UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Navn: Ola Hunderi
Tlf.: 93411

EKSAMEN I FAG 74142 - FYSIKK
Avd. III (Bygg)
11. januar 1995
Tid: kl. 0900-1300

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
O.H. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk
K. Rottmann: Matematische Formelsammling
S. Barrett og T.M. Cronin: Mathematical Formulae

Oppgave 1

En sfærisk symmetrisk ladningsfordeling med radius R gir et elektrisk felt

$$\vec{E} = \frac{\rho_0}{\varepsilon_0}\left[\frac{r}{3} - \frac{r^2}{4R}\right]\hat{r} \qquad r \leq R$$

og

$$\vec{E} = \frac{Q_0}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r} \qquad r \geq R$$

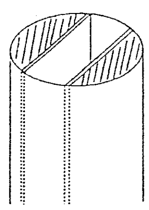
a) Bruk Gauss lov til å finne ladningstettheten $\rho(r)$ for $r \leq R$. Finn Q_0 uttrykt ved ρ_0 og R.

b) Beregn potensialet V(r) for

i) $r \leq R$
ii) $r > R$

Sett $V(\infty) = 0$

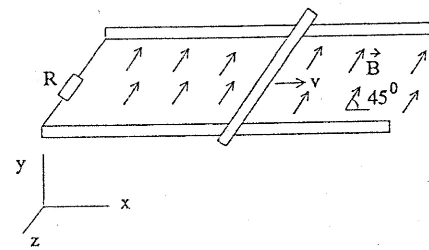
c) En elektrostatisk presipitator er et system for å rense støv fra røyk i fabrikker. Hver støvpartikkel tilføres en ladning Q_0 ved inngangen til presipitatoren. Presipitatoren består av to plater med en spenningsforskjell V som settes inn i pipa (se Figur 1.1). Støvpartiklene stiger opp gjennom pipa/presipitatoren mellom platene og avbøyes av det elektriske feltet og samles opp på en av elektrodene. Hvor stor ladning må støvpartiklene tilføres for at alle skal oppfanges dersom deres masse $m = 10^{-14}$ kg, farten av røyken er 1 m/s, avstanden mellom platene er 2 m, lengden av pipa er 10 m, og spenningen mellom platene er 50 V?



Figur 1.1.

Oppgave 2

En ledende stav kan gli friksjonsfritt på to parallelle skinner slik som vist på figuren. Skinnene er i ene enden forbundet gjennom en motstand R, slik at systemet danner en lukket strømsløyfe som vist på figuren.



Figur 2.1.

Sløyfa ligger i x-z-planet (horisontalplanet) med skinnene langs x-aksen. Avstanden mellom skinnene er l. Systemet befinner seg i et magnetfelt B. Magnetfeltet ligger i x-y-planet og danner 45° med sløyfas plan. $B_x = B_y > 0$, $B_z = 0$. Styrken av magnetfeltet er gitt av:

$$B = B_0 + B_1 x$$

a) Beregn fluksen gjennom sløyfa som funksjon av posisjonen x til staven. x regnes fra sløyfas venstre kant.

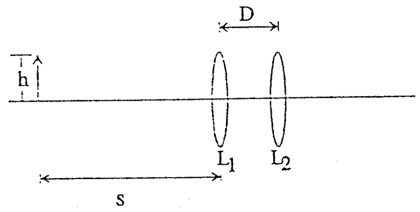
Staven beveges med en konstant hastighet v mot høyre (se figur). Beregn strømmen i sløyfa som funksjon av x. Angi retningen av strømmen.

b) På grunn av strømmen i sløyfa og det ytre feltet B vil det virke en kraft på staven. Angi størrelse og retning av denne kraften. Angi også den mekaniske effekt vi må bruke for å bevege staven og sammenlign denne med den Ohmske varmeutviklingen i motstanden R.

c) Kraften under b) vil også ha en vertikal komponent. For en bestemt verdi av x vil denne bli så stor at staven et lite øyeblikk vil lette fra skinnene. Beregn denne posisjonen når stavens masse er m og tyngdens akselerasjon er g.

Oppgave 3

Et sammensatt linsesystem består av to linser L_1 og L_2 slik som vist på figuren. Linsene har henholdsvis brennviddene $f_1 = 50$ mm og $f_2 = 80$ mm og avstanden mellom linsene er D = 10 mm.



Figur 3.1.

a) Et objekt plasseres i en avstand s = 80 mm fra den første linsa. Objektet har en høyde h = 10 mm.

i) Tegn en figur som viser strålegangen i linsesystemet.

ii) Beregn avstanden mellom linse L_2 og det endelige billedpunktet. Er bildet reelt eller virtuelt?

iii) Vis at longitudinal forstørrelse for en linse generelt er gitt av:

$$m_L = \frac{ds'}{ds} = -\left(\frac{s'}{s}\right)^2$$

Her er s objektavstand og s′ billedavstand fra linsa. Beregn så transversal og longitudinal forstørrelse i bildet som dannes av det sammensatte linsesystemet og transversal og longitudinal størrelse av bildet når tykkelsen av objektet er 2 mm.

Oppgitt: Linseformelen lyder:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

Legg merke til at fortegnskonvensjonene i formelsamlingen er forskjellig fra den som er brukt i læreboka.

b) Et sammensatt linsesystem består av to tynne linser L_1 og L_2 i kontakt med hverandre og med fokallengder f_1 og f_2. Vis at den effektive fokallengden til det sammensatte linsesystemet er gitt av:

$$\frac{1}{f_{syst}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

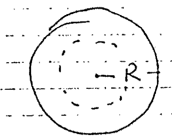
Vi ser her bort fra avstanden mellom linsene.

Hint: Se på avbildningen av et pukt som ligger uendelig langt borte fra linsesystemet.

FYSIKK 2 – VINTER 95

LØSNINGSFORSLAG

OPPGAVE 1



Vi legger en Gaussflate i området r<R

Da kan vi skrive

$$\oint \vec{E}\cdot\hat{u}_n\, dA = E\cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{innenfor}}{\epsilon_0} = \frac{\int_0^r \rho(z)\, 4\pi z^2\, dz}{\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 E(r)\, r^2 = \int_0^r \rho(z) z^2\, dz$$

$$\epsilon_0 \frac{\rho_0}{\epsilon_0}\left[\frac{r}{3} - \frac{r^2}{4R}\right] r^2 = \int_0^r \rho(z) z^2\, dz$$

Vi deriverer denne ligningen og får da

$$\rho_0\left[r^2 - \frac{r^3}{R}\right] = \rho(r)\, r^2$$

$$\Rightarrow \quad \underline{\rho(r) = \rho_0\left(1 - \frac{r}{R}\right)}$$

For $r > R$ er $E \sim \frac{1}{r^2}$, det viser at all ladning er i området $r \leq R$. Dette betyr at

$$Q_0 = \int_0^R \rho(r)\, 4\pi r^2\, dr = 4\pi\rho_0 \int_0^R \left(1 - \frac{r}{R}\right) r^2\, dr$$

$$Q_0 = \frac{\pi}{3}\rho_0 R^3$$