

## Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

### Eksamen i fag SIF4029 Fysikk

Mandag 7. mai 2000

Kl. 09.00 - 14.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator

Rottmann: Matematisk Formelsamling

Rottmann: Mathematische Formelsammlung

Barnett & Cronin: Mathematical Formulae

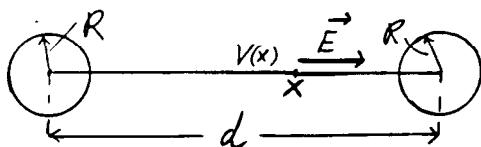
O. Jahren og K. J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

### Oppgave 1

a) Utled uttrykket  $C = \epsilon_0 A/d$  for kapasitansen til en luftfylt kondensator (kapasitans) bestående av plane parallelle plater som hver har areal  $A$  mens avstanden mellom dem (som anses liten) er lik  $d$ .  $\epsilon_0$  er permittiviteten til vakuum.

En dielektrisk skive (plate) med tykkelse lik avstanden  $d$  mellom platene til kondensatoren plasseres mellom disse slik at skiven fyller en brøkdel  $\eta$  av volumet mellom de. Hva blir denne brøkdelen  $\eta$  når kapasitansen skal endres med en faktor 2,0, og den dielektriske platen har relativ permittivitet  $\epsilon_r = 3,5$ ?

b)



Betrakt 2 parallelle elektriske ledninger (ledere) som hver har radius  $R$  mens avstanden mellom deres sentra er  $d$ . Det elektriske potensialet på den rette forbindelseslinjen mellom ledningene vil da være

$$V(x) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln\left(\frac{d-x}{x}\right)$$

der  $x$  er posisjonen på denne linjen regnet fra sentrum av den ene lederen, og  $\lambda$  er ladning pr. lengdeenhet på den ene lederen med motsatt ladning på den andre.

Hva er potensialforskjellen (spenningen)  $\Delta V$  mellom de to lederne med overflater i posisjonene  $x = R$  og  $x = d - R$ ?

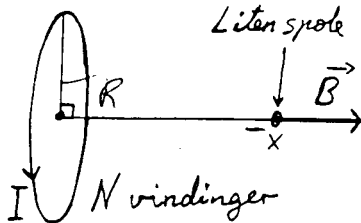
Bestem størrelsen på det elektriske feltet  $E = E_x(x)$  langs forbindelseslinjen mellom de 2 lederne.

Det største elektriske feltet som kan opprettholdes i luft er ca.  $E_m = 3 \text{ MV/m}$ . Høyere verdier gir coronautladning (overslag). Betrakt tilfellet  $R = 1,2 \text{ cm}$  og  $d = 210 \text{ cm}$ . Hvor stor er da potensialforskjellen  $\Delta V$  mellom de 2 ledningene når coronautladninger begynner å opptre?

Oppgitt:  $\sigma = \epsilon_0 E$   
 $\mathbf{E} = -\nabla V$

Oppgave 2

a)



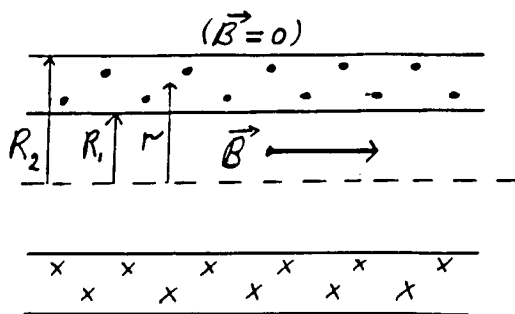
En sirkulær strømsløyfe (spole) som vist på figuren setter opp et magnetfelt på symmetriaksen ( $x$ -aksen) gjennom sentrum av denne. Vis at i vakuum blir størrelsen av dette magnetfeltet et uttrykk av formen

$$B = B(x) = \frac{K}{r^\sigma} I \quad \text{der} \quad r^2 = R^2 + x^2,$$

og bestem derved koeffisienten  $K$  og eksponenten  $\sigma$  når sløyfen har  $N$  viklinger (vindinger) og permeabiliteten for vakuum er  $\mu_0$ . Videre er  $I$  strømstyrken i hver vikling og  $R$  er radius av sløyfen.

b) På sylindreraksen (symmetriaksen) til sløyfen under punkt a) ligger en mindre sirkulær sløyfe (spole) med et antall  $N_2$  vindinger og radius  $R_2$ . Bestem gjensidig induktans  $M$  mellom de 2 strømsløyfene når sylindreraksene er parallelle og en antar  $R_2 \ll R$ .

c)



En lang rett luftfylt solenoide har viklinger som jevnt fordelt med en tetthet  $n$ . (Dvs.  $n$  er antall viklinger pr. lengdeenhet langs solenoiden.) Strømmen i viklingene  $I$  er stasjonær. Vis ved hjelp av Ampères lov at magnetfeltet inne i solenoiden er

$$B = \mu_0 n I.$$

(Utenfor solenoiden er magnetfeltet lik null.)

