

Tentamen Golven/Optica

Woensdag 26 februari 2003

Aanvang: 14.00 uur

Duur: 3 uur

1. *Schrijf op ieder vel uw naam en voorletters, op het eerste vel bovendien uw adres en studierichting.*
2. *Verdeel uw tijd goed over de diverse onderdelen van de drie opgaven.*
3. *Begin elke opgave op een nieuw blad*

Opgave 1. Lopende golven en interferentie op een snaar (40 punten)

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

- a. Onder welke voorwaarde is $y(x,t) = A \sin(\omega t - kx)$ een oplossing van de golfvergelijking.
- b. Waarom loopt deze golf in de richting van de positieve x -as?
- c. Als de spankracht F verdubbeld wordt en de frequentie gelijk blijft, met welke factor verandert dan de golflengte van de golf op de snaar.
- d. Geef een uitdrukking voor de transversale snelheid van de snaar op positie x als functie van de tijd t .
- e. Geef de verhouding van de maximale transversale snelheid en de fasesnelheid in termen van A en k .

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

- f. 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).
- g. In welke richtingen lopen $g(x - vt)$ en $f(x + vt)$? Motiveer je antwoord, (v is positief).
- h. 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 een bepaald moment ($t = 0$), de uitwijking op de hele snaar gelijk is aan nul, $y(x,0) = 0$.

- i. Hoeveel potentiële energie zit er in de golf op dat moment? Motiveer je antwoord.
- j. 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, $g(x,t)$ of $f(x,t)$.
- k. 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, $g(x,t)$ of $f(x,t)$.
- l. Op welk moment is de kinetische energie van de snaar maximaal? Motiveer je antwoord.

Opgave 2. Orgelpijp (30 punten)

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

- a) 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 1372 en 1764 Hz.

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

Opgave 3. Geluidsgolven en Doppler effect (30 punten)

Een stilstaande luidspreker met een oppervlak van 0.030 m^2 trilt harmonisch met een amplitude van 0.100 mm en frequentie van 1.00 kHz , en produceert hierdoor een geluidsgolf (geluidssnelheid 340 m/s , $B = 1.42 \times 10^5 \text{ Pa}$).

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

We beschouwen de luidspreker als een puntbron.

- d. Bepaal de intensiteit op 10m afstand en druk die uit in decibell (dB).

We laten het geluid volledig reflecteren aan een oneindig grote wand die naar de luidspreker toe beweegt met een snelheid van $v_s = 10 \text{ m/s}$ en meten het terugkerende geluidssignaal met een stilstaande microfoon. Er is geen interferentie met de heengaande golf.

- e. Bereken de frequentie van het ontvangen signaal.