

Institutt for fysikk, NTNU

Faglig kontakt under eksamen:

Professor Johan S. Høye

Tlf. 93654

Sensurfrist: 27. mai.

Eksamen i fag SIF4008 Fysikk

Mandag 6. mai 2002

Kl. 09.00 - 14.00

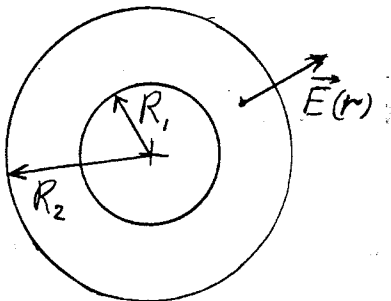
Tillatte hjelpemidler: Godkjent lommekalkulator
Rottmann: Matematisk Formelsamling
Rottmann: Mathematische Formelsammlung
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae
O. Jähren og K. J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

Oppgave 1

a) Tre kapasitanser skal koples sammen til en resulterende kapasitans C . To av kapasitansene, C_1 og C_2 , koples i serie mens den tredje kapasitansen C_3 koples i parallell til seriekoplingen. Hva blir den resulterende kapasitansen C uttrykt ved C_1 når $C_2 = (2/3)C_1$ og $C_3 = (1/3)C_1$?

Kapasitansen C_1 består av parallelle plater som hver har areal $5,5 \text{ cm}^2$. Avstanden mellom platene er $0,35 \text{ mm}$, og rommet mellom dem er fylt med et dielektrisk medium med relativ permittivitet $2,4$. Hvor stor er kapasitansen C_1 ?

b)



Benytt Gauss lov til å bestemme størrelsen $E = E(r)$ på det elektriske feltet innenfor, mellom og utenfor (dvs. for alle r) 2 ledende konsentriske kuleskall som vist på figuren. Her er r radialavstanden fra sentrum. Det indre kuleskallet har radius R_1 og ladning Q_1 mens det ytre kuleskallet har radius R_2 og ladning Q_2 .

c) Med ladninger $Q_1 = -Q_2 = Q$ danner de to kuleskallene med radier R_1 og R_2 under punkt b) en kondensator med kapasitans C . Det elektriske potensialet mellom kuleskallene er da gitt ved

$$V(r) = K_1 \frac{Q}{r} + K_2$$

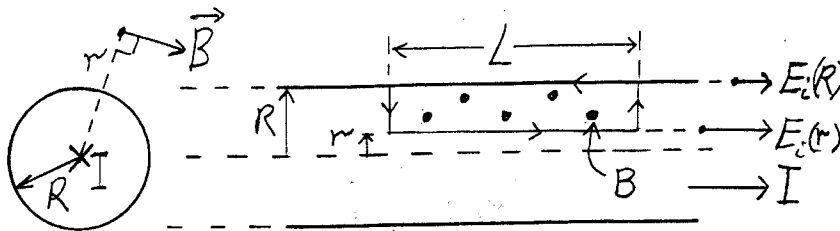
der K_1 og K_2 er konstanter uavhengig av ladningen. Bestem kapasitansen C til denne kondensatoren uttrykt ved størrelsene ovenfor. Det antas luft mellom kuleskallene.

Det største elektriske feltet som kan opprettholdes i luft er ca. $E_m = 3 \text{ MV/m}$. Høyere verdier gir coronautladning (eller overslag). Betrakt igjen kuleskallene under punkt b) og anta at radiene er henholdsvis $R_1 = 15 \text{ cm}$ og $R_2 = 30 \text{ cm}$. Hva er potensialforskjellen ΔV mellom de to kuleskallene når coronautladninger begynner å opptre eller overslag starter? [Hint: Finn uttrykket for potensialforskjellen (spenningen) mellom platene. Bestem også det tilhørende elektriske felt.]

Oppgitt: $C = Q/V$, $C = \sum_i C_i$, $\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$,
 $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$ (permittiviteten for vakuum),
 $\mathbf{E} = -\nabla V$, $\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r} \hat{e}_r$ (med kulesymmetri),
 $\oint \mathbf{E} d\mathbf{A} = \frac{q_i}{\epsilon_0}$ (Gauss lov).

