**Institutt for fysikk, NTNU**
Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høye
Tlf. 93654
Sensurfrist: 26. mai.

# Eksamen i fag SIF4008 Fysikk

Mandag 5. mai 2003
Kl. 09.00 - 14.00

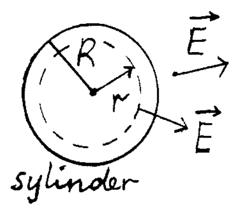
Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
Rottmann: Matematisk Formelsamling
Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae
O. Jahren og K. J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

## Oppgave 1

a) Tre motstander skal koples sammen til en resulterende motstand $R$. To av motstandene, $R_1$ og $R_2$, koples i parallell mens den tredje motstanden $R_3$ koples i serie til denne parallellkoplingen. Hva blir den resulterende motstanden $R$ uttrykt ved $R_1$ når $R_2 = (4/5)R_1$ og $R_3 = (1/3)R_1$?

La motstanden $R_1$ være et stålrør med indre diameter $d_i = 1,2\,\text{cm}$, ytre diameter $d_y = 1,5\,\text{cm}$ og lengde $12\,\text{m}$. Hvor stor er motstanden $R_1$ når resistiviteten til stål er $2,0 \cdot 10^{-7}\,\Omega\text{m}$?

b)



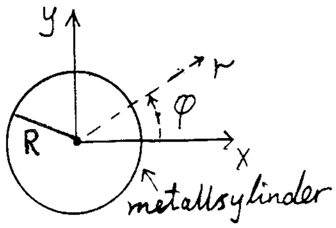

En uendlig lang massiv sylinder med radius $R$ har en ladning $\lambda_0$ pr. lengdeenhet. Denne ladningen er fordelt over sylindertverrsnittet slik at ladningstettheten er

$$\rho = \rho(r) = \frac{2\lambda_0}{\pi R^2}\left(1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)$$

Hva er ladningen pr. lengdeenhet $\lambda = \lambda(r)$ innenfor radien $r$ $(< R)$?

Benytt Gauss lov til å bestemme det elektriske feltet $\mathbf{E} = \mathbf{E}(r)$ innenfor og utenfor sylinderen.

c)




En metallsylinder med radius $R$ plasseres i et ytre elektrisk felt som er rettet langs $x$-aksen. Ladninger i den ledende metallsylinderen blir da forskøvet slik at det resulterende elektriske potensialet for $r > R$ blir

$$V(\mathbf{r}) = Ax + B\frac{\cos\phi}{r}$$

der $r = \sqrt{(x^2 + y^2)}$ er radialavstanden fra sentrum av sylinderen og $\phi$ er vinkelen mellom radialretningen og $x$-aksen ($x = r\cos\phi$). Beregn det elektriske feltet $\mathbf{E}$ utenfor sylinderen når koeffisientene $A$ og $B$ antas gitt.

Hva er retningen til $\mathbf{E}$ på sylinderoverflaten?

Hva er så sammenhengen mellom koeffisientene $A$ og $B$?

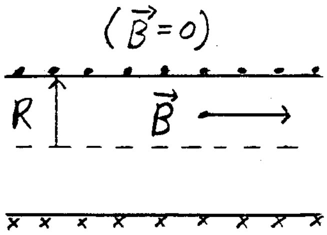
Oppgitt: $R = \rho\dfrac{l}{A}$, $\quad R = \sum_i R_i$, $\quad \dfrac{1}{R} = \sum_i \dfrac{1}{R_i}$

$\oint \mathbf{E}\, d\mathbf{A} = \dfrac{q_i}{\varepsilon_0}$ (Gauss lov)

$\mathbf{E} = -\nabla V$ der $\nabla V = \dfrac{\partial V}{\partial r}\mathbf{e}_r + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial V}{\partial \phi}\mathbf{e}_\phi + \dfrac{\partial V}{\partial z}\mathbf{e}_z$ (med sylinderkoordinater)

## Oppgave 2

a)



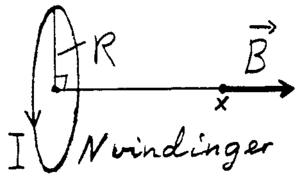

En lang rett luftfylt solenoide har viklinger som jevnt fordelt med en tetthet $n$. (Dvs. $n$ er antall viklinger pr. lengdeenhet langs solenoiden.) Strømmen i viklingene $I$ er stasjonær. Vis ved hjelp av Ampères lov at magnetfeltet inne i solenoiden er

$$B = \mu_0 n I.$$

(Utenfor solenoiden er magnetfeltet lik null.)

