ØVING 8

Veiledning: *18.10*
Innleveringsfrist: *20.10*

Oppgave 1

Lys med bølgelengde 656 nm emitteres fra et hydrogenatom i en fjern stjerne. Observert bølgelengde på jorda er 663 nm. Bestem relativhastigheten stjerne - jord når det antas at bevegelsen skjer langs forbindelseslinjen mellom dem.

Fasit: $3.2 \cdot 10^6$ m/s

Oppgave 2

To dipolantenner for radiobølger står en avstand L fra hverandre på z-aksen. Den ene antennen (som har størst z-verdi) sender ut bølger som langs z-aksen er polarisert i x-retning. Den andre antennen sender ut bølger som langs z-aksen er polarisert i y-retning. Amplitudene for de to bølgene er like store. Antennene blir matet fra en felles oscillator (som er innstilt på $f = 10$ MHz), men slik at en kan la den y-polariserte bølgen ha en variabel tidsforsinkelse τ sammenlignet med den x-polariserte.

Vi betrakter resultantbølgen i et punkt P på positiv z-akse så langt borte at vi kan regne at amplitudene for delbølgene er like store.

a) Finn betingelsen som må oppfylles for at resultantbølgen skal være lineær polarisert i P.

b) Finn betingelsen som må oppfylles for at resultantbølgen skal være sirkulær polarisert i P.

c) Vi antar at vi har et tilfelle med lineær polarisering i P. Hvor langt (ΔL) må en flytte antennene i forhold til hverandre langs z-aksen om vi igjen skal få lineær polarisering, men med polarisasjonsretning dreid 90°?

Fasit: 15 m

Oppgave 3

a) Hvorfor er himmelen (når skyfri) blå, og hvorfor er sola rød ved soloppgang og solnedgang?

b) Ved hjelp av en polaroidfilm, finn ut om det er noen del av den blå himmelen som har en vesentlig komponent med lineærpolarisert lys. Forklar hvorfor og hvorfor akkurat denne delen.

Merknader:

1. I denne oppgaven forventes ikke beregninger, men bare kvalitative argumenter.

2. Det vil ikke bli utgitt skriftlig løsningsforslag til denne oppgaven, men oppgaven vil bli kommentert på forelesning sannsynligvis tirsdag 26.10.

Oppgave 4 (Eksamensoppgave 2/12 1998)

Vi skal i første del av oppgaven (dvs. i pkt. a og b) betrakte bølger som forplanter seg langs en uendelig lang streng med konstant gitt masse pr. lengdeenget μ og konstant gitt snorstramming F_T. For både pkt. a og b avtar vi at utsvingene er transversale og så små (og at vi ellers har slike forhold) at bølgeligningen:

$$\frac{\partial^2 D(x,t)}{\partial x^2} = K\frac{\partial^2 D(x,t)}{\partial t^2} \tag{1}$$

gjelder. I likning (1) er $D(x,t)$ transversalt utsving for et strengelement med posisjon x og tiden t. $K = \mu/F_T$ er en konstant.

a) Vi betrakter først en harmonisk vandrebølge beskrevet ved:

$$D(x,t) = D_0 \cos(kx - \omega t + \varphi) \tag{2}$$

I ligning (2) er $D(x,t)$ transversalt utsving som ovenfor, D_0 er bølgens amplitude, $k = 2\pi/\lambda$ der λ er bølgelengden, $\omega = 2\pi\nu$ der ν er frekvensen, og φ er en vilkårlig fasekonstant. For frekvens $\nu = 9.0\ \mathrm{s}^{-1}$ er bølgelengden $\lambda = 1.0$ m.
Finn fasehastigheten!

Vis også at det at en harmonisk vandrebølge med vilkårlig frekvens ν oppfyller bølgeligningen (1), medfører at:

$$\omega = \text{konstant} \cdot k$$

dvs. at vi ikke har dispersjon!

b) Vi betrakter så en bølgepuls (som betår av mange frekvenskomponenter), som forplanter seg på strengen. Vil denne bølgepulsen forandre form mens den forplanter seg bortover strengen ? Begrunn svaret! Hva er tallverdien til gruppehastigheten for denne bølgepulsen?

Vi betrakter i resten av oppgaven synlig lys som forplanter seg i glass med brytningsindeks gitt ved:

$$n = 1.509 + \frac{4.68 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{m}^2}{\lambda_0^2} \tag{3}$$

der λ_0 er bølgelengden til lyset i vakuum (bølgelengde i glasset blir da $\lambda_g = \lambda_0/n$). Det kan da vises (numerisk, skal ikke vises her) og her benyttes som kjent, at dispersjons-relasjonen for lys i glasset da kan uttrykkes ved:

$$\omega = \frac{k}{A + Bk^2} \tag{4}$$

der $A = 5.032 \cdot 10^{-9}$ m^{-1}s og $B = 1.65 \cdot 10^{-25}$ ms.

c) Finn fasehastighet og gruppehastighet til grønt lys med bølgelengde $\lambda_0 = 5.00 \cdot 10^2$ nm som forplanter seg i glasset.

d) En lyspuls med spektralfordeling som dekker hele det synlige området ($\lambda_0 = 400$ nm-700 nm) genereres ved inngangen til en $1.00 \cdot 10^2$ m lang og rettlinjet stav av glass med brytningsindeks som gitt ovenfor. Vi antar at glass-staven har så stort tverrsnitt at lyset i glass-staven forplanter seg tilnærmet rettlinjet uten refleksjon. Finn forskjellen i ankomsttid ved utgangen av glass-staven for det første røde lys (med $\lambda_0 = 7.00 \cdot 10^2$ nm) og det første fiolette lys (med $\lambda_0 = 4.00 \cdot 10^2$ nm).

Oppgitt

- I denne oppgaven nytter vi for lyshastigheten c i vakuum:

  $$c = 3.00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- Gruppehastighet v_g er definert ved:

  $$v_g \equiv \frac{d\omega}{dk}$$

  Merk at når vi har dispersjon, må $\frac{d\omega}{dk}$ tas for aktuell k-verdi!