

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

Mandag 6. desember 1999

Tid: kl. 09.00 – 13.00.

Tillatte hjelpemidler: B2- Typegodkjent kalkulator med tomt minne.

O. Jähren 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

Sensur faller i uke 1, 2000

OPPGAVE 1.

En sfærisk symmetrisk ladningsfordeling ρ gir opphav til følgende elektrostatiske potensial:

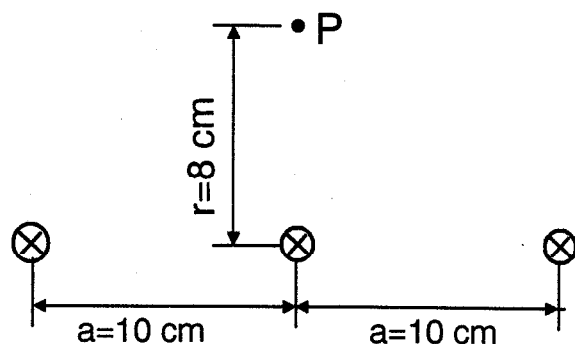
$$V(r) = \frac{\rho_0 a^2}{18\epsilon_0} [1 - 3(r/a)^2 + 2(r/a)^3] \quad \text{for } r \leq a$$

$$V(r) = 0 \quad \text{for } r > a$$

hvor ρ_0 er en konstant (enhet C/m^3) og a er konstant med enhet m.

- Utled et uttrykk for det elektriske feltet for $r \leq a$ og $r > a$.
Er det elektriske feltet kontinuerlig for $r = a$?
- Utled et uttrykk for ladningsfordelingen $\rho(r)$ for $r \leq a$ og $r > a$.
- Vis at nettoladningen i området $r > a$ er null. Er dette i samsvar med resultatet for det elektriske feltet som ble beregnet i oppgave a) ?

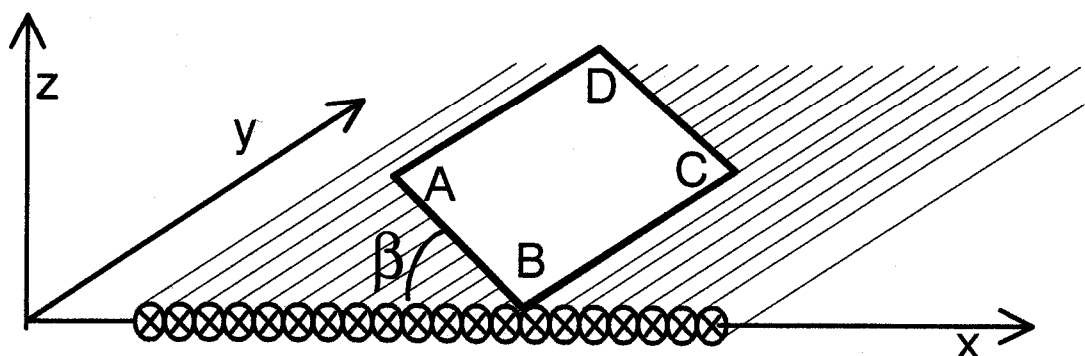
OPPGAVE 2



Figur 1. Tre strømførende ledere i et plan

a) Tre lange, parallelle ledere som hver fører en strøm $I = 5 \text{ A}$ i samme retning (normalt på papirplanet) er plassert som vist i Figur 1. Bruk Ampères lov til å finne magnetisk feltstyrke rundt en leder. Hva er den magnetiske feltstyrke på grunn av strømmen i de tre lederne i punktet P på figuren i en avstand $r = 5 \text{ cm}$ fra den midterste lederen ?

