

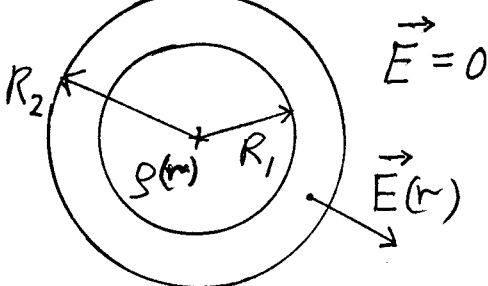
Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:
 Professor Johan S.Høye
 Tld. 93654

EKSAMEN I FAG 74233 EL.MAG.1
 ONSDAG 20.MAI 1998
 KL.0900–1300

Tillatte hjelpemidler:
 Godkjent lommekalkulator
 Rottmann: Mathematische Formelsammlung
 Barnett & Cronin: Mathematical Formulae

Oppgave 1

- a)  En kulesymmetrisk ladningsfordeling (ladning pr. volumenhet) befinner seg innenfor radien R_1 og er gitt ved $\rho = \rho(r) = \rho_0 \left(\frac{r}{R_1}\right)^2$ $r < R_1$, ($\rho = 0$ når $r < R_1$ og $r \neq R_2$).

I avstanden R_2 ligger et ledende kuleskall med ladning slik at det elektriske feltet $E = 0$ utenfor ($r > R_2$). Hva er samlet ladning Q_1 innenfor radien $r = R_1$.

- b) Hva er flateladningen (ladning pr. flateenhet) σ på det ytre kuleskallet ved $r = R_2$. Beregn det elektriske feltet $E = E(r)$ for $0 < r < R_2$ når permittiviteten er ϵ_0 som for vakuum. (Anta Q_1 kjent slik at svaret her og nedenfor kan uttrykkes ved Q_1 istedenfor ρ_0 til forenkling.)
- Rommet mellom radiene R_1 og R_2 fylles med et dielektrisk medium med relativ permittivitet $\epsilon_r (> 1)$. Hva blir nå det elektriske feltet $E_r = E_r(r)$ når en sammenlikner med resultatet uten dielektrisk medium.

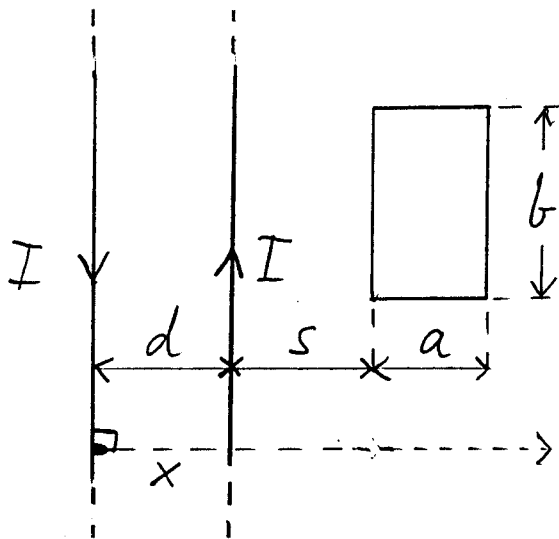
- c) Den gitte ladningsfordelingen representerer en elektrostatisk energi. Beregn denne elektrostatiske energien U uten dielektrisk medium mellom radiene R_1 og R_2 .

$$\text{Oppgitt: } \oint \mathbf{D} d\mathbf{A} = Q, \quad \mathbf{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E}.$$

$$u = \frac{1}{2} \mathbf{E} \mathbf{D} \quad dV = 4\pi r^2 dr$$

Oppgave 2

a)



Betrakt 2 uendelig lange parallelle elektriske ledninger med avstand d mellom sentrene som vist på figuren. De 2 ledningene har radius R ($\ll d$). Det elektriske potensialet på den rette forbindelseslinjen mellom ladningene 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 ene lederen, og λ er netto linjeladning på den ene lederen med motsatt ladning på den andre. Hva er potensialforskjellen ΔV mellom de to lederne?

