

**Institutt for fysikk, NTNU**

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

Sensurfrist: 21. juni.

**Eksamen i fag TFY4135 Fysikk**

Tirsdag 31. mai 2005

Kl. 09.00 - 13.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator

Rottmann: Matematisk Formelsamling

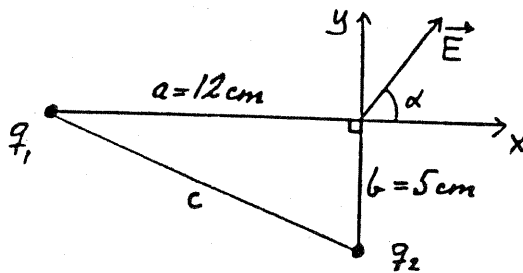
Rottmann: Mathematische Formelsammlung

Barnett &amp; Cronin: Mathematical Formulae

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

**Oppgave 1**

a)

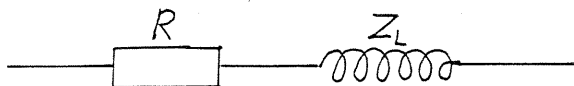


To ladninger  $q_1 = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  og  $q_2 = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  er plassert på henholdsvis  $x$ - og  $y$ -aksen i avstandene  $a = 12 \text{ cm}$  og  $b = 5 \text{ cm}$  fra origo som vist på figuren. Bestem kraften mellom ladningene.

Finn retning og størrelse på den elektriske feltstyrken  $\mathbf{E}$  i origo. [Hint: Bestem først komponentene  $E_x$  og  $E_y$ .]

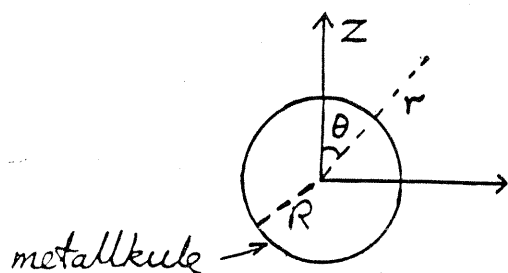
Oppgitt:  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  der  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ,  $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q$ .

b)



En motstand  $R = 4,0\Omega$  koples i serie med en impedans (som er en induktans) av størrelse  $Z_L = X = 3,0\Omega$  og fasevinkel  $\alpha_0 = 90^\circ$  (ved en gitt frekvens). Beregn resulterende impedans  $Z$  og dens fasevinkel  $\alpha$ . [Hint: Benytt enten viserdiagram eller komplekse tall for beregning.]

c)



Ei metallkule med radius  $R$  plasseres i et ytre elektrisk felt som er rettet langs  $z$ -aksen. Ladninger i metallkula blir da forskøvet slik at det resulterende elektriske potensialet for  $r > R$  blir

$$V(r, \theta) = Az + B \frac{\cos \theta}{r^2}$$

der  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  er radialavstanden fra sentrum av kula og  $\theta$  er vinkelen som retningen til  $\mathbf{r}$  danner med  $z$ -aksen ( $z = r \cos \theta$ ). Koeffisientene  $A$  og  $B$  er konstanter. Beregn det elektriske feltet  $\mathbf{E}$  utenfor metallkula når koeffisientene  $A$  og  $B$  antas gitt.

Hva må retningen til  $\mathbf{E}$  være på kuleoverflata da den er ei metalloverflate?

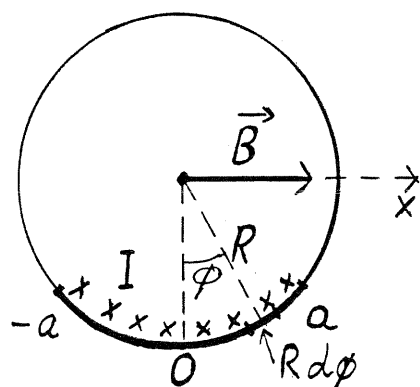
Oppgitt:  $\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r} \mathbf{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \mathbf{e}_\phi$  (med kulekoordinater),  $\mathbf{E} = -\nabla V$ .

## Oppgave 2

a) Skriv ned uttrykket for kraften  $\mathbf{F}$  (Lorentzkraften) på en elektrisk ladning  $q$  som beveger seg med hastighet  $\mathbf{v}$  i elektrisk felt  $\mathbf{E}$  og magnetisk felt  $\mathbf{B}$ .

