

Golven en Optica (NS-104B)

19 augustus 2009

Opgave 1. Snaar (2.5 punt)

Twee pulsen lopen over een oneindig lange snaar. De snaar heeft een massa μ per lengte eenheid en is opgespannen langs de x-as met spankracht $F = 100N$. De uitwijking y van de snaar op positie x en op tijd t wordt bepaald door de superpositie van beide golven: $y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t)$, waarbij de afzonderlijke pulsen y_1 en y_2 gegeven worden door $y_1(x, t) = \frac{y_0}{(x-2t)^2+1}$ en $y_2(x, t) = \frac{-y_0}{(x+2t-1)^2+1}$. y_0 en x zijn gegeven in meter; t is in seconden.

- Schets de afzonderlijke golven op $t = 0$ en $t = 2$. Geef hierin duidelijk de maximale uitwijking, de positie van het maximum en een maat voor de breedte van de golf aan.
- Laat zien dat beide golven voldoen aan de golfvergelijking.
- Bereken de voortplantingssnelheid (in m/s) van beide golven. In welke richting lopen ze?
- Bereken de waarde van μ
- Geef een uitdrukking voor de transversale snelheid van de snaar op positie x als functie van de tijd t .
- Op welk moment is de uitwijking van de snaar overal gelijk aan nul?
- Hoeveel potentiële energie zit er in de golf op dat moment? Motiveer je antwoord.

Opgave 2. Orgelpijp (2.5 punt)

Beschouw een pijp van lengte L die gesloten is aan *beide* uiteinden en gevuld is met lucht. De geluidssnelheid v is 340 m/s.

- Druk de frequenties van de normaalmoden voor deze pijp uit in L en v .

We kijken nu naar een orgelpijp, waarvan één einde open is en het andere uiteinde open of dicht. Twee opeenvolgende boventonen in de pijp blijken frequenties te hebben van 1323 en 1764 Hz.

- Is dit een halfopen of een volledig open pijp? Verklaar je antwoord.
- Welke boventonen zijn dit?
- Hoe lang is de pijp?

Opgave 3. Breking en Polariseratie (2.5 punt)

Een glazen staaf met brekingsindex $n = \sqrt{3}(1.732)$ bevindt zich in lucht met brekingsindex $n = 1$. De staaf heeft een dwarsdoorsnede in de vorm van een rechthoekige driehoek met hoeken van 30° , 60° en 90° . Een rechtsdraaiende circulair gepolariseerd lichtgolf met intensiteit van $1W/m^2$ valt loodrecht in op de *kortste* rechthoekzijde.

- Bereken de intensiteit van het direct gereflecteerde licht. Geef ook de polarisatietoestand van dit licht.
- Het doorgelaten licht wordt vanwege de loodrechte inval niet gebroken en valt daarna op de schuine zijde. Geef van zowel het door de schuine zijde doorgelaten als van het gereflecteerde licht de intensiteit en de polarisatietoestand.

- c) Vervolgens valt het licht dat gereflecteerd aan de schuine zijde op de langste rechthoekzijde. Hoe groot is de hoek van inval op deze zijde? Schets nu de hele weg die de lichtstraal binnen de glasstaaf volgt. Geef van de relevante hoeken aan hoe groot die zijn. Geef ook aan waar, en onder welke hoek(en) met de normaal, de lichtstraal de staaf kan verlaten.
- d) Leg uit waarom het licht, nadat het binnen de staaf voor de eerste keer is gereflecteerd aan de langste rechthoekzijde, lineair is gepolariseerd. In welke richting is dit licht dan gepolariseerd?
- e) Hoe groot is de intensiteit van het licht dat gebroken wordt aan de langste rechthoekzijde en daar de staaf dus verlaat? Effecten van meervoudige interne reflecties mag je verwaarlozen.

Opgave 4. Interferentie (2.5 punt)

Een tralie met 500 spleten per mm en spleetbreedte a wordt onder een hoek van 2° t.o.v. de normaal beschenen met een smalle laserbundel: een monochromatische, coherente vlakke golf met een golflengte $\lambda = 400\text{nm}$. Doordat de bundel niet loodrecht op het tralie invalt, bestaat er tussen iedere twee opeenvolgend spleten een extra faseverschil δ . De hoeken waaronder de hoofdmaxima op een scherm op grote afstand worden waargenomen, zijn daardoor verschoven met een hoek $\Delta\theta$ vergeleken bij loodrecht inval.

- a) Bereken de hoekverschuiving $\Delta\theta$ in graden.
- b) Tussen het nulde orde en het eerste orde hoofdmaximum bevinden zich 100 minima. Bereken de breedte van de laserbundel die op het tralie valt. Geef 3 decimalen.

Veronderstel vanaf nu dat de bundel wel loodrecht op het tralie invalt.

- c) Het derde orde hoofdmaximum aan beide zijden van het nulde orde hoofdmaximum blijkt op het scherm afwezig te zijn. Bereken de spleetbreedte a in μm .
- d) Wat is de hoogste orde hoofdmaximum dat nog zichtbaar is? Beargumenteer uw antwoord.