

NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Bjørn Torger Stokke

Tlf: 93434

**EKSAMEN I FAG 74142 FYSIKK 2**

Fakultet for Bygg og -miljøteknikk

Fredag 12. desember 1997

Tid: kl. 0900 – 1300.

Tillatte hjelpemidler: B2- Typegodkjent kalkulator med tomt minne.  
O. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk  
K. Rottmann: Matematische Formelsammlung  
S. Barrett og T.M. Cronin: Mathematical Formulae  
H.D. Young: University Physics, eller  
H. Benson: University Physics

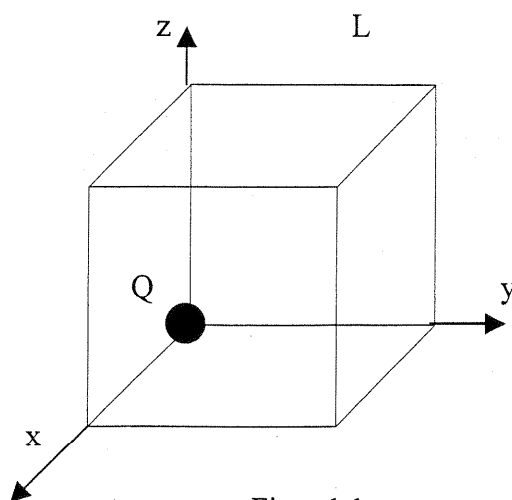
OPPGAVE 1.

- a) Det elektrostatiske potensialet  $V(r)$  til en sfærisk symmetrisk ladningsfordeling er gitt ved:

$$V(r) = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot (5 - 4(r/R)^2) & \text{for } r < R \\ \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} & \text{for } r > R \end{cases}$$

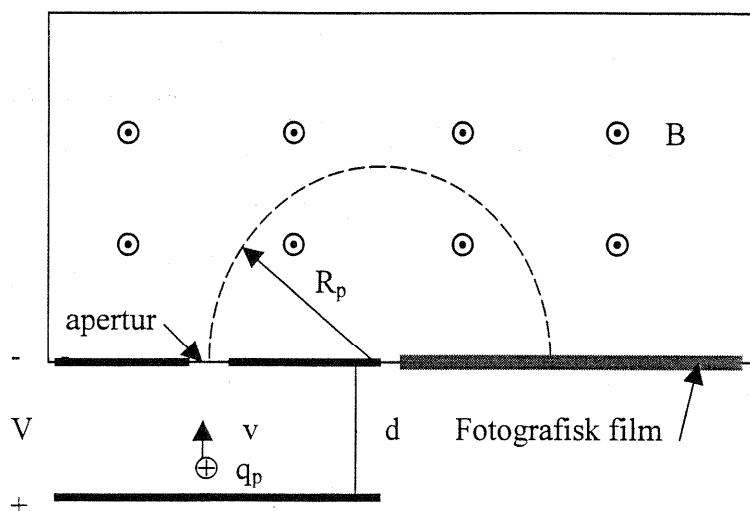
Beregn det elektriske felt  $E(r)$  for  $0 < r < \infty$ . Skisser  $E(r)$ . Hvor er ladningen og hvordan er den fordelt?

- b) En punktladning  $Q = 20 \text{ mC}$  er plassert i det en hjørne av en likesidet kube som vist i Figur 1.1, med sidekant  $L$ . Beregn den elektriske fluks gjennom hver av de seks like store flatene. Mediet har dielektrisitetskonstant  $\epsilon_0$ .



Figur 1.1

- c) Et proton med ladning  $q_p$  og masse  $m_p$  blir akselerert ved hjelp av et elektrisk potensial  $V$ ,



