

**Institutt for fysikk, NTNU**

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

Sensurfrist: 1. september.

**Kontinuasjoneksamen i fag SIF4008 Fysikk**

Fredag 15. august 2003

Kl. 09.00 - 14.00

Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator  
Rottmann: Matematisk Formelsamling  
Rottmann: Mathematische Formelsammlung  
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae  
O. Jähren 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  $d_i = 1,2$  cm, ytre diameter  $d_y = 1,5$  cm og lengde 12 m. Hvor stor er motstanden  $R_1$  når resistiviteten til stål er  $2,0 \cdot 10^{-7} \Omega\text{m}$ ?

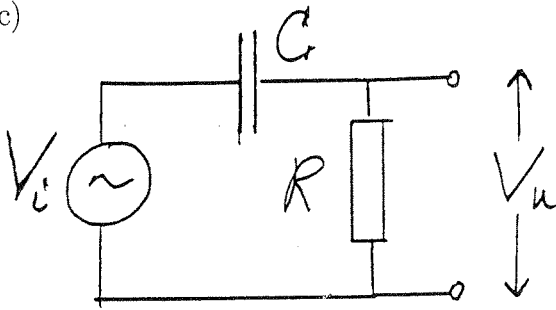
b) I atmosfæren finnes det elektriske potensialgradienter som varierer med tid og sted. Men i middel kan en anta at det elektriske feltet varierer med høyden  $z$  over jordoverflaten som

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}(z) = -(k_1 e^{-z/z_1} + k_2 e^{-z/z_2}) \mathbf{e}_z$$

der  $\mathbf{e}_z$  er enhetsvektor som er rettet vertikalt oppover. Beregn det tilhørende elektriske potensialet  $V(z)$  når  $V(0)$  settes lik 0. (Dvs.  $V(z)$  er den elektriske potensialforskjellen mellom høyden  $z$  i atmosfæren og jordoverflaten ved  $z = 0$ .)

Det gitte elektriske feltet og dets variasjon med høyden skyldes elektrisk nettoladning innenfor jordoverflaten og i atmosfæren rundt. Her skal nettoladning  $Q_j$  innenfor jordoverflaten ( $z = 0$ ) bestemmes. Benytt Gauss lov til å bestemme  $Q_j$  når  $k_1 + k_2 = 130$  V/m, jordradien er  $R = 6400$  km og permittiviteten for vakuum er  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  C/Vm.

c)



Kretsen på figuren med en motstand  $R$  og kapasitans  $C$  representerer et enkelt høypassfilter. Beregn forholdet mellom (amplitudene til) ut- og inn-spennning

$$F = V_u/V_i$$

(eller  $F = |V_u/V_i|$ ) som funksjon av vinkel-frekvensen  $\omega$  til vekselspenningen. [Hint: Benytt enten viserdiagram eller komplekse tall for beregning.]

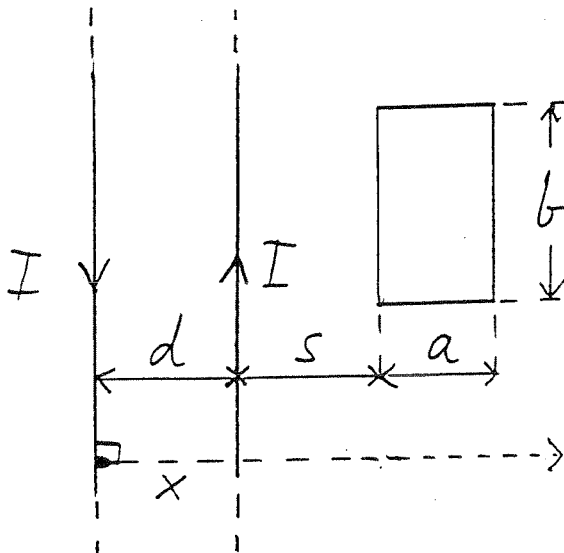
Oppgitt:  $R = \rho \frac{l}{A}$ ,  $R = \sum_i R_i$ ,  $\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i}$

$$V(\mathbf{r}) = - \int \mathbf{E} d\mathbf{r}$$

$$\oint \mathbf{E} d\mathbf{A} = \frac{q_i}{\epsilon_0} \quad (\text{Gauss lov})$$