Anta nå som vist på figuren at det er så mange viklinger at disse danner et lag mellom en indre radius  $R_1$  og en ytre radius  $R_2$ . Bestem størrelsen på magnetfeltet  $B = B(r)$  i dette laget med viklinger, dvs. for  $R_1 < r < R_2$  der  $r$  er radien fra sylindreraksen til solenoiden. (Anta at viklingene også er jevnt fordelt i radiell retning.)

Oppgitt:  $\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$  der  $\hat{\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}}{r}$

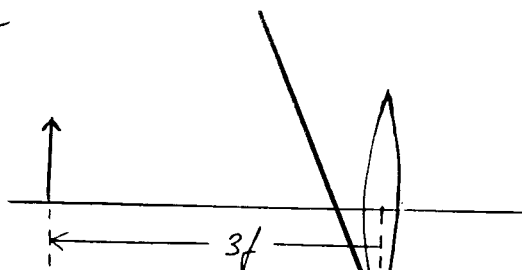
$\Phi_2 = M I_1$

$\oint \mathbf{H} d\mathbf{l} = I_{in} + I_d$  der  $I_d = \frac{d}{dt} \int \mathbf{D} d\mathbf{A}$  (Ampères lov)

$\mathbf{B} = \mu_r \mu_0 \mathbf{H}$

Oppgave 3

a)

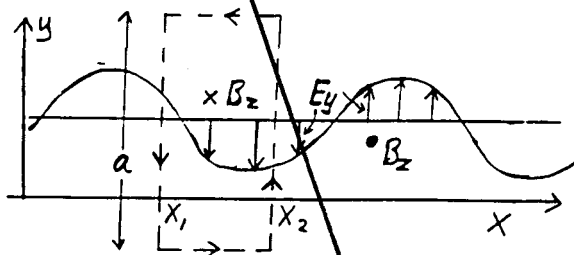


Et objekt (pilen på figuren) skal avbildes ved hjelp av en konveks linse som vist på figuren. Linsen har en fokalavstand (brennvidde)  $f$ . Konstruer geometrisk (dvs. tegn eller skisser) bildet som dannes når avstanden fra linsen til objektet er ca  $3f$ .

I et fotoapparat er avstanden mellom filmen og objektivet (linsen)  $40,0\text{ mm}$  ved skarpinnstilling på fjerne objekter. For å få klare (skarpe) bilder av et objekt som er nærmere objektivet må avstanden mellom objektiv og film endres. Hva blir den nye avstanden mellom objektiv og film for å få et klart bilde av objektet når dette er i en avstand  $100\text{ cm}$  fra objektivet. (Anta tynn linse.)

b) En glassoverflate med brytningsindeks  $n = 1,5$  skal antirefleksbehandles for lys med frekvens  $5,4 \cdot 10^{14}\text{ Hz}$ . Til belegg velges et materiale med brytningsindeks  $n_2 = 1,25$ . Hvor tykt blir belegget når lyshastigheten i vakuum er  $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ ?

c)



En plan elektromagnetisk bølge beveger seg i  $x$ -retningen. Det elektriske feltet til denne bølgen er rettet langs  $y$ -aksen, og komponenten til dette langs denne aksens er gitt ved

$$E_y = E_0 \cos(\omega t - kx).$$

Hva er bølgehastigheten  $c$  og bølgelengden  $\lambda$  uttrykt ved  $\omega$  og  $k$ ?

Det magnetiske feltet er rettet langs  $z$ -aksen, og komponenten til dette langs denne aksens er gitt ved

$$B_z = B_0 \cos(\omega t - kx).$$

Benytt Faradays induksjonslov til å vise sammenhengen

$$E_0 = aB_0$$

for denne bølgen, og bestem derved koeffisienten  $a$  uttrykt ved  $\omega$  og  $k$ . [Hint: Benytt integrasjonskurve som angitt ved den stiplede kurven på figuren.]

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

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} \quad (\text{Faradays lov})$$