

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
 Institutt for fysikk

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Ola Hunderi

Tlf.: 93411

KONTINUASJONSEKSAMEN I FAG 74142 - FYSIKK 2

Fakultet for bygg

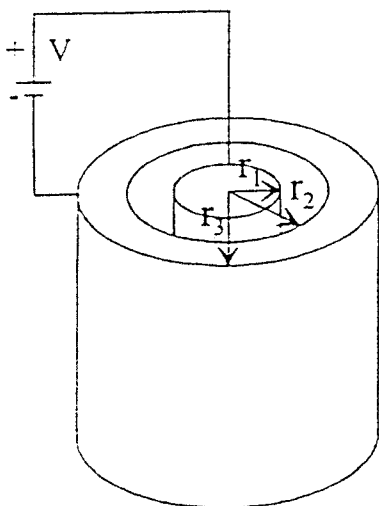
Tirsdag 12. august 1997

Tid: 0900-1300

Tillatte hjelpemidler: B2 - Typegodkjent kalkulator, med tomt minne
 K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk
 O. Jahren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk
 K. Rottmann: Matematische Formelsammlung
 S. Barrett og T.M. Cronin: Mathematical Formulae
 H.D. Young: University Physics eller Sears, Zemansky and
 Young: University Physics eller
 Benson: University Physics

Oppgave 1

En sylinderkondensator består av en metallstav med radius r_1 og en metallsylinder med indre radius r_2 og ytre radius r_3 . Kondensatoren har lengde ℓ og det er luft mellom staven og sylinderen, se Figur 1. Kondensatoren lades opp ved hjelp av en likespenningskilde V , som deretter koples fra. Ladningen på metallstaven er nå Q , og ladningen på sylinderen er $-Q$.



- a) i) Bruk Gauss lov til å vise at størrelsen på den elektriske feltstyrken, $\vec{E}(r)$, i området $r_1 < r < r_2$ er:

$$E(r) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 r \ell}$$

hvor ϵ_0 = permittiviteten i luft. Tegn inn og forklar hvordan du velger Gaussflater.

- ii) Hva er den elektriske feltstyrken for $r < r_1$ og $r > r_2$?
 iii) Skisser $E(r)$.

Figur 1

- b) i) Bruk resultatet i punkt a) til å finne det elektriske potensialet $V(r)$ for $r \geq 0$.
- ii) Skisser $V(r)$.
- c) i) Finn kondensatorens kapasitans som funksjon av kondensatorens dimensjoner r_1 , r_2 og ℓ og av permittiviteten ϵ_0 . Beregn kapasitansen for de oppgitte størrelser (se slutten av oppgaven).
- ii) Hva er energiinnholdet til kondensatoren? Formel og tallsvar.
- d) Kondensatoren står på høykant slik som vist i Figur 1. Vi fyller nå tomrommet mellom metallstaven og sylindere med vann til en høyde $h = \ell/2$. Vannets relative dielektrisitetskonstant $\epsilon_r = 80$. Kondensatoren er fortsatt koblet til den samme spenningskilden
- i) Beregn energiinnholdet i kondensatoren nå.

Oppgitte størrelser:

$$\ell = 0,1 \text{ m}$$

$$r_1 = 0,1 \text{ m}$$

$$r_2 = 0,101 \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$$

$$V = 2000 \text{ Volt}$$

Oppgave 2

En lang, rett spole har lengde ℓ og totalt N vindinger. Spolens diameter $d \ll \ell$. Inni spolen er det luft. Strømmen i spolen er I .

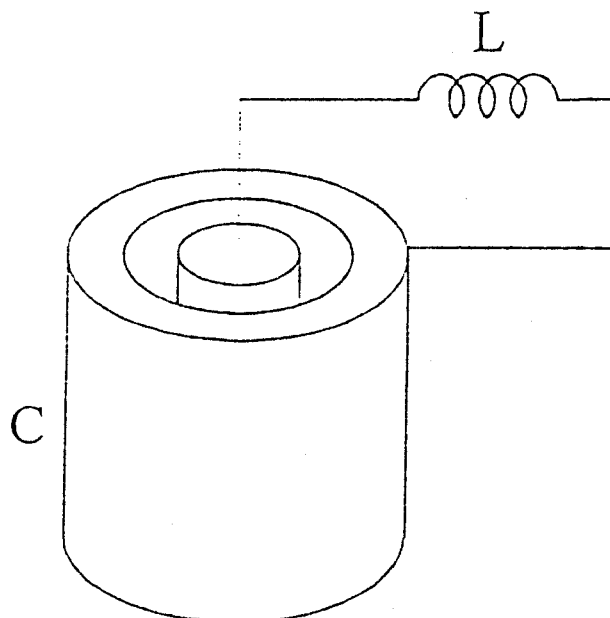
- a) i) Bruk Amperes lov til å vise at størrelsen på det magnetiske feltet, \vec{B} , inni spolen kan skrives som:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$$