### Oppgave 2

a)



Betrakt 2 uendlig lange parallelle elektriske ledninger med avstand  $d$  mellom sentrene som vist på figuren. De 2 ledningene har begge radius  $R$  ( $\ll d$ ). Det elektriske potensialet på den rette forbindelseslinjen mellom ledningene vil da være gitt ved

$$V(x) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{x}{d-x}\right)$$

der  $x$  er posisjonen på denne linjen regnet fra sentrum av den venstre lederen og  $\lambda$  er netto linjeladning

(ladning pr. lengdeenhet) på den ene lederen med motsatt ladning på den andre mens  $\epsilon_0$  er permittiviteten for vakuum. Hva er potensialforskjellen  $\Delta V$  mellom de 2 lederne? [Hint: Posisjonene til overflatene på de 2 lederne er henholdsvis  $x = R$  og  $x = d - R$ .]

Et stykke av ledningsparet med lengde  $l$  ( $\gg d$ ) kan betraktes som en kapasitans (kondensator). Beregn den tilhørende kapasitansen  $C$ .

b) Ledningene på figuren ovenfor fører også elektrisk strøm  $I$  i hver sin retning. Ledningsstykket med lengde  $l$  vil da også ha en selvinduktans  $L$  som skyldes generert magnetfelt fra strømmen. Utenfor en enkelt rett leder er størrelsen på magnetfeltet

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

der  $\mu_0$  er permeabiliteten for vakuum og  $r$  er avstanden fra lederens sentrum. Beregn denne selvinduktansen  $L$ . [Hint: Lag en lukket rektangulær strømsløyfe med lengde  $l$  og bredde  $d$  ( $\ll l$ ) ved at endepunktene forbindes med korte ledere på tvers. Regn så ut den magnetiske fluksen gjennom denne strømsløyfen der en negliserer bidraget til magnetfeltet fra de korte lederne.]

c) I samme plan som de to ledningene legges en rektangulær strømsløyfe med sidekanter av lengde  $a$  og  $b$  som vist på figuren under punkt a). Sidekantene med lengde  $b$  er parallelle til ledningene med nærmeste avstand  $s$ . Beregn indusert elektromotorisk spenning  $\mathcal{E}$  i denne strømsløyfen når det er vekselstrøm i ledningene med strømstyrke

$$I = I_0 \cos(\omega t)$$

der  $\omega$  er vinkelfrekvens og  $t$  er tiden.

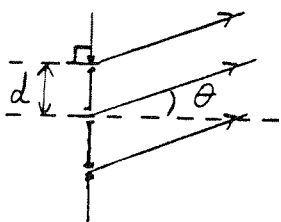
Oppgitt:  $Q = CV$ ,  $\Phi = \int \mathbf{B} d\mathbf{A}$ ,  $\Phi = LI$

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln|x|, \quad \mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

### Oppgave 3

a) En person med godt gehør står ved veikanten og observerer tonehøyden, dvs. frekvensen  $f_m$  på sirenelysten 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 lydshastigheten settes til 350 m/s?

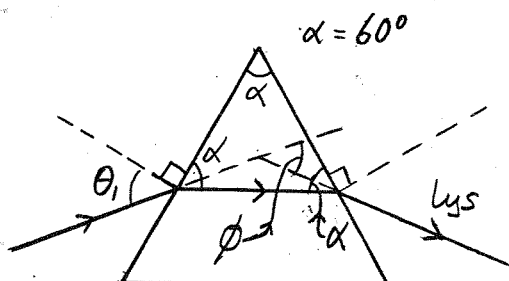
b)



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)



En lysstråle passerer symmetrisk gjennom et glassprisme, som vist på figuren, der vinkelen  $\alpha = 60^\circ$ . Prismet som er omgitt av luft, består av glass med brytningsindeks  $n = 1,58$ . Hva blir den totale avbøyningsvinkelen  $\phi$ ? [Hint: Bestem først innfallsvinkelen  $\theta_1$  (i forhold til flate-normalen).]

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

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

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (\text{Snells brytningslov}).$$