Figur 1.2

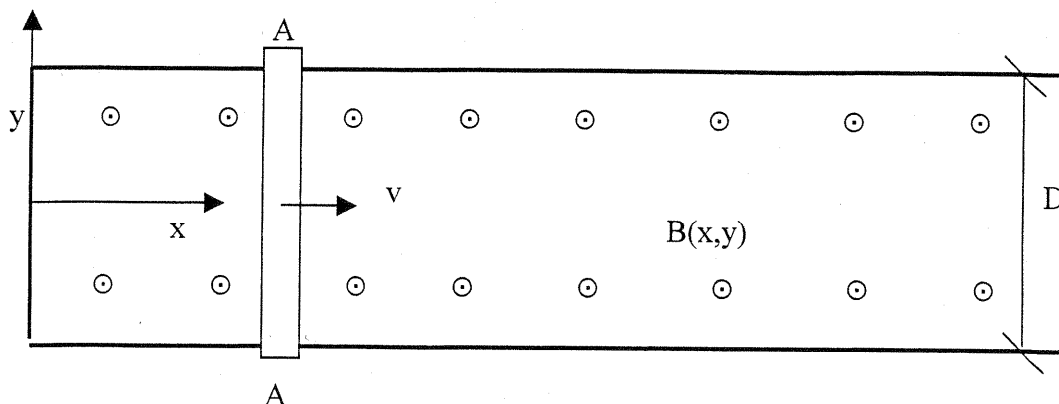
for så å gå inn i et område med konstant magnetfelt  $\vec{B}$ . Dette er vist skjematisk i Figur 1.2. Protonet er i ro ved start fra en posisjon på den positivt ladede platen. Avstanden mellom platene som setter opp potensialet er  $d$ . Beregn hastigheten til protonet når det går inn i området med det homogene magnetfeltet når  $V = 3.0 \text{ kV}$  og  $d = 1.0 \text{ mm}$ . Hvor treffer protonet den

fotografiske filmen som er lagt i samme plan som den platen med negativ pol når magnetfeltet  $B = 0.40 \text{ T}$  ?

- d) Når vi undersøker en blanding av to positivt ladede ioner med oppsettet i oppgave 1c) finner vi to flekker på den fotografiske filmen som treffer i en avstand  $2.5 R_p$  og  $5 R_p$  fra aperturen i akselerasjonsplaten. Hva er massen til disse partiklene når det er kjent at de begge har en ladning  $2q_p$  ?

## OPPGAVE 2.

En ledende stav A-A kan gli friksjonsfritt på to parallelle skinner som er forbundet med en rett skinne av samme materialet i den ene enden som vist i Figur 2.1, slik at systemet danner en lukket strømsløyfe.



Figur 2.1

Avstanden mellom de parallelle delene av skinnene er  $D$ , og den rette forbindelsesskinne er plassert ved  $x=0$  som vist i Figur 2.1 Skinnene er plassert i et ytre magnetfelt:

$$\vec{B}(x,y) = B_0 \vec{j} + 3 B_0 (1 + \beta x) \vec{k}$$

hvor  $\beta$  er en koeffisient. Materialet som skinnene er laget av har en spesifikk motstand  $\lambda$  per lengdeenhet. Den ledende staven A-A har spesifikk motstand  $\lambda_A$  per lengdeenhet og total masse 20 g. Den ledende staven A-A beveges med konstant hastighet  $v$  med start fra  $x = 0$  og i positiv  $x$ -retning. Se bort fra utstrekningen på staven A-A i  $x$ -retningen i beregningene.

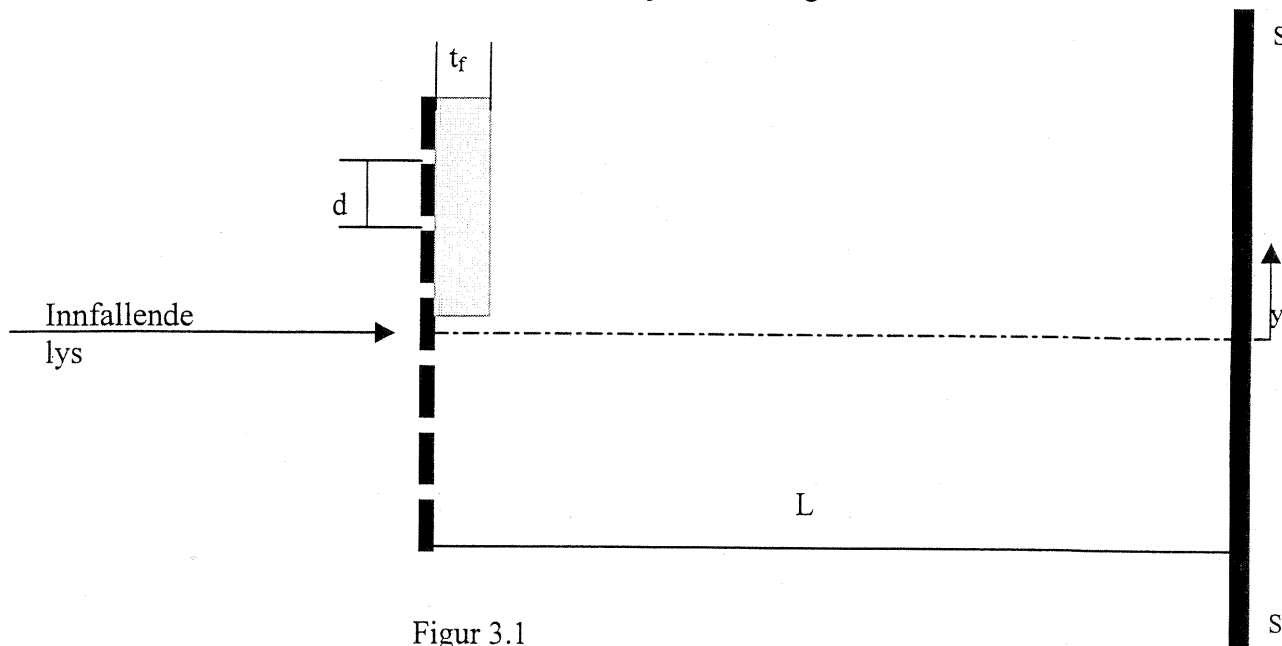
- Beregn den magnetisk fluks gjennom den lukkede sløyfen som funksjon av tiden  $t$ .
- Beregn strømmen som den induserte elektromotoriske kraften genererer. Hvilken retning har den induserte strømmen ?
- På grunn av den induserte strømmen i sløyfa og det ytre magnetfeltet vil det virke en kraft på staven. Angi størrelse og retning på kraften vi må bruke for å bevege staven med konstant hastighet  $v$ .