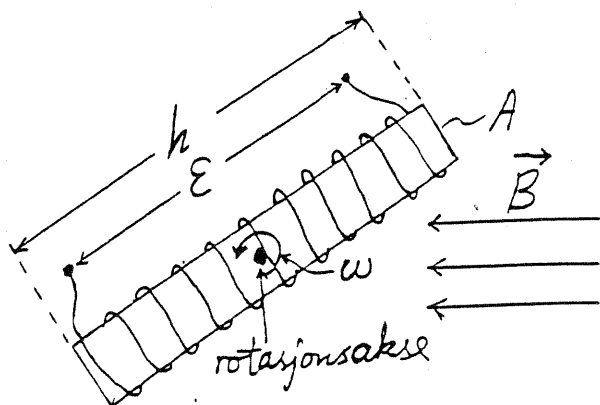
En ladet partikkel med hastighet  $\mathbf{v}$  beveger seg i et homogent magnetfelt  $\mathbf{B}$  av størrelse  $B = 0,12 \text{ T}$ . Hastigheten er rettet normalt (eller vinkelrett) på magnetfeltet. Ved i tillegg å sette på et elektrisk felt  $\mathbf{E}$  av størrelse  $E = 1,5 \cdot 10^5 \text{ V/m}$  vil partikkelen bevege seg langs en rett linje. Hva er størrelsen på hastigheten  $v$ ? Hvordan er vektoren  $\mathbf{E}$  rettet i forhold til vektorene  $\mathbf{v}$  og  $\mathbf{B}$ ?

b)



Ved å legge strømførende rette ledere ved siden av hverandre vil det dannes et strømførende bånd. Dette båndet av bredde  $2a$  legges på en sylinderflate med radius  $R$  som vist på figuren. Båndet fører strømmen  $I$  normalt på og rettet inn i papirplanet. Strømmen  $I$  er jevnt fordelt over bredden  $2a$ . Benytt resultatet for størrelsen av magnetfeltet til en uendelig lang rett leder oppgitt nedenfor til å beregne magnetfeltet  $\mathbf{B}$  i sentrum av sylindren. [Hint: Bestem først bidraget til magnetfeltet fra et lengdeelement  $R d\phi$  langs sirkelen.]

c)



En solenoide roterer i jordmagnetfeltet  $\mathbf{B}$  slik at det induseres en elektromotorisk spenning  $\mathcal{E}$  i vindingene. Anta at solenoiden roterer med konstant vinkelhastighet  $\omega = 600 \text{ s}^{-1}$  om en akse som står normalt til både  $\mathbf{B}$ -feltet og lengdeaksen til solenoiden. Hva blir maksimalverdien  $\mathcal{E}_m$  (amplituden) til  $\mathcal{E}$  når  $B = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ , lengden  $h = 10 \text{ cm}$ , tverrsnittet  $A = 1,5 \text{ cm}^2$  og tettheten av vindinger  $n = 30 \text{ cm}^{-1}$ ?

Oppgitt:  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$  (størrelse av magnetfelt fra uendelig lang rett leder).

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi_m}{dt}, \quad \phi_m = \int \mathbf{B} d\mathbf{A}, \quad 1 \text{ T} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}.$$

### Oppgave 3

a) I avstanden  $R_1 = 15$  m fra en lydkilde er lydintensiteten  $I_1 = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$ . Hvor mange decibel er lydintensitetsnivået?

Lydintensiteten avtar med avstanden fra lydkilden. Hvor stor er lydintensiteten  $I_2$  i avstanden  $R_2 = 35$  m fra lydkilden når det antas at lyden sendes ut jevnt i alle retninger fra lydkilden?

b) For vannbølger på djupt vatn er sammenhengen mellom vinkelfrekvens  $\omega$  og bølgetallet  $k$  gitt ved

$$\omega^2 = gk$$

der  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  er tyngdeakselerasjonen. Bestem fasehastigheten  $v_f$  og gruppehastigheten  $v_g$  for slike vannbølger. Uttrykk svarene ved  $g$  og  $\omega$  ved at  $k$  elimineres ved hjelp av den gitte likningen.

Et bølgetog (bølgegruppe av endelig utstrekning) beveger seg over en strekning på  $L=200$  km. Bølgene svinger med en periode  $T = 12$  s. Hvor lang tid  $t$  trenger bølgetoget på å bevege seg over denne strekningen på 200 km?

c) Ved å sende røntgenstråling inn mot en krystall vil en få Bragg-refleksjon. Et enkelt kubisk gitter med atomavstand  $d = 3,8 \text{ \AA}$  ( $= 0,38 \text{ nm}$ ) vil ha  $d$  som største avstand mellom gitterplan. Hva blir avbøyningsvinklene  $\psi = 2\theta$  ved Bragg-refleksjon mot dette gitterplanet når røntgenstrålingen har bølgelengden  $1,7 \text{ \AA}$  ( $= 0,17 \text{ nm}$ )? ( $\theta$  er vinkelen mellom gitterplan og innfallende stråle.)

I en krystall kan det legges en uendelighet med gitterplan med stadig mindre avstand mellom planene. For å gi Bragg-refleksjon må avstanden mellom gitterplan være større enn en minste avstand  $d_m$ . Hva er denne minste avstanden  $d_m$  for det her gitte tilfellet?

Oppgitt:  $2d \sin \theta = m\lambda$ ,  $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0) \text{ dB}$ ,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ ,

$$\omega = 2\pi f, \quad \omega = ck, \quad v_g = \frac{d\omega}{dk}$$