Tegn strømretning, feltretning og integrasjonsvei inn på en figur og forklar.

- ii) Hva er spolens selvinduktans, L ? Vis at selvinduktansen kan uttrykkes kun ved spolens dimensjoner, antall vindinger og permeabiliteten.

Spolen kobles nå i serie med kondensatoren i oppgave 1a), se Figur 2. Kondensatoren er ladet opp, og ved tida $t = 0$ har metallstaven en ladning Q og metallsylindere en ladning $-Q$. Kretsen har en bryter (ikke vist på figuren) som slutes når $t = 0$. Det går derfor ingen strøm i kretsen ved $t = 0$.



Figur 2

Strømmen av ladning q i kretsen kan beskrives av differensialligninga:

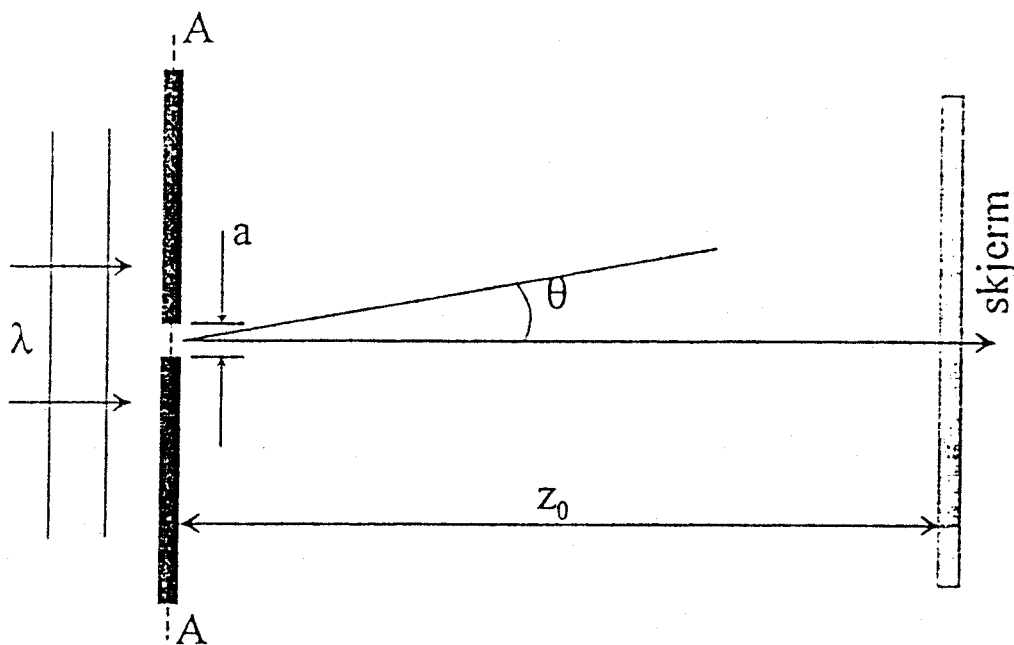
$$\frac{d^2q}{dt^2} - \frac{1}{LC} \cdot q = 0$$

Ligningen har løsning på formen: $q = q_0 \cos(\omega t + \phi)$

- b) i) Vis at svingningens sirkelfrekvens er $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.
- ii) Vis at total feltenergi i kretsen er konstant.
- c) i) Bestem laddingsamplituden, q_0 , og fasekonstanten, ϕ (i intervallet $[-\pi/2, \pi/2]$).
- ii) Hvor stor er ladningen på kondensatoren når $t = T/6$, der $T = 2\pi/\omega$.
- iii) Beregn forholdet mellom feltenergien lagret i kondensatoren og feltenergien lagret i spolen når $t = T/6$

