

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.

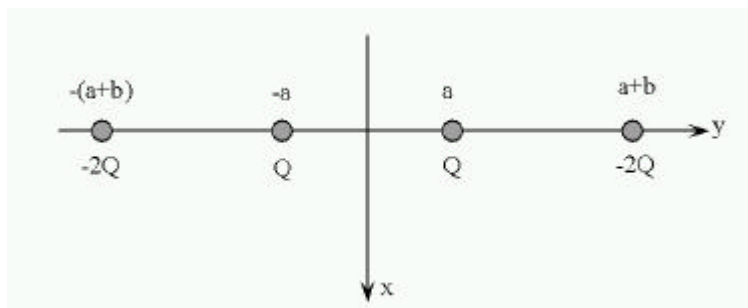
Vektorstørrelser er angitt med **fete** typer i oppgaveteksten.

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

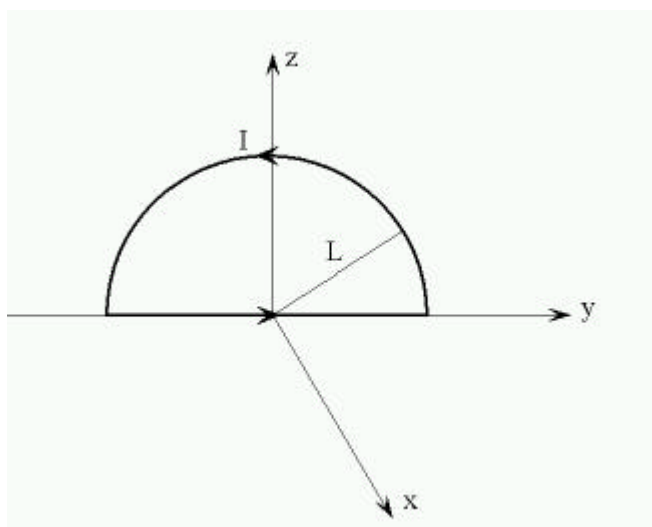
Fire punktladninger ligger fast på  $y$ -aksen: Positive ladninger  $Q$  i  $y = a$  og  $y = -a$ , og negative ladninger  $-2Q$  i  $y = a + b$  og  $y = -(a + b)$ :



- 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  $\mathbf{m}$ ?

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:

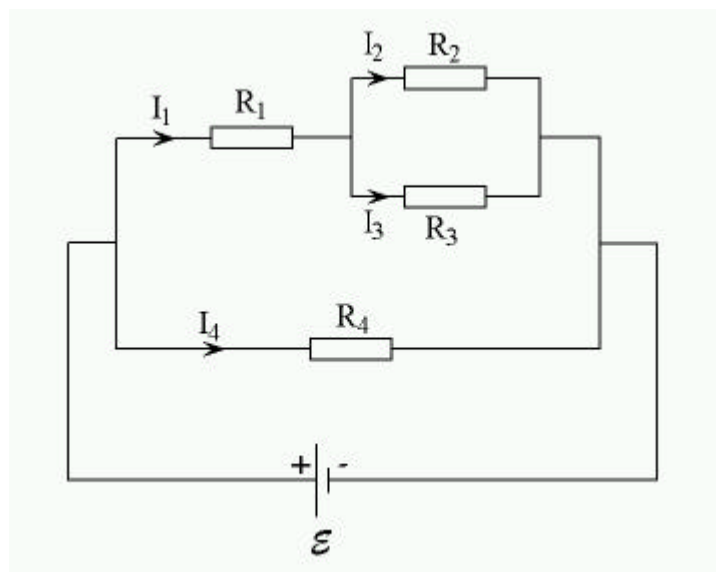
$$B = \frac{\mu_0 I L}{2\pi d(L^2 + d^2)^{1/2}}$$

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

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

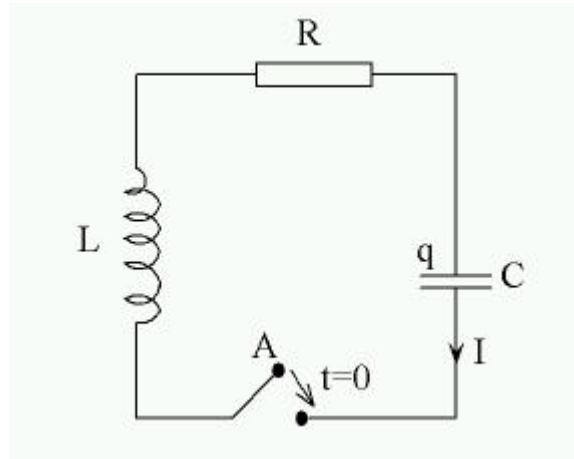
### OPPGAVE 3

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  $R$ ?