

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: FYS2130 Svingninger og bølger.

Eksamensdag: 7. juni 2012.

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.

Rottmann: 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 5 poeng for hvert delspørsmål i hele eksamenssettet, unntatt der det er spesifisert noe annet (i oppgave 1b og 1e).

Oppgave 1

a) Skriv ned "svingeligningen" for en udempet mekanisk fjærpendel, og en generell "bølgeligning". Angi en generell løsning av disse ligningene og fortell hva som bestemmer de spesifikke løsningene for et gitt fysisk system.

b) Vis at bevegelsen til en stram streng kan beskrives ved bølgeligningen. Vær nøye med å angi antakelser og tilnærminger som gjøres i utledningen. [Dersom du ikke husker denne utledningen, kan du i stedet utlede løsningen av en dempet svingning av en mekanisk fjærpendel.] *For dette delspørsmålet gis det maksimum 15 poeng for bølgeligningen på en streng, og maksimum 10 poeng for løsningen av dempet svingning. Du må velge EN av utledningene (ikke begge).*

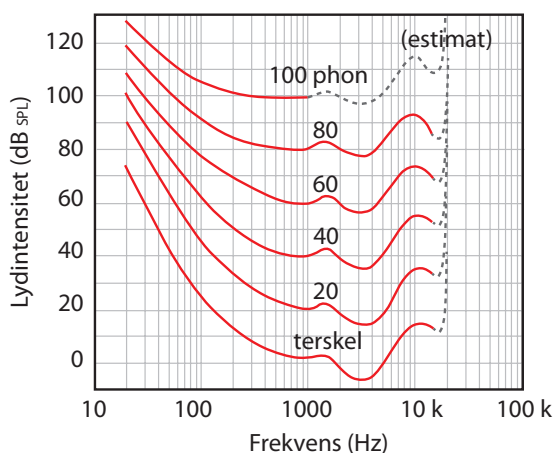
c) For en fysisk bølge beregner vi iblant en koherenslengde. Hva forteller koherenslengden oss, og hvordan kan den beregnes? Nevn et fysisk eksperiment hvor resultatet endres betydelig alt etter hvilken koherenslengde bølgene har.

d) For lydbølger i luft har vi utledet to ulike uttrykk for intensiteten i lydbølgene:

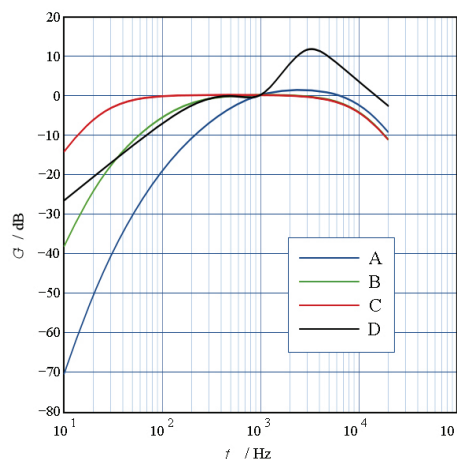
$$I = \frac{(p_{rms})^2}{\rho v} \quad \text{og} \quad I = 4\pi^2 \rho v (f \eta_{rms})^2$$

Forklar hva symbolene står for.

e) Lydintensitet angis også gjerne i dB. Forklar hvordan vi kan beregne lydintensitet i dB(SPL) og dB(A). Henvis gjerne til figurene nedenfor i svaret ditt (i så fall må du forklare hva figurene sier oss). *For dette delspørsmålet gis det maksimum 10 poeng.*



Figur 1



Figur 2

f) Ved måling av lys angis resultatet i en eller flere ulike størrelser To av dem er disse:

Lysstyrke / lysintensitet måles i candela: cd = lm/sr. Karakteriserer synlig lysintensitet fra en lyskilde (per romvinkel) i en gitt retning.

Radians måles i W/(sr m²). Karakteriserer utstrålt effekt per kvadratmeter projisert flate per steradian romvinkel i en gitt retning.

Disse to eksemplene er fra hver sin hovedgruppe av størrelser. Hva karakteriserer disse to gruppene? Innen hver av hovedgruppene er det også mulig å dele størrelsene i to eller tre undergrupper. Kan du foreslå hva slags undergrupper som da kan komme på tale?

g) Gi kort rede for fargesyn og forklar hvorfor fargene på en dataskjerm langt på vei, men ikke fullt ut, kan gjengi farger vi kan observere i naturen.

Oppgave 2

a) Sett opp et matematisk uttrykk for to elektromagnetisk bølger med følgende egenskaper: Bølge 1 er monokromatisk, plan og planpolarisert (lineært polarisert). Bølge 2 er monokromatisk, plan og sirkulært polarisert. Hva er kravet for at en sum av bølger skal tilfredsstille en og samme bølge-ligning?