## OPPGAVE 3

Linjespekteret fra hydrogen emitterer lys ved to bølgelengder,  $\lambda$ , i området fra 450 nm til 700nm.

- a) Gi en kortfattet forklaring av hvordan slike linjespekter fremkommer og vis at de to bølgelengdene fra hydrogen i det angitte området er  $\lambda_a = 656.2$  nm og  $\lambda_b = 486.1$  nm.

Vi skal nå bruke en av linjene fra linjespekteret fra hydrogen som lyskilde i et oppsett for å bestemme tykkelse på tynne filmer illustrert skjematisk i Figur 3.1



Figur 3.1

Lyset sendes inn som plane bølger mot et oppsett som består av et gitter med  $N$  spalter (antall spalter i Figur 3.1 viser kun et lite antall). Vi setter inn den tynne filmen over de  $N/2$  øverste spaltene som skissert i figuren. Den tynne filmen har uniform tykkelse  $t_f$  og har brytningsindeks  $n_a = 1.63$  for lys med bølgelengde  $\lambda_a$  og  $n_b = 1.75$  for lys med bølgelengde  $\lambda_b$ . Vi regner med at intensiteten ikke endres ved at lyset passerer filmen. Avstanden  $L$  mellom gitteret og observasjonsskjermen S-S er 1 m. Diffraksjon på grunn av endelig utstrekning av hver spalte kan ses bort fra i beregningene.

- b) Gitteret må først kalibreres. Ved bruk av viserdiagram kan det vises at intensitetsfordelingen på skjermen uten filmen innsatt er gitt ved:

$$I = I_0 \frac{\sin^2(N\varphi/2)}{\sin^2(\varphi/2)}$$

Definer størrelsene i denne likningen. Avstanden mellom nabo-interferensmaksima er observert til 5 mm uten filmen innsatt over halvparten av spaltene ved bruk av  $\lambda_a$  som lyskilde. Hva er spalteavstanden i gitteret ?

- c) Den uniformt tykke og transparente filmen settes nå inn over de  $N/2$  øverste spaltene i oppsettet. Det observeres at hovedmaksima forskyver seg med 2.5 mm i forhold til situasjonen uten den tynne filmen er innsatt og når lys med bølglengde  $\lambda_a$  brukes. Hva er minste tykkelse filmen kan ha for å observere dette ?
- d) Vi ønsker å kunne måle tykkelsen på tynne filmer med en presisjon bedre enn 20 nm ved oppsettet som er vist skjematisk i Figur 3.1. Hvor mange spalter trenges i gitteret for å oppnå denne oppløsningen ved bruk av linjen fra hydrogenspekteret med bølglengde  $\lambda_a$  ? Hva er oppløsningsevnen til dette gitteret ved bruk av linjen fra hydrogenspekteret med bølglengde  $\lambda_b$  og hvilken av de to bølglengdene ville du velge for å oppnå den mest nøyaktige målingen ?