

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS 2130 - Svingninger og bølger  
Eksamensdag: 7. juni 2006  
Tid for eksamen: Kl. 1430 - 1730  
Godkjente hjelpemidler: Øgrim og Lian (eller Angell og Lian): Størrelser og enheter i fysikken  
Rottman: Matematisk formelsamling  
En A4-side med egne notater  
Elektronisk kalkulator av godkjent type

Oppgavesettet er på 3 sider

**Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.**

**I dette oppgavesettet er magnetisk permeabilitet i et medium alltid lik magnetisk permeabilitet i vakuum:  $\mu = \mu_0$**

### Oppgave 1

a) To punktformete lyskilder  $S_1$  og  $S_2$  sender ut harmoniske bølger med like amplituder og like bølgelengder  $\lambda$ . Kildene er i fase.

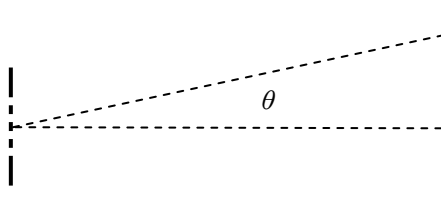
Hva er betingelsen for konstruktiv interferens i et punkt  $P$  i avstand  $R_1$  fra  $S_1$  og  $R_2$  fra  $S_2$ ?  
Hva er betingelsen for destruktiv interferens i  $P$ ?

b) Laserlys kommer inn mot et diffraksjonsgitter med 500 spalter/cm og blir observert på en skjerm som ligger 2.00 m bak gitteret. Skjermen og gitteret er vinkelrett på laserstrålen.

Hva er lysets bølgelengde når avstanden mellom sentralmaksimum (nullte orden) og tredje ordens maksimum er 20.0 cm?

Hva er det teoretisk maksimale antall interferensstriper som kan observeres bak gitteret?

c) Laserlys med bølgelengde  $\lambda$  faller normalt på et gitter som består av 4 spalter. Avstanden mellom to nabospalter er  $d$ . Skjermen og gitteret er vinkelrett på laserstrålen. Vi antar at intensiteten rett bak hver spalte er  $I_0$  (vi tar her ikke hensyn til de endelige spaltebreddene). Vi skal se på intensitetsfordelingen i retning  $\theta$  på en skjerm (se figur på neste side). Avstanden mellom skjerm og gitter er mye større enn  $d$ .



Hva er intensiteten i sentralkaksium ( $\theta = 0$ ) ?

Bestem  $\sin \theta$  for første hovedmaksimum på hver side av sentralkaksium.

Bestem også nullpunktene (dvs.  $\sin \theta$ ) innenfor første hovedmaksimum på hver side av sentralkaksium.

Intensitetsfordelingen for et gitter med  $N$  spalter er:

$$I = I_0 \left( \frac{\sin(N\varphi/2)}{\sin(\varphi/2)} \right)^2 \quad \text{der} \quad \varphi = \frac{2\pi d \sin \theta}{\lambda}$$

## Oppgave 2

a) Vi har en divergerende tynn linse (spredelinse) med fokallengde  $-f$ . ( $f > 0$ ).  
 Bruk linseformelen til å bestemme bildeavstanden for et reellt objekt i avstand  $f/2$ .  
 Illustrer også svaret med et strålediagram (principal ray diagram).  
 Bestem bildeforstørrelsen.  
 Avgjør om bildet er reelt eller virtuelt.

b) Vi har en konvergerende tynn linse (samlelinse) med kjent fokallengde  $f$ .

Finn den minste mulige avstand mellom objekt og bilde når vi forutsetter at objekt og bilde begge er reelle og  $f$  er en gitt konstant.

## Oppgave 3

a) Vi har en elektrisk krets som består av en seriekopling av en resistans  $R$ , en kapasitans  $C$ , en induktans  $L$  og en spenningskilde  $V(t) = V_m \cos(\omega \cdot t)$ . Tidsmiddelet av effekten,  $\bar{P}$  avsatt i motstanden kan skrives som

$$\bar{P} = \frac{\frac{1}{2} R V_m^2}{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Bruk dette uttrykket til å vise at resonansvinkelfrekvensen  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Hva menes med halvverdbredden  $\Delta\omega$ ? Illustrer gjerne svaret med en figur.

b) Vi har en radiomottaker som består av en  $RLC$ -krets som i a).  $L = 1.00 \mu\text{H}$ . To nærliggende radiostasjoner, stasjon 1 og stasjon 2, sender på henholdsvis  $f_1 = 100.0 \text{ MHz}$  og  $f_2 = 100.4 \text{ MHz}$ . Vi antar at signalstyrken fra de to stasjonene er like. Vi ønsker å tilpasse komponentene i vår  $RLC$ -krets slik at når vi stiller inn på stasjon 1 vil signalet fra stasjon 2 være 1% av signalet fra stasjon 1. På den måten vil stasjon 1 ikke forstyrre når vi lytter på stasjon 2.

Bestem kapasitansen  $C$ , motstanden  $R$  og kvalitetsfaktoren  $Q$ .

$$\text{Oppgitt: } Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\omega_0 L}{R}$$

#### Oppgave 4

a) En elektromagnetisk bølge kommer normalt inn på en grenseflate fra et medium med brytningsindeks  $n_1$  til et medium med brytningsindeks  $n_2$ . La  $I_{inn}$ ,  $I_{refl}$  og  $I_{transm}$  være intensitetene til henholdsvis den innkommende, reflekterte og transmitterte bølgen. Bruk energibevarelse og

$$\frac{I_{transm}}{I_{inn}} = \frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2} \quad \text{til å vise at } \frac{I_{refl}}{I_{inn}} = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

Vi lar medium 1 være luft og medium 2 har dielektrisitetskonstant  $K = 81$ .

Bestem  $I_{refl} / I_{inn}$ .

Bestem også forholdet mellom amplitudene til  $E$ -feltene  $E_{refl} / E_{inn}$ .

b) Vi lar nå den innkommende bølgen komme inn mot grenseflaten på skrå med innfallsvinkel  $\theta$ . Den innkommende bølgen er upolarisert. Medium 1 er luft og brytningsindeksen i medium 2 er 1.5.

For hvilken verdi av  $\theta$  er den reflekterte bølgen 100% polarisert?

c) Vi lar nå medium 2 være ukjent og skal bestemme  $n_2$  med et enkelt eksperiment. Den innkommende bølgen er som før upolarisert. Vi plasserer et ideelt polarisasjonsfilter normalt på den reflekterte bølgen og måler intensiteten bak dette filteret. Polarisasjonsfilteret kan dreies om en akse normalt på filteret. Innfallsvinkelen  $\theta$  kan varieres mellom  $0^\circ$  og  $90^\circ$ .

Gjør rede for hvordan den ukjente brytningsindeksen  $n_2$  kan bestemmes.