

NS-104b

Tentamen Golven & Optica

24 juni 2009, 15.00 – 18.00 uur

- Maak elke opgave op een apart vel en voorzie die van naam en studentnummer
- Gebruik van een grafische rekenmachine is toegestaan
- Verdeel uw tijd optimaal over de vier opgaven

Opgave 1. Lopende golven op een snaar (2.5 punt)

We beschouwen transversale lopende golven op een oneindig lange snaar met spankracht F en massadichtheid μ .

- Als y de transversale uitwijking is, dan beschrijft $y(x,t) = A \sin(\omega t - kx)$ een lopende golf. Geef de relatie(s) waaraan A (amplitude), ω (hoekfrequentie) en k (golfgetal) moeten voldoen opdat $y(x,t)$ een lopende golf op deze snaar beschrijft.
- Waarom loopt deze golf in de richting van de positieve x -as, of waarom juist niet?
- Als de spankracht F van de snaar een hoeveelheid ΔF verandert, dan verandert de golflengte λ van de golf met $\Delta \lambda$. Toon aan dat:

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{\Delta F}{2F}.$$

Een realistische snaar heeft een zekere stijfheid. Dat betekent dat de fasesnelheid voor trillingen van een snaar met massa per lengte-eenheid μ en spankracht F gegeven wordt door:

$$v_f = \sqrt{\frac{F}{\mu} + \alpha k^2}.$$

Hierin is α een positieve constante die de stijfheid van de snaar weergeeft; k is als gebruikelijk gedefinieerd.

- Geef de dimensie van α .
- Geef de uitdrukking voor de groepsnelheid v_g voor golven op deze snaar in termen van F , μ , α , en k .

Opgave 2. Geluidsgolven (2.5 punt)

Een stilstaande luidspreker met een oppervlak van 0.05 m^2 trilt harmonisch met een amplitude van 0.1 mm en frequentie van 1 kHz en produceert hierdoor een geluidsgolf (geluidssnelheid 340 m/s , $B = 1.42 \cdot 10^5 \text{ Pa}$).

- Bereken de hoekfrequentie, de golflengte en het golfgetal van de uitgezonden geluidsgolf.



- b. Bereken de drukamplitude van de geluidsgolf vlakbij de luidspreker. Hoeveel kleiner is dit dan de atmosferische druk? Bereken de gemiddelde geluidsintensiteit vlakbij de luidspreker.
- c. Bereken het totale vermogen dat de geluidsgolf meevoert.

We beschouwen de luidspreker nu als een puntbron.

- d. Bepaal de intensiteit op 20m afstand en druk die uit in decibel (dB).

De luidspreker staat nu in een supersonisch vliegtuig dat met $\sqrt{2}$ maal de geluidsnelheid op $z=1$ km hoogte vliegt boven een denkbeeldige x -as.

- e. Geef de richting van de schokgolf in het xz -vlak op het moment dat de schokgolf de oorsprong passeert.
- f. Waar bevindt het vliegtuig zich op dat moment? Hoe groot is de hoek tussen de richting waar het geluid vandaan komt en de richting waar het vliegtuig zich werkelijk bevindt? (De richting waaruit de sonic-boom komt kun je met je oren moeilijk bepalen, maar het geluid dat je kort daarna hoort komt uit ongeveer dezelfde richting.)

Opgave 3. Breking (2.5 punt)

We beschouwen de overgang tussen twee oneindig dikke media met brekingsindices n_1 en n_2 ($n_2 > n_1$). Een lichtbundel met golflengte λ valt vanuit het medium met brekingsindex n_1 in op dit grensvlak onder een hoek θ_i met de normaal op het grensvlak. De hoek van de doorgaande bundel met de normaal noemen we θ_t .

