Institutt for fysikk, NTNU

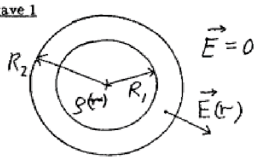
Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S.Høye
Tld. 93654

EKSAMEN I FAG SIF 4012 FYSIKK 2
ONSDAG 20.MAI 1998
KL.0900–1300

Tillatte hjelpemidler:
Godkjent lommekalkulator
Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae

## Oppgave 1

a)




En kulesymmetrisk ladningsfordeling (ladning pr. volumenhet) befinner seg innenfor radien $R_1$ og er gitt ved

$$\rho = \rho(r) = \rho_0\left(\frac{r}{R_1}\right)^2 \qquad r < R_1,$$

($\rho = 0$ når $r < R_1$ og $r \neq R_2$).

I avstanden $R_2$ ligger et ledende kuleskall med ladning slik at det elektriske feltet $E = 0$ utenfor ($r > R_2$). Hva er samlet ladning $Q_1$ innenfor radien $r = R_1$.

b) Hva er flateladningen (ladning pr. flateenhet) $\sigma$ på det ytre kuleskallet ved $r = R_2$

Beregn det elektriske feltet $E = E(r)$ for $0 < r < R_2$ når permittiviteten er $\epsilon_0$ som for vakuum. (Anta $Q_1$ kjent slik at svaret her og nedenfor kan uttrykkes ved $Q_1$ istedenfor $\rho_0$ til forenkling.)

Rommet mellom radiene $R_1$ og $R_2$ fylles med et dielektrisk medium med relativ permittivitet $\epsilon_r$ ($> 1$). Hva blir nå det elektriske feltet $E_r = E_r(r)$ når en sammenlikner med resultatet uten dielektrisk medium.

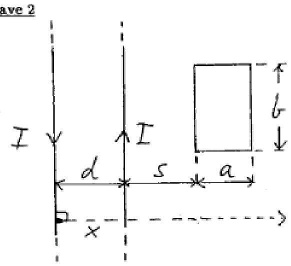


c) Den gitte ladningsfordelingen representerer en elektrostatisk energi. Beregn denne elektrostatiske energien U uten dielektrisk medium mellom radiene $R_1$ og $R_2$.

Oppgitt: $\oint \mathbf{D}d\mathbf{A} = Q$, $\quad D = \epsilon_r\epsilon_0 E$.
$u = \frac{1}{2} ED \qquad dV = 4\pi r^2 dr$

## 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

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

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 $\ell$ ($>> d$) kan betraktes som en kapasitans (kondensator). Beregn den tilhørende kapasitansen C når permittiviteten er $\epsilon_0$ som for vakuum.

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 ($<< \ell$) 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 indusert elektromotorisk spenning $\mathcal{E}$ i denne strømsløyfen når det er vekselstrøm i ledningene med strømstyrke

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

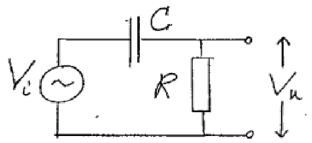
der $\omega$ er vinkelfrekvens og t er tiden.

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

## Oppgave 3

a) Hva er sammenhengen mellom strømmen $I = I(t)$ og spenningen $V = V(t)$ i en enkelt motstand R, enkelt induktans L og en enkelt kapasitans C ?

b)



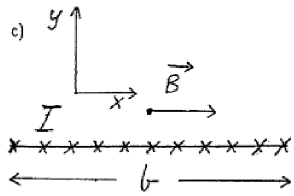

Kretsen på figuren representerer et enkelt høypassfilter. Beregn forholdet mellom ut– og inn–spenning

$$F = V_u/V_i$$

som funksjon av vinkelfrekvensen $\omega$ av vekselspenningen.
[Hint: Benytt enten visediagram eller komplekse tall for beregning.]



c)




Et strømførende bånd fører elektrisk strøm vinkelrett på xy–planet som vist på figuren. Strømstyrken I er jevnt fordelt over båndbredden b. Beregn magnetfeltet B nær overflaten av båndet.

Oppgitt: $\oint \mathbf{B}d\mathbf{s} = \mu_0 I$.