

Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høy
Tlf. 93654

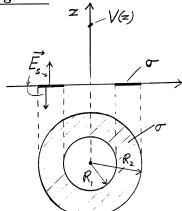
Eksamen i fag SIF4012 Fysikk 2

Onsdag 3. mai 2000
Kl. 09.00 - 13.00

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

Oppgave 1

a)



En tynn sirkelformet skive med ytre radius R_2 og indre radius R_1 har en flateladningstetthet σ som er konstant over skiven. Skiven ligger i xy -planet med sentrum i origo. Hva er det elektriske potensialet $V(z)$ (ledende bidrag) for store z ($\rightarrow \infty$) langs z -aksen? Bestem det elektriske feltet E_z på overflaten av skiven (mellom radiene R_2 og R_1). [Hint: Benytt Gauss lov.]

b) Beregn det elektriske potensialet $V = V(z)$ langs z -aksen for skiva med flateladningstetthet σ gitt i punkt a). [Hint: Bestem først potensialet for en smal ring.]

c) En kopptråd med tverrsnitt $A = 1,5 \text{ mm}^2$ danner en sirkelformet strømsløyfe med radius $R_0 = 5,0 \text{ cm}$. En elektromotorisk spenning $\mathcal{E}$ blir induert rundt denne strømsløyfen. Hva blir den elektriske strømtyrken i sløyfen når $\mathcal{E} = 6,0 \text{ mV}$, og kopper har en konduktivitet $\sigma = 5,81 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ (resistivitet $\rho = 1/\sigma$)?

Oppgitt: $\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q_{\text{in}}$, $V(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ (elektrisk potensial fra punktladning)
 $\int \frac{u du}{(a^2 + u^2)^{n/2}} = -\frac{1}{n-2} \frac{1}{(a^2 + u^2)^{n/2-1}}$

Oppgitt: $\mathbf{F} = I(\mathbf{L} \times \mathbf{B})$, $\mathcal{E} = -\frac{d\phi_m}{dt}$, $\phi_m = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$
 $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = (a_x b_y - a_y b_x)\hat{\mathbf{e}}_z + (a_y b_z - a_z b_y)\hat{\mathbf{e}}_x + (a_z b_x - a_x b_z)\hat{\mathbf{e}}_y$
 $\int \frac{u du}{(a^2 + u^2)^{n/2}} = -\frac{1}{n-2} \frac{1}{(a^2 + u^2)^{n/2-1}}$

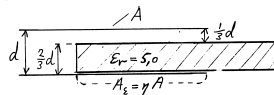
Oppgave 3

a) Vis at ved parallellkopling og seriekopling av 2 kondensatorer (kapasitanser) har en henholdsvis

$$C = C_1 + C_2 \quad \text{og} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

der C_1 og C_2 er de 2 kapasitansene som koples sammen og C er resulterende kapasitans.

b)



En platekondensator med areal A og avstand d mellom platene har en kapasitans C_0 med luft mellom platene. Denne kapasitansen skal dobles ved å legge en dielektrisk plate med tykkelse $d_e = \frac{3}{4}d$ og relativ permittivitet $\epsilon = 5,0$ mellom kondensatorplatene. La A_e være arealet som den dielektriske platen dekker mellom kondensatorplatene. Hva er forholdet $\eta = A_e/A$ når kapasitansen er doblet til $C = 2C_0$? [Hint: Betrakt den resulterende kapasitansen som en serie- og parallellkopling av flere kapasitanser. Se bort fra randeffekter da avstanden mellom platene anses liten i forhold til utstrekningen av disse.]

c)

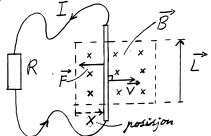


En kapasitans C og motstand R er koplet i serie. Beregn resulterende impedans Z og dens fasevinkel α når $C = 0,25 \mu\text{F}$, $R = 250 \Omega$, og vekselstrømmen har frekvensen $f = \frac{\omega}{2\pi} = 2000 \text{ Hz}$. [Hint: Benytt enten viserdiagram eller komplekse tall for beregning.]

Oppgitt: $Q = CV$, $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$

Oppgave 2

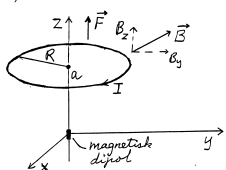
a)



Et rett stykke ledning av lengde L i en strømsløyfe beveger seg med hastighet v gjennom et homogent magnetfelt $\mathbf{B}$ som vist på figuren. Vektorene $\mathbf{v}$, $\mathbf{B}$ og vektoren $\mathbf{L}$ som angir retning og lengde av det rette linjestykket, står vinkelrett på hverandre.

Beregn induert strømtyrke I i kretsen når motstanden i denne er R . Hva er størrelsen på kraften F som virker på ledningen fra magnetfeltet ved denne bevegelsen?

b)



Magnetfeltet fra en magnetisk dipol (f.eks. en solenoide av liten utstrekning) som ligger i origo og er rettet langs z -aksen, er gitt ved

$$\mathbf{B} = \frac{m}{r^3} \left(\frac{3\mathbf{r}}{r} - \hat{\mathbf{e}}_z \right)$$

der $\mathbf{r} = x\hat{\mathbf{e}}_x + y\hat{\mathbf{e}}_y + z\hat{\mathbf{e}}_z$ er radiusvektor ut fra origo og $\hat{\mathbf{e}}_i$ ($i = x, y, z$) er enhetsvektorer langs koordinataksene. En sirkulær strømsløyfe med radius R , som ligger parallelt med xy -planet og med sentrum på z -aksen i posisjonen $z = a$, fører en elektrisk strømtyrke I . Denne strømmen i magnetfeltet gir en kraft på strømsløyfen. På grunn av sylindersymmetrien vil resulterende kraft være rettet langs z -aksen (dvs. x - og y -komponentene forsvinner). Beregn størrelsen F av denne resulterende kraften langs z -aksen som virker på strømsløyfen på grunn av det gitte magnetfeltet. [Hint: Betrakt f.eks. et lengdelement $ds = \hat{\mathbf{e}}_\phi dx$ på et av de to stedene der strømsløyfen krysser yz -planet, og finn først bidraget fra dette. Bruk så at sylindersymmetrien gir samme bidrag fra alle andre lengdelement av samme lengde.]

c) Ved å la magnetfeltet fra dipolen under punkt b) variere med tiden vil det indueres en elektromotorisk spenning $\mathcal{E}$ i ringen (strømsløyfen) med radius R og sentrert i $z = a$. Hva blir $\mathcal{E}$ når z -komponenten til dette magnetfeltet er ($z = a$)

$$B_z = \frac{m}{r^3} (3a^2 - r^2)$$

hvor $m = m(t) = m_0 \cos \omega t$ der ω er vinkelfrekvensen? ($r^2 = a^2 + \rho^2$ der $\rho^2 = x^2 + y^2$.) [Hint: Beregn først den magnetiske fluksen ϕ_m gjennom strømsløyfen.]

(Oppgitt: Se øverst neste side.)