Solenoiden, som vist på figuren, har en selvinduktans $L$. Beregn denne selvinduktansen $L$ når solenoiden har et tverrsnitt med areal $A = 3{,}0\,\text{cm}^2$, har lengde $l = 20\,\text{cm}$ og antall viklinger er $N = 500$. Permeabiliteten er $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{Vs/Am}$. [Hint: Bestem først uttrykket for selvinduktansen $L$ til en lang solenoide.]

b)

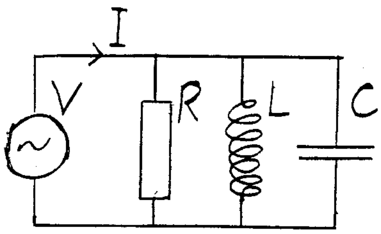



En sirkulær strømsløyfe (spole), som vist på figuren, setter opp et magnetfelt som skal bestemmes på symmetriaksen ($x$-aksen) gjennom sentrum av denne. Vis at i vakuum blir størrelsen av dette magnetfeltet et uttrykk av formen

$$B = B(x) = \frac{K}{r^3} I \quad \text{der} \quad r^2 = R^2 + x^2,$$

og bestem derved koeffisienten $K$ 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.

c)




Kretsen på figuren med en motstand $R$, en induktans $L$ og en kapasitans $C$ representerer en vekselstrømkrets. Beregn forholdet

$$F = I/V$$

(eller $F = |I/V|$) mellom (amplitudene til) strøm og spenning som funksjon av vinkelfrekvensen $\omega$. [Hint: Benytt enten viserdiagram eller komplekse tall for beregning.]

Oppgitt: $\oint \mathbf{B}\, d\mathbf{l} = \mu_0 I_i$ (Ampères lov),

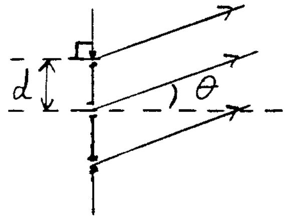
$$\Phi = LI, \qquad \Phi = \int \mathbf{B}\, d\mathbf{A}$$

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}, \quad \hat{\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}}{r} \quad \text{(Biot-Savarts lov)}$$

## Oppgave 3

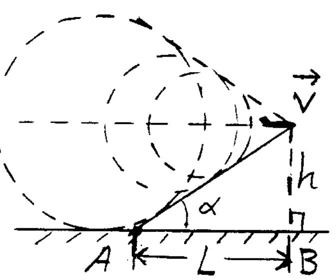
a) En person med godt gehør står ved veikanten og observerer tonehøyden, dvs. frekvensen $f_m$ på sirenelyden fra en utrykningsbil som kommer mot. Etter passering merker vedkommende seg at frekvensen $f_m$ har sunket til $f_e = (27/32)f_m$. Hvor stor fart $v$ hadde denne bilen når lydhastigheten settes til $350\,\mathrm{m/s}$?.

b)




Lys faller normalt inn på et plan med 3 parallelle spalter med naboavstand $d$. Lyset fra disse spaltene interfererer ved at de 3 utsvingene $A\cos(\omega t - \delta)$, $2A\cos(\omega t)$ og $A\cos(\omega t + \delta)$ adderes. (Merk at her er amplituden fra spalten i midten det dobbelte av amplituden fra de to andre.) Hva er fasevinkelen $\delta$ uttrykt ved avbøyningsvinkelen $\theta$ når lyset har frekvensen $f$ og lyshastigheten er $c$?
Hva blir intensiteten $I$ som funksjon av $\delta$ når intensiteten for $\delta = 0$ settes lik $I_0$?

c)




Et overlydsfly beveger seg rettlinjet og horisontalt med hastighet $v = 1800\,\mathrm{km/t}$ i høyden $h = 11000\,\mathrm{m}$ over jordoverflaten, som skissert på figuren. Sjokkbølgen treffer stedet A på jordoverflaten mens flyet befinner seg vertikalt over stedet B. Anta at lyden beveger seg med en midlere hastighet $c = 330\,\mathrm{m/s}$. Hva er avstanden $L$ mellom stedene A og B?

Oppgitt: $\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$,

$$f_L = f_S \frac{c + v_L}{c + v_S}.$$