Et stykke av ledningsparet med lengde ℓ ($\gg d$) kan betraktes som en kapasitans (kondensator). Beregn den tilhørende kapasitansen C når permittiviteten er ϵ_0 som for vakuum.

- b) Ledningene 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 sirkulær leder er størrelsen på magnetfeltet

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

der μ_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 korte med ledere på tvers. (Dvs. magnetfeltet fra de korte lederne kan neglisjeres.)]

- c) I samme plan som de 2 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 induisert elektromotorisk spenning i denne strømsløyfen når det er vekselstrøm i ledningene med strømstyrke

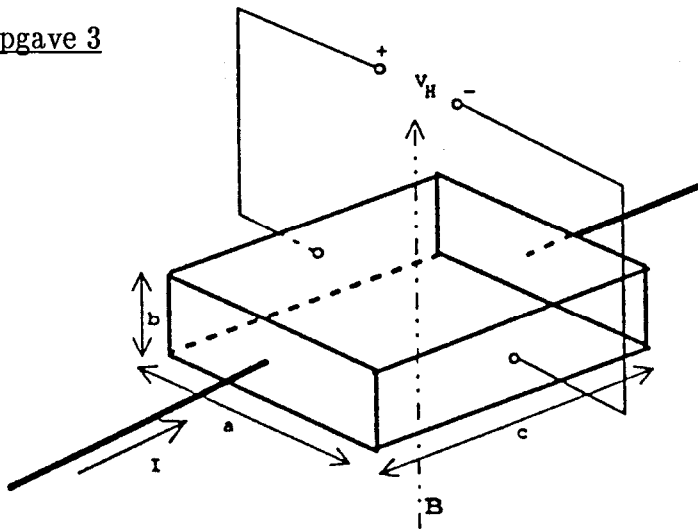
$$I = I_0 \cos \omega t$$

der ω er vinkelfrekvens og t er tiden.

Oppgitt: $Q = CV$, $\phi_m = LI$, $\phi_m = \int B dA$, $\int \frac{1}{x} dx = \ln|x|$,

$$\oint \mathbf{E} ds = - \frac{d\phi_m}{dt}$$

Oppgave 3



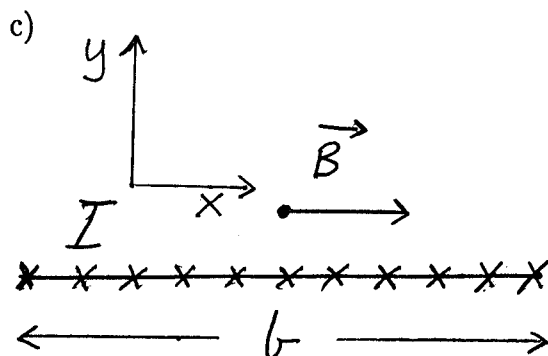
I et flatt band av sølv utnytted Hall-effekten til å måle styrken på magnetfelt. Magnetfeltet B antas homogent og rettet normalt til bandet, som vist i figuren. Strømmen I føres langs bandet og kan antas fordelt med homogen strømtetthet J over

ledertverrsnittet $A = a \cdot b$. Den målte Hall-spenningen er V_H , med fortegnsdefinisjon som vist i figuren.

Tallverdier:

$$a = 18\text{mm}, b = 0.20\text{mm}, c = 35\text{mm}, I = 25\text{A}.$$

- a) Vis at strømtettheten kan uttrykkes ved $\mathbf{J} = q \cdot n \cdot \mathbf{v}$, der q = ladningen pr. ladningsbærer, n = antall ladningsbærere pr. volumenhet og \mathbf{v} = (midlere) driftsfart for ladningsbærere.
- b) For sølv er $q \cdot n = -1.2 \cdot 10^{10} \text{ C/m}^3$. Hall-spenningen V_H måles til $+25 \mu\text{V}$. Hvor stort er magnetfeltet B ?



Et strømførende bånd fører elektrisk strøm vinkelrett på xy -planet som vist på figuren. Strømstyrken I er jevnt fordelt over båndbredden b . Beregn magnetfeltet B nær overflaten av båndet.

Oppgitt: $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I$.