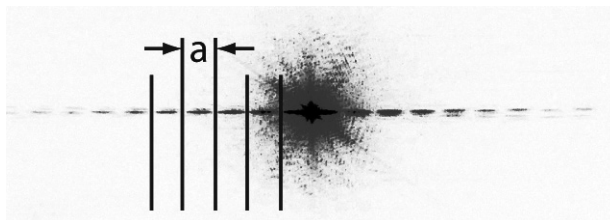
b) Hva mener vi med et "dobbeltbrytende" materiale? Hvordan kan vi bruke et slikt materiale for å omforme en planpolarisert bølge til en sirkulært polarisert bølge?

c) Ved diffraksjon fra en spalt kan det vises at intensiteten (langt fra spalten) følger ligningen:

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

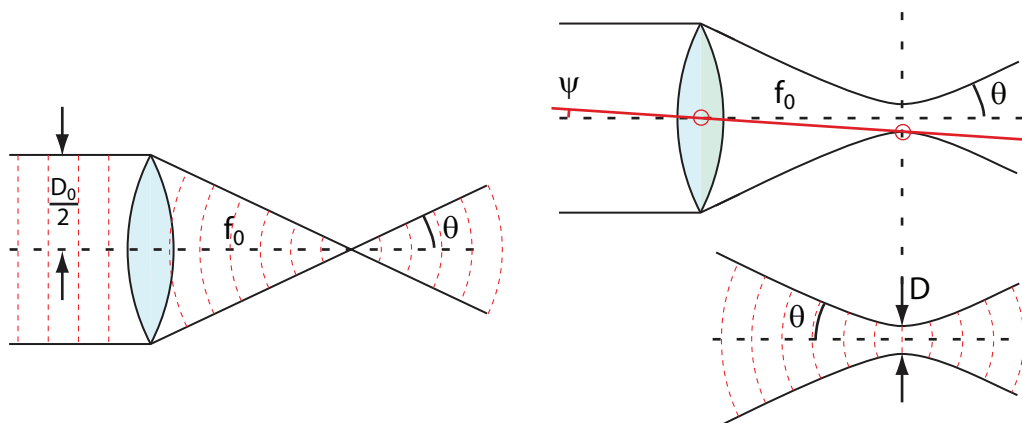
Skissér intensitetsprofilen og angi noen karakteristiske verdier langs θ -aksen.

Vi legger så et menneskehår på tvers over strålen til en laserpenn, og betrakter lyset fra laserpennen på en skjerm 185 cm fra pennen. Resultatet er gitt i figuren nedenfor, hvor $a = 14.7$ mm.



Hvor tykt er hårstrået dersom bølgelengden var 532 nm?

d) Vi tenker oss nå at vi sender lys fra en fjern lyskilde gjennom en bikonveks linse. I læreboka finnes en figur som følger:



Forklar hva figuren forsøker å få fram. Kan du ut fra denne figuren utlede et uttrykk for radien i Airy-skiven (bortsett fra en konstant faktor)? Forklar forresten hva vi mener med "Airy-skive" og hvilken betydning den har f.eks. ved astronomiske eksperimenter.

e) Hva ville skje dersom vi forsøkte å sende en plan planpolarisert elektromagnetisk bølge gjennom en rektangulær bølgeleder? Forklar. Bølgeledere for elektromagnetiske bølger kan være utformet på mange ulike måter, men de har alle noe til felles. Hva tror du vi tenker på da? (Hint: Løsning av Maxwells ligninger.)

Oppgave 3

a) Sett opp linseformelen og forklar symbolene som inngår. Når er størrelsene negative?

b) Tegn opp strålegangen i et teleskop. Hvordan er lensene plassert i forhold til hverandre? I et konkret tilfelle har et teleskopet en brennvidde på 810 mm og vi bruker et okular som gjør at teleskopet får 54 X forstørrelse. Hva er avstanden mellom objektiv og okular når teleskopet skal kunne brukes for å betrakte objekter 10 m fra objektivet? Hva er avstanden mellom objektiv og okular når vi betrakter objekter "uendelig" langt borte? (Anta at vi kan betrakte lensene som "tynne").

c) Et objekt er 5.0 mm langt (høyt) og plassert 12.0 cm foran en bikonveks linse med brennvidde 8.0 cm. Tegn strålegangen og bestem posisjon og størrelse på "bildet".

(Noe vanskeligere:) Vi setter så inn en bikonkav linse med brennvidde - 4.0 cm i en avstand 12.0 cm fra den første linsen. Tegn inn strålegangen fra objektet og gjennom begge lensene (kan kanskje være lurt med en ny tegning for å ikke forkludre strålegangen du fant fra første linsen alene). Bestem hvor bildet er plassert, hvor stort det er, om det er reelt eller virtuelt, og hvorvidt bildet er opp-ned eller ikke. Du kan gjerne bruke linseformelen i tillegg til tegningen av strålegangen.

(Oppgavesettet slutter her.)