

# Hoofdstuk 31: Eigenschappen van het licht

## 1. Wat is het principe van Huygens?

Het principe van Huygens geldt voor alle golf-types. Het zegt dat ieder punt van een golffront moet worden opgevat als de bron van een kleine sferische golf (wavelet) die dezelfde snelheid en frequentie heeft als de oorspronkelijke golf. Het nieuwe golffront is de omhullende van alle sferische golfjes. Dit is echter geen echte sferische golf, want enkel het gedeelte dat zich voortplant in de richting van de oorspronkelijke golf wordt behouden.



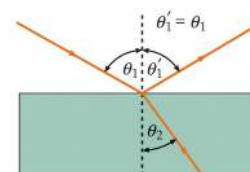
## 2. Formuleer de wetten van reflectie en breking.

**Brekningsindex:**  $n = \frac{c}{v}$  ( $c$  = lichtsnelheid in vacuüm ;  $v$  = lichtsnelheid in transparant medium)

**Wet van reflectie:** De weerkaatste straal ligt in het invalsvlak en men bewijst dat  $\vartheta_1 = \vartheta_1'$ . Deze wet geldt voor elk type van golf.

**Wet van breking:** Wet van Snellius-Descartes, men bewijst dat  $n_1 \cdot \sin(\vartheta_1) = n_2 \cdot \sin(\vartheta_2)$ . Deze wet geldt voor elk type van golf.

- Optisch ijl  $\square$  Optisch dicht Breking naar de normaal toe ( $n_1 < n_2$ )
- Optisch dicht  $\square$  Optisch ijl Breking van de normaal weg ( $n_1 > n_2$ )



## 3. Verandert de frequentie van licht wanneer het zich door een medium met brekningsindex $n$ beweegt? En de golflengte?

Het uitzenden van licht is het gevolg van excitatie van elektronen van lagere naar hogere energieniveaus en de daarop volgende de-excitatie waarbij dan licht wordt uitgezonden. Het energieverval tussen de twee niveaus bepaalt de frequentie van het licht. De frequentie is daarom een intrinsieke eigenschap van de golf en dus onafhankelijk van het medium. De snelheid van het licht is echter wel afhankelijk van het medium, daarom verandert ook de golflengte van het licht.

**In vacuüm:**  $\lambda f = c$

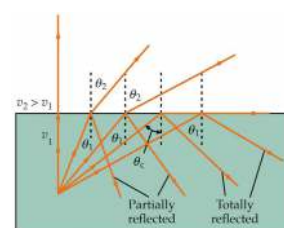
**In medium met brekningsindex  $n$ :**  $\lambda' f = v \rightarrow \lambda' = \frac{v}{f} = \frac{\lambda}{n}$

## 4. Wat is totale (interne) reflectie? Wanneer treedt het op? Geef een voorbeeld.

Bij overgang van een optisch dicht naar een optisch ijl medium bestaat er een invalshoek  $\theta_c$  vanaf dewelke er enkel nog reflectie optreedt en geen breking meer. De brekningshoek  $\theta_2 = 90^\circ$ .

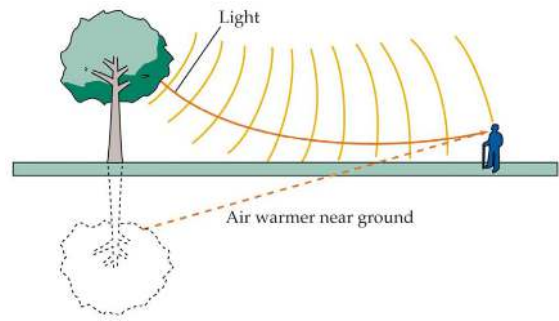
$$\sin^n \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \sin^n 90^\circ = \frac{n_2}{n_1}$$

Vb.: Prisma, glasvezelkabel, onderwaterlamp, ...



## 5. Hoe ontstaat een luchtspiegeling?

De brekingsindex verandert gradueel met de hoogte van de luchtlaag. Onderaan is de lucht warmer waardoor de dichtheid lager is en dus ook de brekingsindex kleiner. De lichtstralen afkomstig van het voorwerp gaan steeds over van een laag met hogere brekingsindex naar een laag met lagere brekingsindex. Er is dus steeds breking van de normaal weg.

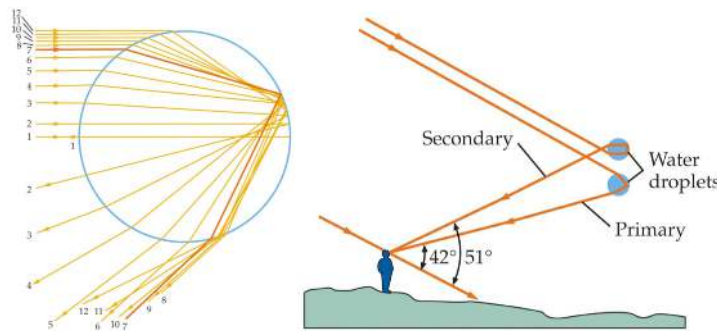


## 6. Wat verstaat men onder de dispersie van licht?

**Dispersie:** De brekingsindex is afhankelijk van de golflengte (en van de frequentie) van het licht.

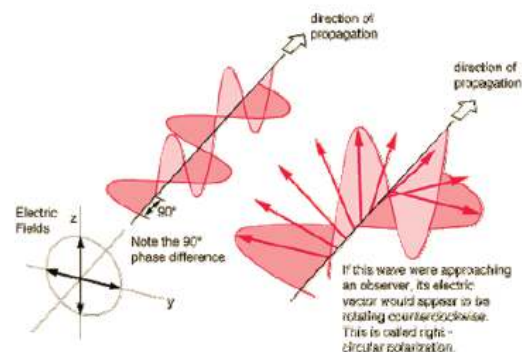
Vb.: Zonlicht dat invalt op een regendruppel.