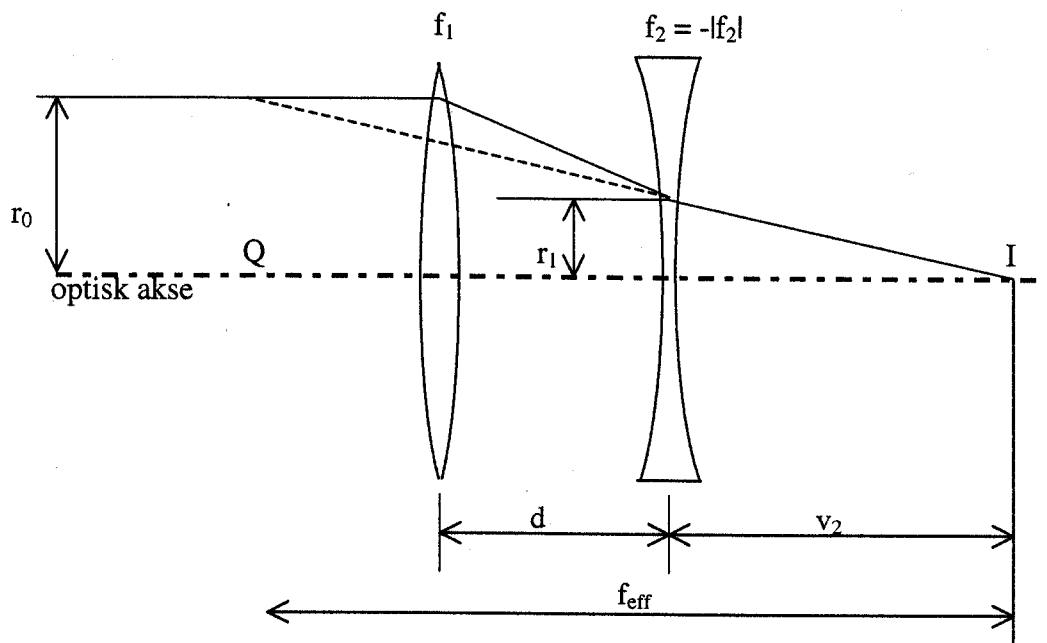
- b) Vi lager et strømførende plan ved å legge mange ledere tett sammen (illustrert i Fig. 2 i forbindelse med oppgave 2c). Alle lederne fører strøm i samme retning. Strømmen i hver leder er den samme, $I = 5 \text{ A}$, og det er 500 ledninger per meter målt på tvers av ledningene. Vis at det magnetiske feltet i nærheten av planet er et homogent felt. (Vi ser bort fra eventuelle kanteffekter). Bruk Ampères lov til å finne magnetfeltet B i en avstand $h = 5 \text{ cm}$ over planet av strømførende ledere.
- c) Strømmen i lederne i det strømførende plan avtar slik at $I(t) = I_0(1 - \alpha t)$, over et gitt tidsintervall. I_0 er strømmen som er angitt tidligere og lik 10 A , og α skal bestemmes. Like over planet for lederne er det plassert en rektangulær strømsløyfe med sidekanter $DA = BC = 20 \text{ cm}$ parallelt med retning til de strømførende lederne, og sidekant $AB = CD = 10 \text{ cm}$, og total motstand $R = 2 \text{ } \Omega$. Planet til den rektangulære strømsløyfa danner en vinkel β med xy -planet. Det observeres at strømmen i strømsløyfa er 0.2 mA når strømmen i lederne avtar som angitt, og når $\beta = 30^\circ$. Hvilken retning har den induerte strømmen, og hvor stor er α ?



Figur 2. Strømførende plan med rektangulær strømsløyfe.

OPPGAVE 3

Figur 3 viser en konvergerende og en divergerende linse plassert på samme optiske akse. Dette er en forenklet versjon av en zoomlinse. Den konvergerende linsen har en fokallavstand f_1 , og den divergerende en fokallavstand $f_2 = -|f_2|$. Den innbyrdes avstanden d kan varieres, men er alltid mindre enn f_1 , og d kan varieres innenfor et område som gjør at ulikheten $|f_2| > (f_1 - d)$ alltid er oppfylt.



Figur 3. Illustrasjon av prinsipp for en zoom-linse.

- a) Vis at radius på en innfallende strålebunt parallelt med optisk akse reduseres til $r_1 = r_0 (f_1 - d) / f_1$ når den treffer den divergerende linsen. Vis at et objekt avbildes med bildeavstand:
- $$v_2 = \frac{|f_2| (f_1 - d)}{|f_2| - f_1 + d}$$
- i fra den divergerende linsen, når objektavstanden ved avbildning i den konvergerende linsen regnes om uendelig.
- b) Når de utgående, konvergerende (billedannende) strålene fra den divergerende linsen ekstrapoleres i retning av den innfallende strålen (stiplet linje, Fig. 3), vil de oppnå en radius r_0 ved en bestemt avstand (ved punkt Q i Fig. 3). Avstanden fra bildepunktet I til Q er den effektive fokallengden, f_{eff} , til zoomlinsen. Utled et uttrykk for f_{eff} . Beregn maksimum og minimum f_{eff} når $f_1 = 10.0$ cm, $f_2 = -15.0$ cm, og avstanden d kan varieres mellom 0 og 7.0 cm.
- c) Et selvlysende objekt og en observasjonsskjerm er plassert vinkelrett på en optisk akse med innbyrdes avstand D . Vis at en konvergerende linse med fokallengde f plassert mellom objektet og skjermen, vil danne et bilde på skjermen ved to posisjoner av linsa som har en innbyrdes avstand d :

$$d = \sqrt{D(D - 4f)}$$

Hva er forholdet mellom størrelsene på bildene for disse to plasseringene av linsa ?