

NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Jon Andreas Støvneng
Telefon: 73 59 41 93 / 41 43 39 30

KONTINUASJONSEKSAMEN I FAG

SIF 4012 ELEKTROMAGNETISME
(SIF 4012 FYSIKK 2)

Mandag 29. juli 2002

kl. 0900-1400

Hjelpemidler: C

- K. Rottmann: Matematisk formelsamling
- O. Øgrim og B. E. Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk
- Typegodkjent kalkulator, med tomt minne, i henhold til liste utarbeidet av NTNU

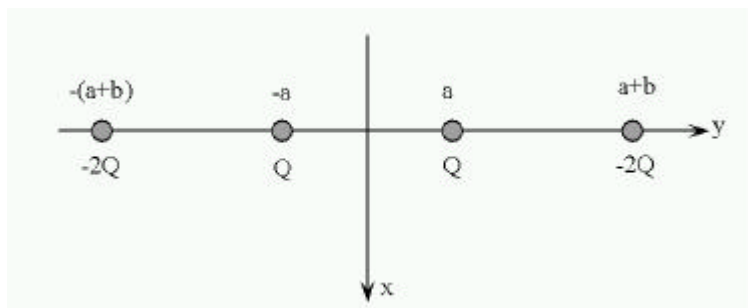
Side 2 – 4: Oppgave 1 – 4.
Side 5 – 7: Formelsamling.

Eksamen består av 10 deloppgaver som alle teller like mye under bedømmelsen.
Vektorstørrelser er angitt med **fete** typer i oppgaveteksten.
I samtlige oppgaver kan det antas at det omgivende mediet er luft, med permittivitet $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m og permeabilitet $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

Sensuren kan ventes ca 20. august 2002.

OPPGAVE 1

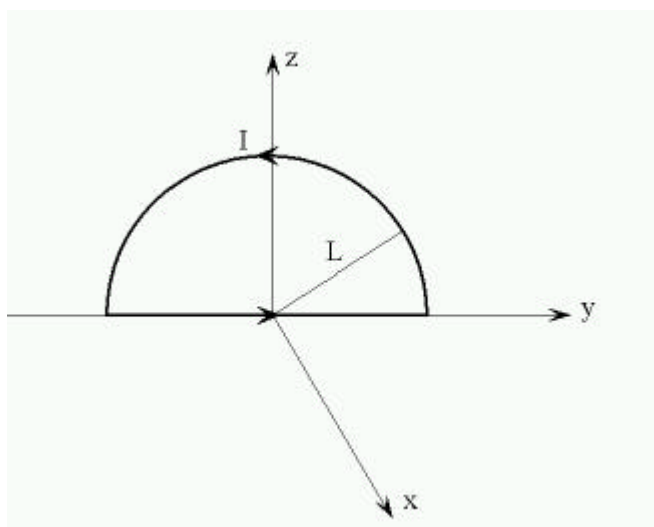
Fire punktladninger ligger fast på y-aksen: Positive ladninger Q i $y = a$ og $y = -a$, og negative ladninger $-2Q$ i $y = a + b$ og $y = -(a + b)$:



- Skisser feltlinjer for det elektriske feltet $\mathbf{E}$ i xy-planet, både på en lengdeskala av størrelsesorden a (f.eks $a = 1$ cm på papiret) og på en lengdeskala mye større enn a (dvs $a \ll 1$ cm på papiret).
- Bestem $\mathbf{E}(x)$ og det tilhørende potensialet $V(x)$ på x-aksen. (Velg $V = 0$ når $x \rightarrow \infty$.) Hva blir $\mathbf{E}(x)$ når $x \gg a, b$?
- En positiv testladning q kan bevege seg friksjonsfritt, og bare langs x-aksen. Hva er nettokraften som virker på testladningen dersom den plasseres i origo? Anta så at testladningen forskyves littegrann bort fra origo. For hvilke verdier av forholdet b/a vil da testladningen vende tilbake til origo? Hva må b/a være for at testladningen ikke skal forsvinne mot $x = \infty$?

OPPGAVE 2

Ei lukket strømsløyfe fører en elektrisk likestrøm I , er formet som en halvsirkel med radius L og ligger i yz-planet som vist i figuren:



- Skisser feltlinjer for magnetfeltet $\mathbf{B}$ i xz-planet. Hva er strømsløyfas magnetiske moment m ?

b) Bestem $\mathbf{B}(x)$ på x -aksen. (Hint: Beregn bidragene fra strømsløyfas rette og krumme del hver for seg.)

c) For små avstander ($x \ll L$) og for store avstander ($x \gg L$) fra strømsløyfa blir x -avhengigheten til B på x -aksen henholdsvis på formen x^m og x^n . Bestem eksponentene m og n , og dessuten retningen på $\mathbf{B}$ i disse to grensetilfellene.