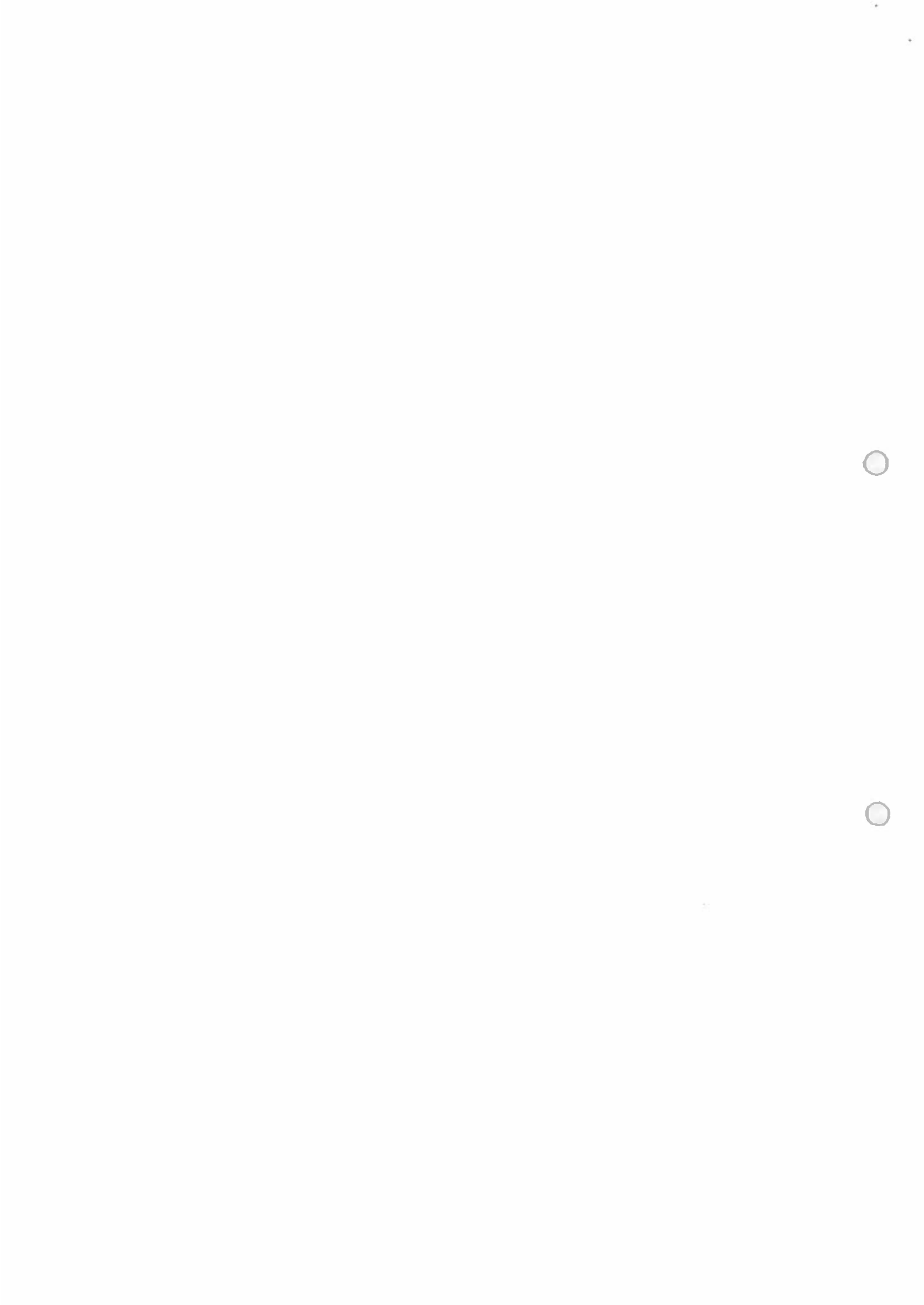
- a) Welke waarde heeft de golflengte van dit licht na breking aan het grensvlak? Welke frequentie heeft het licht na breking?

Wanneer ongepolariseerd licht invalt onder de Brewsterhoek θ_p (dus als $\theta_i = \theta_p$) is het gereflecteerde licht 100% gepolariseerd.

