

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Eksamen i:** FYS2130 Svingninger og bølger.

**Eksamensdag:** 6. juni 2011.

**Tid for eksamen:** kl. 14:30 - 18:30.

**Oppgavesettet er på:** 3 sider.

**Vedlegg:** Ingen.

**Tillatte hjelpemidler:** Øgrim/Angell og Lian: Størrelser og enheter i fysikken.

Rottman: Matematisk formelsamling.

En A4-side med egne notater (håndskrift eller maskinskrift eller begge).

Elektronisk kalkulator av godkjent type (uten lagret tekst).

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

*Maksimalt 4 poeng for hvert delspørsmål i hele eksamenssettet.*

### Oppgave 1

- a) Anta at vi digitaliserer lyd fra en fiolin hvor det spilles en lang enstrøken A. Samplingsfrekvensen er 10 kHz. Signalet fouriertransformeres så (vanlig fast fourier transform). Forsøk å angi (omtrentlig) hvordan det resulterende signalet er, både gjennom figurer og skriftlig beskrivelse av alle relevante detaljer.
- b) Gjør rede for hvordan en temperert skala er bygget opp i vårt vanligste tonesystem.
- c) Hvordan er en Q-verdi for et svingende system definert? Vi vil helst ha to ulike uttrykk, et basert på energibetraktninger og et som er mer eksperimentelt rettet.
- d) Skalaen i vår vestlige kultur er et resultat av århundreders musikalsk praksis. Det er naturlig at valg av skala henger sammen med egenskaper i menneskets høresans. Forsøk ut fra en slik tanke å estimere Q-verdien for svingninger i basillarmembranen i vårt øre.
- e) Estimer hvor lang tid en tone må vare for at vi skal være i stand til å skille tonehøyden fra en etterfølgende tone (med samme varighet) der tonehøyden er en halvtone høyere eller lavere enn den første. [Dersom du husker noen detaljer fra prosjektoppgaven som har relevans her, kan du med fordel nevne dem.]
- f) I en helt annen del av pensum forsøker vi også å angi betingelser for å skille mellom to bølgefordelinger i tid og rom. Rayleighs oppløsningskriterium sier:

$$\psi \approx \frac{D/2}{f_o} = \frac{1.22\lambda}{D_o}$$

I hvilken sammenheng inngår dette kriteriet? Forklar hva symbolene står for og hva kriteriet svarer til rent fysisk i den situasjonen det inngår.

g) Ved diffraksjon fra en spalt er intensitetsfordelingen på en skjerm langt fra spalten gitt ved

$$I(r, \theta) = I_{max}(r, \theta) \left[ \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\frac{\beta}{2}} \right]^2 \quad \text{hvor} \quad \beta = 2\pi \frac{a \sin \theta}{\lambda}$$

Vis at første intensitetsminimum svarer til at  $a/2 * \sin \theta = \lambda / 2$ . Hvorfor tror du vi har valgt å skrive denne relasjonen på akkurat denne måten? (Hint: Hvilken fysisk relasjon står sentralt ved forklaring av interferens og diffraksjon?)

## Oppgave 2

- a) Skriv ned en bølgeligning for elektromagnetiske bølger og forklar hvilke størrelser som inngår.
- b) Angi en vanlig løsning av denne bølgeligningen. Angi betingelser som må oppfylles for å finne en slik løsning i praksis.
- c) Lyshastigheten er knyttet til den relative elektriske permittiviteten  $\epsilon_r$ . Hvordan? Hva forteller generelt  $\epsilon_r$  oss om et stoff som f.eks. brukes som dielektrikum i en kondensator innen den ordinære elektromagnetismen? Hvilken fysisk prosess/mekanisme synes å være involvert når en elektromagnetisk bølge (for eksempel lys) beveger seg gjennom et dielektrikum (for eksempel glass)?
- d) Gjør rede for forskjellen på en plan bølge og en planpolarisert (lineært polarisert) bølge.
- e) Sett opp et matematisk uttrykk for en monokromatisk elektromagnetisk plan planpolarisert (lineært polarisert) bølge og en plan sirkulært polarisert bølge.
- f) Hvor mange parametre må vi faktisk kjenne for å angi polarisasjonstilstanden til en plan elektromagnetisk bølge? (Svaret på dette spørsmålet er ikke gitt eksplisitt i læreboka, men du bør kunne resonnerer deg fram til svaret.)
- g) Fresnel utledet for snart 200 år siden lovmessighet for refleksjon og transmisjon for elektromagnetiske bølger som treffer et tynt, plant grensesjikt mellom to medier med brytningsindeks  $n_1$  og  $n_2$ :

$$R_s = \left( \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2}}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2}} \right)^2$$

$$R_p = \left( \frac{n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2} - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2} + n_2 \cos \theta_i} \right)^2$$

Forklar hva symbolene i disse ligningene betyr.

h) Bruk disse uttrykkene for å finne

- Transmisjon og refleksjon for en bølge som kommer vinkelrett inn på et grensesjikt mellom luft og glass med brytningsindeks 1.54.
- Brewstervinkelen for det samme grensesjiktet.

i) Angi likheter og ulikheter i fenomenene knyttet til henholdsvis Brewstervinkel og totalrefleksjon.

j) Løsningen av bølgeligningen du ga i delspørsmål 2b) er antakelig en matematisk idealisert bølge. Virkelige bølger avviker til dels sterkt fra denne. Forsøk å beskrive bølger i en virkelig situasjon, for eksempel lys fra Sola som kommer inn mot Jorden. Angi hvordan vi karakteriserer slike reelle bølger.

### Oppgave 3

a) Sett opp linseformelen og forklar symbolene som inngår.

b) Angi de vanlige konstruksjonsreglene som brukes i klassisk geometrisk optikk.

c) Tegn opp strålegangen i et mikroskop. Poengter hvor store alle avstander er.

*[Dersom du er blank mhp mikroskop, kan du ta for deg et teleskop i stedet. Det samme gjelder alle delpunktene c, d og e. Maksimalt antall poeng i c og d reduseres da til halvparten av det oppgitte på hvert av de aktuelle delpunktene.]*

d) Angi hva vi mener med forstørrelsen til mikroskopet og hvor stor denne er. Bestem forstørrelsen for det tilfellet at både objektiv og okular har 10 mm brennvidde og avstanden mellom dem er 21 cm.

e) (Noe vanskelig?) Forklar hvordan du ville gå fram dersom du ønsket å ta bilder fra mikroskopet ved å bruke såkalt okularprojeksjon.

f) Konstruksjonsreglene i klassisk geometrisk optikk er basert på at ”lys går i rette linjer (lysstråler)” i et homogent medium. Diskutér gyldighetsområdet for en slik antakelse. Har dette med såkalt ”paraksial tilnærming” å gjøre? Forklar kort.

g) Når vi ser på et objekt gjennom et konkret mikroskop, oppdager vi at det er noen uønskede fargede striper langs grenselinjen mellom lyse og mørke områder i bildet. Det er to typer fargede striper. Gjør rede for hvordan de fargede stripene antakelig ser ut. Hva kalles fenomenet, og hva skyldes det?

h) Når vi sammenligner synssansen og hørselssansen vår med hensyn på ”evne til å skille signaler med ulike frekvenser”, fremstår tydelige forskjeller. Forklar. Angi spesielt hvordan de to sansene oppfatter et signal som er en sum av to ulike frekvenser. (Type bølge og valg av frekvens er selvfølgelig tilpasset for hhv syn og hørsel.)

*(Oppgavesetter slutter her.)*