Oppgitt:

Størrelsen på magnetfeltet B fra en rett strømførende leder (likestrøm I) med lengde $2L$, i planet som halverer lederen, og i en avstand d fra lederen, er:

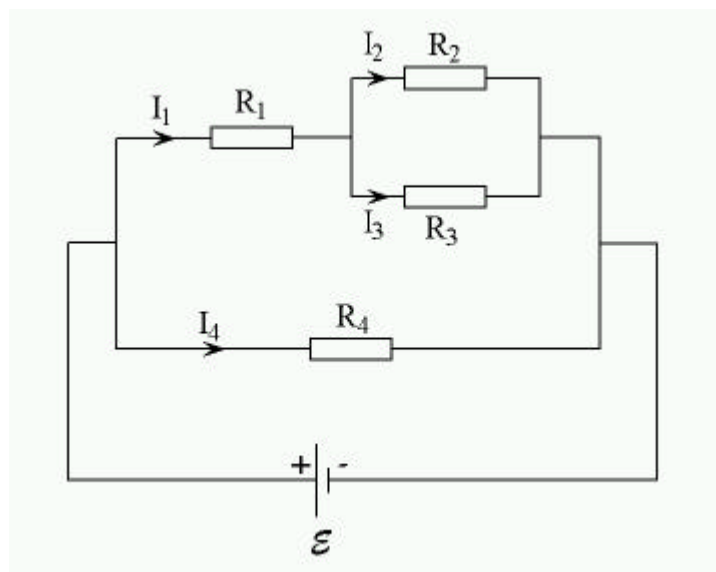
$$B = \frac{\mu_0 I L}{2\pi d(L^2 + d^2)^{1/2}}$$

Størrelsen på magnetfeltet B fra ei sirkulær strømsløyfe (likestrøm I) med radius L , på symmetriaksen, og i en avstand d fra strømsløyfas sentrum, er:

$$B = \frac{\mu_0 I L^2}{2(L^2 + d^2)^{3/2}}$$

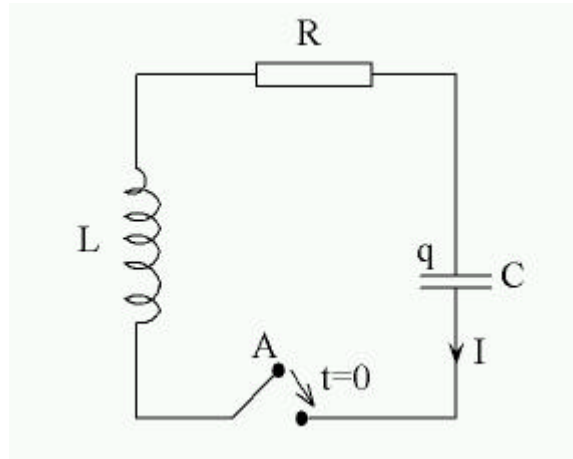
OPPGAVE 3

Bestem den totale motstanden R og de ulike strømstyrkene I_j ($j=1,2,3,4$) for følgende likestrømskrets med motstander $R_j = j \, \Omega$ ($j=1,2,3,4$) og ideell spenningskilde $E = 5 \text{ V}$:



OPPGAVE 4

En elektrisk krets består av en motstand R , en spole med selvinduktans L og en platekondensator med kapasitans C som vist i figuren:



Kondensatoren har i utgangspunktet ladninger $+Q_0$ og $-Q_0$ på de to platene, dvs $q(t < 0) = Q_0$. Ved tiden $t = 0$ lukkes bryteren A slik at en elektrisk strøm I kan gå gjennom kretsen.

a) Vis at ladningen q på kondensatoren beskrives av differensialligningen

$$\ddot{q} + 2g\dot{q} + w_0^2 q = 0$$

(der $\dot{q} = dq/dt$, $\ddot{q} = d^2q/dt^2$) og bestem koeffisientene g og w_0 . Gi en fysisk begrunnelse for at $I(t=0) = 0$.

b) Løsningen for $q(t)$ kan skrives på formen

$$q(t) = e^{-gt} (a \cos wt + b \sin wt)$$

der $w = (w_0^2 - g^2)^{1/2}$. (Anta at $w_0 > g$.) Benytt initialbetingelsene for q og I til å fastlegge koeffisientene a og b .

c) Vis at energien knyttet til strømmen I gjennom spolen og ladningen q på kondensatoren er henholdsvis $\frac{1}{2} LI^2$ og $\frac{1}{2} q^2/C$. Etter lang tid, dvs $t \rightarrow \infty$, er systemet i likevekt. Hvor mye energi er da gått over til varme i motstanden R ?