

Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

Sensurfrist: 01.09.01

Kontinuasjoneksamen i fag SIF4029 Fysikk (og SIF4028 Fysikk med elektromagnetisme)

Fredag 17. august 2001
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

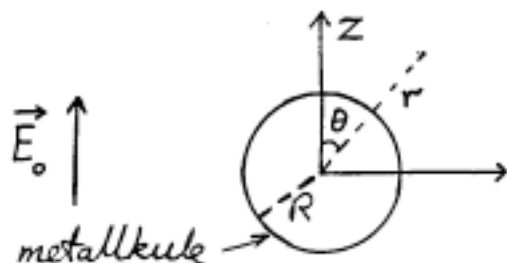
Oppgave 1

a) Utled hvordan elektriske ladninger er plassert på ledere i statisk likevekt. (Se bort fra hulrom for enkelhets skyld.)

En ladet metallkule berører innsiden av et lukket metallhulrom (dvs. hulrom i leder). Hva skjer med ladningen til metallkula?

Vis at sammenhengen mellom overflateladning (ladning pr. arealenheter) σ og elektrisk felt langs en metalloverflate er $\sigma = \epsilon_0 E$.

b)



En metallkule med radius R plasseres i et ytre elektrisk felt som er rettet langs z -aksen og er av størrelse E_0 . Ladninger i metallkula blir da forskøvet slik at det resulterende elektriske potensialet for $r > R$ blir

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

der r er radialavstanden fra sentrum av kula og θ er vinkelen radien danner med z -aksen ($z = r \cos \theta$). Hva er koeffisientene A og B uttrykt ved det gitte elektriske feltet E_0 ?

c) Forskyvningen av ladninger i metallkula fører til at det danner seg overflateladninger med flateladningstetthet

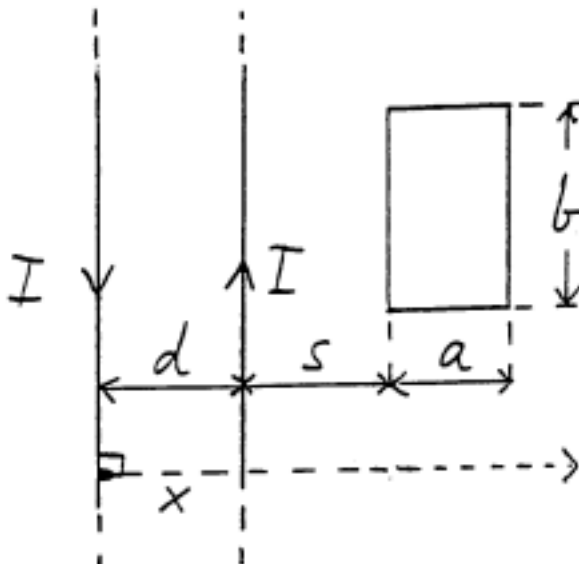
$$\sigma = \sigma_0 \cos \theta$$

på denne. Vis dette og bestem derved koeffisienten σ_0 .

Opgitt: $\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = Q$, $\mathbf{E} = -\nabla V$
 $\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r} \mathbf{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \mathbf{e}_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \mathbf{e}_\phi$ (med kulekoordinater)

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 \mathcal{E} i denne strømsløyfen når det er vekselstrøm i ledningene med strømstyrke

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

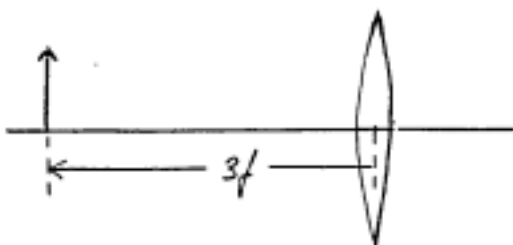
der ω er vinkelfrekvens og t er tiden.

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

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

Oppgave 3

a)

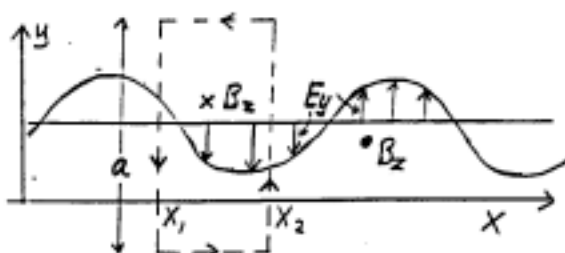


Et objekt (pilen på figuren) skal avbildes ved hjelp av en konveks linse som vist på figuren. Linsen har en fokalavstand (brennvidde) f . Konstruer geometrisk (dvs. tegn eller skisser) bildet som dannes når avstanden fra linsen til objektet er ca $3f$.

I et fotoapparat er avstanden mellom filmen og objektivet (linsen) 40,0 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 cm fra objektivet. (Anta tynn linse.)

b) Et diffraksjonsgitter har 500 linjer pr. mm. For rødt lys med ukjent bølgelengde λ i området 600 – 700 nm måles en av avbøyningsvinklene til $71,7^\circ$ (ved normalt innfall). Bestem λ , og finn deretter de andre avbøyningsvinklene.

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 aksen er gitt ved

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

Hva er bølgehastigheten c og bølgelengden λ uttrykt ved ω og k ?

Det magnetiske feltet er rettet langs z -aksen, og komponenten til dette langs denne aksen 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 ω og k . [Hint: Benytt integrasjonskurve som angitt ved den stiplede kurven på figuren.]

Oppgitt: $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$, $n\lambda = d \sin \theta$

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