

NTNU
Institutt for Fysikk

Faglig kontakt under eksamen:
Bård Tøtdal, tlf 73593594

**Eksamen i TFY4110 Fysikk
for studenter ved Geofag og Petroleumsteknologi
3. desember 2004.**

Tid: 4 timer (kl 0900 – kl 1300).

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator av type **HP 30 S**.
Knutsen: Formler og data i fysikk.
Rottmann: Mathematische Formelsammlung.
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae.
Jahren & Knutsen: Formelsamling i matematikk.

Oppgave 1

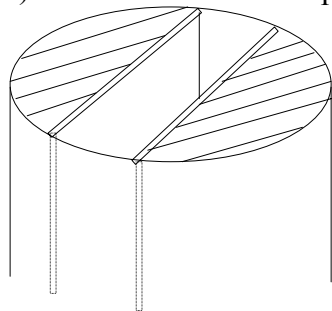
En kule med radius R og permittivitet ϵ_0 har en ladningstetthetsfordeling $\rho(r)$ gitt ved

$$\rho(r) = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \text{ der } \rho_0 \text{ er en konstant.}$$

- a) Vis at det elektriske feltet for $r \leq R$ er $\vec{E} = \frac{\rho_0 r}{\epsilon_0} \left(\frac{4R-3r}{12R}\right) \hat{r}$ og for $r > R$ er

$$\vec{E} = \frac{\rho_0 R^3}{12\epsilon_0 r^2} \hat{r} \text{ der } \hat{r} \text{ er radiell enhetsvektor. Finn også kulens totale ladning.}$$

- b) Beregn potensialet $V(r)$ for $r \leq R$ og for $r > R$. Sett $V(\infty) = 0$.
c) En elektrostatiske presipitator er et system for å fjerne støv fra røyk i fabrikkpiper.



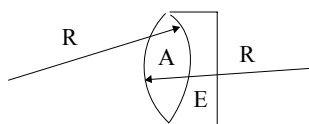
Presipitatoren består av to plater som er satt inn i pipen (kfr figuren). Platene har en spenningsforskjell V . Hver støvpartikkel tilføres en ladning q ved inngangen til presipitatoren nederst i pipen. Støvpartiklene stiger opp gjennom pipen/presipitatoren mellom platene, avbøyes av det elektriske feltet og samles opp på en av elektrodene. Hvor stor ladning må støvpartiklene tilføres for at alle skal oppfanges dersom deres masse er $m = 10^{-14}$ kg, røykfarten er $v = 1$ m/s, avstanden mellom platene er $d = 2$ m, pipelengden er $L = 10$ m og spenningsforskjellen mellom platene er 50 V?

Oppgave 2

- a) En punktformet lyskilde er plassert 100 cm foran en vertikal skjerm. Vi ønsker å oppnå et skarpt bilde av lyskilden på skjermen, og har til rådighet en tynn samlelinse A med fokalavstand $f_R = 16,00$ cm for rødt lys. Hvor bør linsen plasseres, og hvilken forstørrelse får bildet når vi bruker rødt lys?
b) Linsen er laget av en glasstype der brytningsindeksen varierer litt med bølgelengden. Brytningsindeksen for rødt lys er $n_R = 1,50$, for gult lys er den $n_G = 1,51$ og for blått lys er den $n_B = 1,52$. Beregn fokalavstandene f_G for gult og f_B for blått lys.

c) Vis at hvis to tynne linser med fokalavstand henholdsvis f_1 og f_2 er oppstilt langs samme optiske akse og meget nær hverandre, er fokalavstanden f for kombinasjonen gitt ved $1/f = 1/f_1 + 1/f_2$.

d) Den omtalte linsen A er konveks med krumningsradius R på begge sider. For å motvirke den kromatiske aberrasjon (endringen i fokalavstanden med bølgelengden, dvs med lysets farve) bruker vi den sammen med en linse E som er flat på en side og er konkav med krumningsradius R på den andre siden (kfr figuren). For rødt, gult og



blått lys har linse E brytningsindekser henholdsvis 1,60, 1,62 og 1,64. To slike sammenstilte linser kalles gjerne en linsedublett. Finn et uttrykk for denne linsedublettens fokalavstand når brytningsindeksen for A kalles n_A og brytningsindeksen for E kalles n_E . Vi antar at lyset kommer inn mot A.

e) Bruk de oppgitte verdiene for brytningsindeksene til å vise at linsedubletten har samme fokalavstand for alle tre bølgelengder.

Oppgave 3

a) Vi gir elektroner hastighet ved å la dem gjennomløpe et akselerasjonspotensial på 150 V. Deretter blir elektronene ført inn i et område med et elektrisk felt $E = 6,0 \cdot 10^6$ V/m vinkelrett på fartsretningen. Det elektriske feltet kombineres med et magnetfelt slik at elektronene ikke blir avbøyd fra sin opprinnelige fartsretning. Elektronene har ladning $-e = -1,60 \cdot 10^{-19}$ C og masse $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg

Hvilken retning må magnetfeltet ha, og hvor sterkt er det? Tegn figur.

b) Ni-ioner med ladning $+e$ akselereres gjennom et potensialfall på 3,0 kV og blir så ført inn i et område med et magnetfelt $B = 0,12$ T vinkelrett på fartsretningen. Ionebanens krumningsradius blir 500,5 mm. Hva er ionenes masse? Tegn figur der ionebanen angis i forhold til magnetfeltets retning.