De maximale angulaire uitwijking t.o.v. straal 1 treedt op bij  $\sim 42^\circ$ . Rond dit maximum treedt een clustering van gebroken stralen op. Het is deze clustering die de regenboog veroorzaakt. Elke frequentie wordt lichtjes anders gebroken en gereflecteerd. We krijgen dan een clustering bij verschillende hoeken voor verschillende kleuren. De volgorde van de kleuren is te verklaren met de brekingsindex van water.  $n_{\text{water}}$  voor rood licht is kleiner dan die voor blauw licht, bijgevolg is de angulaire straal voor rood licht groter en bevindt deze zich boven het blauwe licht. Sommige lichtstralen worden 2 keer gereflecteerd binnen in de druppel. De angulaire straal van de secundaire regenboog  $\sim 51^\circ$ . De kleurenvolgorde is omgekeerd aan die van de primaire regenboog.



## 7. Wat is de polarisatie van een elektromagnetische golf (en dus licht)?

EM golven zijn transversale golven, de richting van de elektrische veldvector  $\vec{E}$  noemt de polarisatie van de EM golf. Indien de  $\vec{E}$  vector steeds in één vlak blijft dan noemen we deze golf lineair gepolariseerd. Circulair gepolariseerd licht bestaat uit twee lineair gepolariseerde golven die onderling een faseverschil van  $90^\circ$  hebben en loodrecht op elkaar staan. De resulterende  $\vec{E}$  vector draait dan rond in een cirkel.



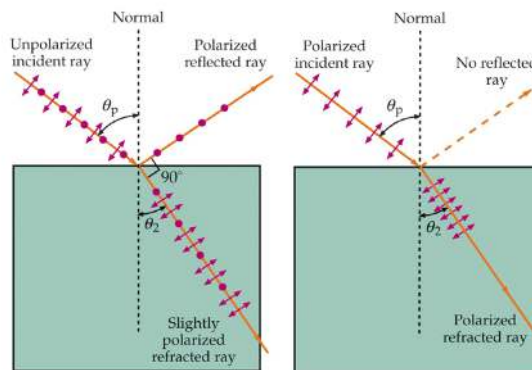
8. Bespreek kort op welke drie manieren gepolariseerd licht verkregen kan worden.

**Polarisatie door absorptie:** Sommige moleculen en kristallen absorberen licht verschillend afhankelijk van de polarisatie. Bv. polaroid film, dit is een dunne laag die evenwijdige lange koolwaterstofketens bevat. Deze moleculen adsorberen het licht wanneer de  $\vec{E}$  vector evenwijdig is aan de ketens. Indien ze er loodrecht opstaat wordt het licht doorgelaten.

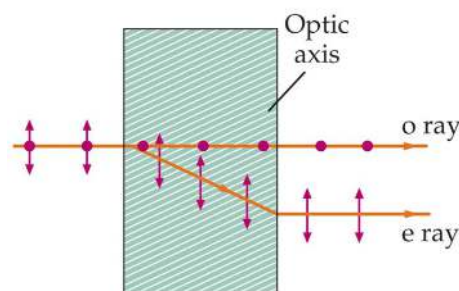
**Polarisatie door reflectie:** Licht dat invalt op transparant materiaal wordt gedeeltelijk gebroken en gedeeltelijk gereflecteerd. Het gereflecteerde licht is gedeeltelijk gepolariseerd. Herhaling van dit proces geeft gepolariseerd licht. Er bestaat een invalshoek  $\theta_p$  (hoek van Brewster) waarvoor het gereflecteerde licht volledig gepolariseerd is. Bij deze invalshoek staan de gereflecteerde en gebroken straal loodrecht op elkaar.

$$\theta_p + \theta_2 = 90^\circ$$

$$n_1 \sin \theta_p = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow \tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1}$$



**Polarisatie door dubbelbreking:** Dubbelbreking is een eigenschap die sommige kristallen bezitten. De brekingshoek waaronder het licht gebroken wordt bij inval, hangt af van de polarisatie van het licht. Dit is het gevolg van het feit dat de lichtsnelheid afhankelijk is van de polarisatie. Men krijgt in het materiaal twee stralen. De gewone (o) straal die voldoet aan de brekingswet van Snellius-Descartes en de buitengewone (e) straal die gebroken wordt onder een andere hoek. De polarisaties van beide stralen zijn onderling orthogonaal.



9. Formuleer en bewijs de wet van Malus. Maak ook een tekening.

Ongepolariseerd licht valt in op een polarisator. Deze laat enkel één richting door, het licht is dan gepolariseerd. Dit licht sturen we nu naar een tweede polarisator waarmee we de polarisatie van het licht kunnen bestuderen. Deze tweede polarisator wordt meestal de analysator genoemd. De transmissie-as van de analysator maakt een hoek  $\theta$  met die van de polarisator. We kunnen de  $\vec{E}$  vector steeds ontbinden in twee onderling loodrechte vectoren. Één langs de transmissie-as van de analysator en één er loodrecht op. De amplitude van de  $\vec{E}$  vector van het licht dat door de analysator wordt doorgelaten is dan  $E_{\parallel} = E \cos \theta \rightarrow I = E_{\parallel}^2 = I_0 \cos^2 \theta$ . Wanneer de transmissie-assen van polarisator en analysator loodrecht op elkaar staan spreekt men van gekruiste polarisatoren. Dan komt er geen licht door.