- b) Schets de situatie en geef in je schets duidelijk de polarisatierichting van het gereflecteerde licht aan.
- c) De Brewsterhoek voor licht dat vanuit het medium met brekingsindex n_2 op het grensvlak valt noemen we θ_q . Laat zien dat de twee Brewsterhoeken θ_p en θ_q complementair zijn, d.w.z. $\theta_p + \theta_q = 90^\circ$.

Een bundel lineair gepolariseerd licht valt nu op een glazen staaf, waarvan de dwarsdoorsnede een gelijkzijdige driehoek is. De brekingsindex van dit glas is $\sqrt{3}$ ($=1.732$). De hoek van inval is 60 graden, en het vlak van inval, breking en reflectie is evenwijdig aan dat van de dwarsdoorsnede. Het invallende licht is gepolariseerd in een richting die evenwijdig is met het vlak van inval, breking en reflectie. De intensiteit van de opvallende lichtbundel is 10^{-6} W/m^2 .

- d) Schets de situatie met daarin één invallende lichtstraal en alle reflecties en brekingen ervan aan de 3 zijden van dit prisma. Bereken (of schat) de intensiteit van het licht dat dit prisma verlaat aan elk van de 3 zijden en geef dit aan in je schets. Absorptie binnen het prisma mag worden verwaarloosd.

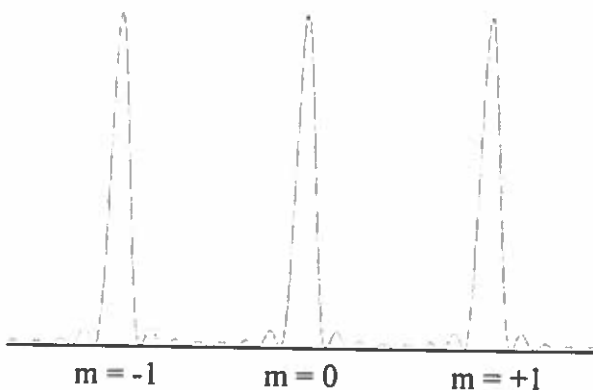


Opgave 4. Tralie (2.5 punt)

Voor de intensiteitverdeling van een systeem van N spleten met verwaarloosbare breedte kan de volgende uitdrukking afgeleid worden:

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\sin N\alpha}{\sin \alpha} \right)^2 \quad \alpha = (kd/2) \sin \theta$$

met N het aantal spleten, I_0 een intensiteit in verband met de normering, d de afstand tussen de spleten en θ de afbuighoek. Als een vlakke monochromatische golf met golfgetal k op deze spleten valt, produceert het op een scherm het volgende Fraunhofer diffractiepatroon.



- Door hoeveel spleten is bovenstaand diffractiepatroon geproduceerd?
- Hoe groot is de intensiteit (in het maximum) van een enkele spleet uitgedrukt in I_0 ? En hoe groot is de maximale intensiteit van het diffractiepatroon van de N spleten?
- Bij welke afbuighoeken heeft het bovenstaande diffractiepatroon minima?
- Leg het begrip spectraal scheidend vermogen ($R = \lambda / \Delta\lambda$) uit; wat is $\Delta\lambda$ hier?
- Leid de uitdrukking $R = Nm$ af voor het spectraal scheidend vermogen van dit N -spleten systeem. Leg in het bijzonder uit waarom R niet van d afhangt.

Met dit N -spleten systeem wordt licht van een natriumlamp bekeken. De lamp emitteert twee lijnen bij golflengten $\lambda = 589.0$ nm en 589.6 nm.

- Vanaf welke orde van het diffractiepatroon van dit systeem kunnen de twee lijnen volgens de definitie van R gescheiden waargenomen worden?
- Leg uit waarom deze 2 lijnen in dit systeem met $d = 0.002$ mm toch **niet** gescheiden worden waargenomen?