Oppgave 2

a)



En rett (uendelig lang) leder som har sirkelformet tverrsnitt med radius R , som angitt på figuren, fører en stasjonære strømstyrke I . Strømtettheten er konstant over tverrsnittet. Benytt Ampères lov til å beregne størrelsen på magnetfeltet B som funksjon av avstanden r fra sentrum både innenfor og utenfor lederen. Permeabiliteten for vakuum er μ_0 .

b) En lar nå strømmen I gjennom lederen i punkt a) være vekselstrøm gitt ved

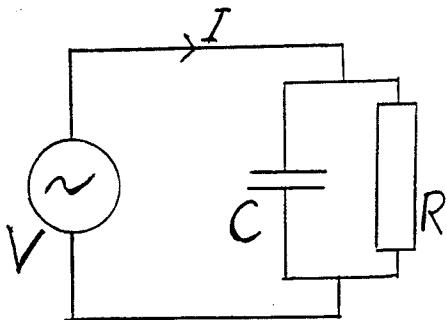
$$I = I_0 \sin \omega t$$

der t er tiden og ω er vinkelfrekvensen. Denne vekselstrømmen gir et varierende magnetfelt som igjen fører til at det induseres et elektrisk felt \mathbf{E}_i i lederen, og dette er rettet langs lederen, som angitt på figuren under punkt a). (Dette induserte feltet bidrar til å redusere strømtettheten innover i lederen, men dette siste ser vi bort fra her.)

Variasjonen til det induserte elektriske feltet som funksjon av avstanden r , kan bestemmes ved først å bestemme den induserte elektromotoriske kraften (spenningen) i en tenkt rektangulær strømsløyfe der den ene av sidekantene med lengde L ligger innenfor lederen i avstanden r fra sentrum mens den andre ligger langs overflaten i avstand R fra sentrum. Bestem den induserte elektromotoriske kraften \mathcal{E} for en slik strømsløyfe av lengde L .

Forskjellen i indusert elektrisk felt mellom en posisjon i avstanden r ($< R$) fra sentrum av lederen og en i ytterflaten i avstanden R er $\Delta E = E_i(r) - E_i(R)$. Hva blir denne forskjellen ΔE ?

c)



Kretsen på figuren med en kapasitans C og en motstand R representerer en vekselstrømkrets. Beregn forholdet

$$F = I/V$$

(eller $F = |I/V|$) mellom (amplitudene til) strøm og spenning som funksjon av vinkelfrekvensen ω . [Hint: Benytt enten viserdia-

gram eller komplekse tall for beregning.]

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

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

Oppgave 3

a) To høytalere A og B er plassert et stykke fra hverandre og sender begge ut en tone med samme frekvens. Trykkamplitudene til de to bølgene hver for seg er henholdsvis p_A og p_B med tilhørende lydintensiteter I_A og I_B . Hva blir lydintensiteten I_B uttrykt ved I_A når $p_B = (1/3)p_A$?

De to lydbølgene vil interferere konstruktivt i noen retninger og destruktivt i andre. Hva blir henholdsvis den maksimale I_M og den minimale lydintensiteten I_m uttrykt ved I_A når de to bølgene interfererer med $p_B = (1/3)p_A$ som ovenfor?

b) I en avstand av $R_1 = 12$ m fra en lydkilde er lydintensitetsnivået 87 dB. Hvor stor lydeffekt P sender lydkilden ut når energien sendes ut jevnt fordelt i alle retninger?

I hvilken avstand R_2 er lydintensitetsnivået 72 dB?

c) Det gule lyset fra natrium har bølgelengdene 589,0 nm og 589,6 nm. Dette lyset sendes normalt inn på et optisk gitter med 250 linjer pr. mm. De to bølgelengdene vil gi nærliggende par av diffraksjonslinjer. De to linjene i et par vil adskille seg med en liten vinkelavstand Δ . Hva er denne vinkelavstanden Δ for det linjeparet som har størst avbøyning (til en av sidene)?

Oppgitt: $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$ dB, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
 $I = I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$, $d \sin \theta = n \lambda$.