

Golven & optica (NS-104b)

31 augustus 2005

Opgave 1. Lopende golven en interferentie op een snaar (35 punten)

We beschouwen transversale sinusvormige lopende golven op een oneindig lange snaar. De snaar heeft een massa per lengte-eenheid μ en is opgespannen langs de x -as met spankracht F .

- Geef een uitdrukking voor de transversale snelheid van de snaar op positie x als functie van de tijd t .
- Geef de verhouding van de maximale transversale snelheid en de fasesnelheid in termen van A en k .
- Als de spankracht F verdubbeld wordt en de frequentie gelijk blijft, met welke factor verandert dan de golflengte van de golf op de snaar?

We beschouwen nu het algemene probleem van twee in tegengestelde richtingen lopende golven op de snaar.

- Laat zien dat $y_1(x, t) = g(x - vt)$ en $y_2(x, t) = f(x + vt)$ lopende golven zijn die voldoen aan de golfvergelijking (g en f zijn willekeurige differentieerbare functies).
- In welke richtingen lopen $g(x - vt)$ en $f(x + vt)$? Motiveer je antwoord.
- Leg uit waarom $y(x, t) = g(x - vt) + f(x + vt)$ een algemene uitdrukking is voor golven op de snaar.

Voor een bepaalde keuze voor de functies g en f blijkt dat op $t = 0$ de uitwijking op de *hele* snaar gelijk is aan nul, $y(x, 0) = 0$.

- Hoeveel potentiële energie zit er in de golf op dat moment? Motiveer je antwoord.
- Geef voor deze randconditie het algemene verband voor de uitwijking op de snaar als functie van x en t , in termen van één van beide functies $g(x - vt)$ of $f(x + vt)$.
- Geef op het tijdstip $t = 0$ een uitdrukking voor de transversale snelheid van een punt van de snaar, in termen van één van beide functies $g(x - vt)$ of $f(x + vt)$.
- Op welk moment is de kinetische energie van de snaar maximaal? Motiveer je antwoord.

Opgave 2. Geluidsgolven en Doppler-effect (35 punten)

Een stilstaande luidspreker met een oppervlak van 0.03 m^2 trilt harmonisch met een amplitude van 0.1 mm en een frequentie van 1 kHz , en produceert hierdoor een geluidsgolf (geluidssnelheid 340 m/s , $B = 1.42 \times 10^5 \text{ Pa}$).

- Bereken de hoekfrequentie, de golflengte en het golfgetal van de uitgezonden geluidsgolf.
- Bereken de drukamplitude van de geluidsgolf vlakbij de luidspreker en vergelijk die met de atmosferische druk. Bereken de gemiddelde geluidsintensiteit vlakbij de luidspreker.
- Bereken het totale vermogen dat de geluidsgolf meevoert.

- d) We beschouwen de luidspreker als een puntbron. Bepaal de intensiteit op 10 meter afstand en druk die uit in decibel.
- e) We laten het geluid volledig reflecteren aan een oneindig grote wand die naar de luidspreker toe beweegt met een snelheid van $v_S = 10$ m/s en meten het terugkerende geluidssignaal met een stilstaande microfoon. Er is geen interferentie met de heengaande golf. Bereken de frequentie van het signaal.

Opgave 3. *Spectraal en *angulair* scheidend vermogen van een spleet.*
(30 punten)

We beschouwen het diffractiepatroon van een enkele spleet met breedte a . De intensiteitsverdeling van het Fraunhofer-diffractiepatroon wordt gegeven door:

$$I = I_0 \left\{ \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right\}^2 \quad \text{met } \alpha = \frac{ka}{2} \sin \theta.$$

Dit patroon wordt zichtbaar gemaakt op een scherm op afstand L van de spleet.

- a) Schets het intensiteitspatroon op het scherm. Geef hierin ook de parameter θ aan.

We willen nu met behulp van dit patroon de breedte van de spleet bepalen. Hiertoe bepalen we de afstand tussen de posities van de derde intensiteitsminima aan weerszijden van het hoofdmaximum. We belichten de spleet met een evenwijdige lichtbundel met golflengte 600 nm. De afstand tussen spleet en scherm (L) is 2 meter. We meten een verschilafstand van 5 cm.

- b) Bereken de spleetbreedte a .
- c) Leg uit wat er gebeurt met het diffractiepatroon als we *twee* vlakke golven met *verschillende* golfgetallen parallel laten invallen? Een berekening wordt niet verlangd.
- d) Leg uit wat er gebeurt met het diffractiepatroon als we *twee* vlakke golven met *gelijke* golfgetallen laten invallen maar met *verschillende* maar *kleine* hoeken t.o.v. de normaal op de spleet (φ en $-\varphi$). Een berekening wordt niet verlangd.
- e) Geef een uitdrukking en leg deze uit voor zowel het *spectraal scheidend vermogen* $\Delta\lambda/\lambda$ van de spleet als het *angulair scheidend vermogen* $\Delta\varphi$.