig induktans M_s og selvinduktans L_s uttrykt ved d_s, d, μ_r, M og L?

c) I kopperrøret vil det være en ohmsk motstand mot strømmen som blir indusert. Hva blir denne motstanden R når røret er tynnvegget med tykkelse $b = 0,5\text{mm}$ ($\ll d$) og resistiviteten til kopper er $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\Omega\text{m}$?

d) Bestem uttrykket for indusert elektromotorisk spenning $\mathcal{E}$ i røret (dvs. rundt omkretsen av røret) når strømmen i solenoiden er vekselstrøm $I_1 = I_{10} \sin \omega t$ og røret er luftfylt.
Hva er størrelsen E til det tilhørende induserte elektriske feltet i røret?

e) Strømmen $I = I(t)$ rundt omkretsen av røret blir som i en vekselstrømkrets med motstand R og induktans L i serie der påtrykt spenning er $\mathcal{E} = \mathcal{E}(t)$. Sett opp differensiallikningen som knytter sammen I og $\mathcal{E}$ for denne kretsen.

Oppgitt: $\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \mathbf{H}$, $H_{1t} = H_{2t}$
$\phi_{m2} = M I_1$, $\phi_m = LI$
$\mathcal{E} = -\dfrac{d\phi_m}{dt}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$