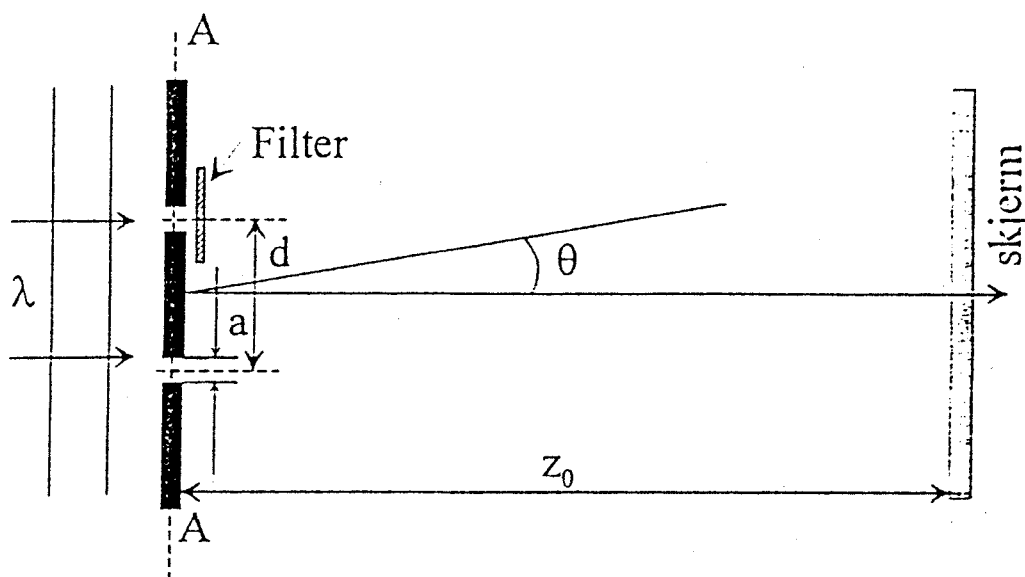
Oppgave 3

I et eksperimentelt oppsett brukes en normalt innfallende, plan bølge av monokromatisk lys, med bølgelengde λ , til å belyse ulike spalter. Lyset som passerer spaltene observeres på en skjerm. Avstanden z_0 til skjermen er mye større enn spaltebredder og spalteavstander for spaltene som studeres. Skjermen er parallell med spalteplanet AA. Oppsettet er vist i Figur 3.



Figur 3

- a) Først belyses en enkeltspalt med spaltebredde a , som vist i Figur 3. Intensitetsfordelingen I bak spalten er gitt ved $I(\beta) = I_0 \cdot \left[\frac{\sin(\beta/2)}{\beta/2} \right]^2$, hvor $\beta = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot \sin\theta$.
- Hva kalles det fysiske fenomenet som gir denne intensitetsfordelingen?
 - Finn et uttrykk for nullpunktene i intensitetsfordelingen.
 - Hvordan endrer intensitetsfordelingen på skjermen seg når spaltebredden a øker?
- b) Spalten erstattes med en dobbeltspalt med spalteavstand d . Spaltene er svært smale ($a < \lambda$). Amplituden til den elektriske feltstyrken til lysbølgene som passerer hver av spaltene er E_0 . Bak den ene spalten er det plassert et dempningsfilter, som vist i Figur 4. Filteret reduserer feltamplituden til halvparten. Vi ser bort fra tykkelsen på filteret.



Figur 4

- i. Utled, med utgangspunkt i superposisjonsprinsippet, et uttrykk for den resulterende intensitetsfordelingen på skjermen. Uttrykk også svaret ved spalteavstanden d , bølgelengden λ , avbøyningsvinkelen θ , amplituden E_0 og nødvendige fysiske konstanter.
- ii. Skisser intensitetsfordelingen på skjermen. Hva er forskjellen på denne intensitetsfordelingen og intensitetsfordelingen uten filteret til stede?

Oppgitt: Intensitet for en lysbølge $I = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_{\text{maks}}^2$ der:

c = lyshastigheten

ϵ_0 = permittiviteten for luft

E_{maks} = amplituden til den elektriske feltstyrken for lysbølgen