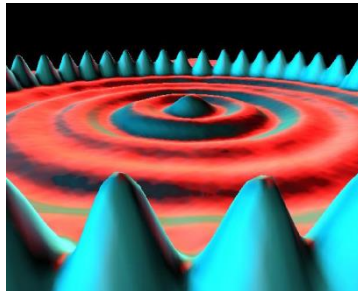


Quantum Physics

*The physics of the very small
with great applications*



Deel 3: HANDS-ON ACTIVITEITEN

De dikte van een haar bepalen met diffractie van licht



Lifelong
Learning
Programme

Quantum Spin-Off is funded by the European Union under the LLP Comenius programme (540059-LLP-1-2013-1-BE-COMENIUS-CMP).

Renaat Frans, Laura Tamassia
Contact: renaat.frans@khlim.be

Dit materiaal reproduceert alleen de mening van de auteur en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gesteld voor het gebruik van de informatie die het materiaal bevat.

DiffRACTIE van Licht

ONDERZOEKSVRAAG:

Hoe kunnen we experimenteel de dikte van een haar bepalen?

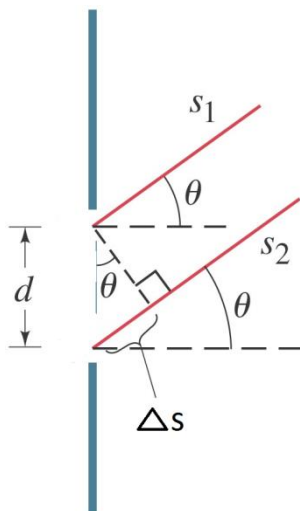
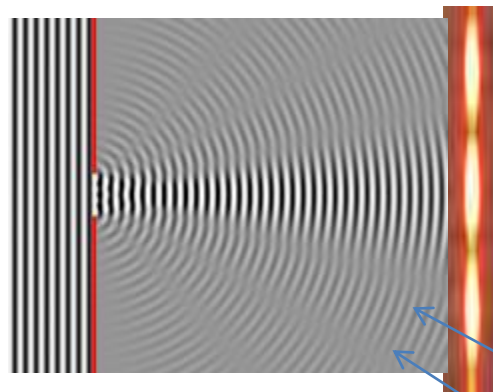
DIFFRACTIE VAN LICHT: INLEIDING

Als licht een hindernis passeert, bijvoorbeeld wanneer het door een smalle opening moet of als er zich een voorwerpje in een lichtbundel bevindt, dan treedt er diffractie op (ook buiging genoemd).



Omdat een obstakel of een spleet hetzelfde diffractiepatroon leveren, en het makkelijker redeneren is met een spleet, zullen we de redenering maken alsof het haar gelijk is aan spleet met dezelfde afmetingen.

Het diffractiepatroon ontstaat als een gevolg van (1) het beginsel van Huygens dat zegt dat vanuit elk punt opnieuw lichtgolven vertrekken (2) Door weglengteverschillen tussen de verschillende lichtgolven die de spleet passeren.



Deze weglengteverschillen maken dat de golven op het scherm met *een verschil in fase* toekomen naargelang de hoek die gemaakt wordt.

Voor bepaalde hoeken komen de golven in tegenfase toe: daar ontstaat uitdoving. Voor andere hoeken komen de golven in fase toe: daar ontstaat versterking (maxima). Daartussen zijn overgangsgebieden.

De zich verspreidende lichtgolven superponeren dus met elkaar: men noemt dit ook 'interfereren met elkaar'. Als gevolg daarvan verkrijgt men dus niet alleen licht recht achter de spleet, maar ook daarnaast in een patroon van maxima en minima.

Hoe smaller het voorwerp of de spleet *hoe grotere hoeken* nodig zijn vooraleer het weglengteverschil voldoende groot is om uitdoving te krijgen. Hoe groter de spleet of het voorwerp, hoe 'sneller' (voor kleinere hoeken) de weglengteverschillen al voldoende zijn om voor tegenfase en uitdoving te krijgen.
M.a.w. kleine voorwerpen of smalle spleten geven een wijd diffractiepatroon met

DiffRACTIE van Licht

een grote afstand tussen de minima (en de maxima). Grote voorwerpen of brede spleten geven een op elkaar gedrukt patroon van snelle opeenvolging van maxima en minima. Wordt de spleet te groot dan verdwijnt het diffractiepatroon en krijg je gewoon licht rechte achter de spleet.

Doordat de breedte van het patroon afhangt van de afmeting van de spleet of het obstakel geeft diffractie ons een methode om de afmeting van kleine voorwerpen te bepalen zoals een haar of een bloedcel.

In dit practicum bepalen we dikte van een haar.

Omdat een haar erg dun is, leveren ze een breed diffractiepatroon, zodat we met behulp van een gewone meetlat, nauwkeurig de dikte (of de 'dunthe') ervan kunnen bepalen!

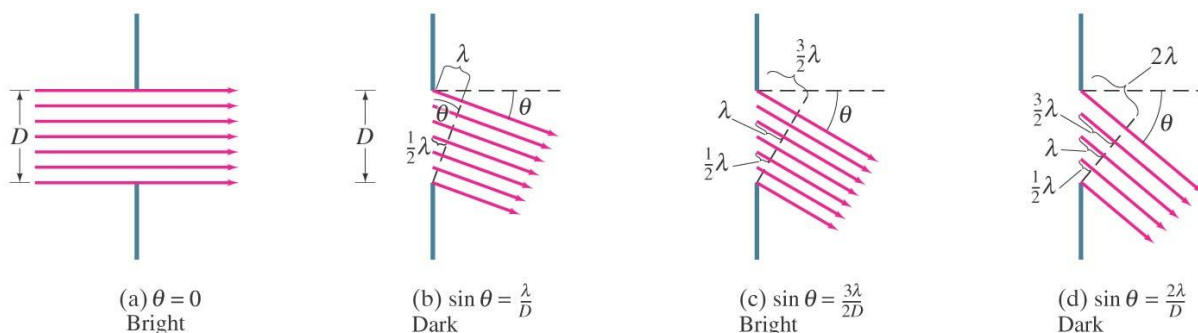
Afmetingen van objecten bepalen uit gemeten diffractiepatroon met driehoeksmetkunde

Hoe kunnen we nu een precieze formule afleiden om uit de gemeten afstanden tussen de minima de grootte van het obstakel af te leiden?

Het verschil in de afgelegde weg Δs (zie tekening) is bepalend om uitdoving dan wel versterking te krijgen. Kunnen wij deze Δs uitdrukken in een goniometrische formule in functie van de hoek θ en de spleetbreedte D ? (herken je de rechthoekige driehoek die je moet gebruiken?).

$$\sin \theta = \frac{\Delta s}{D} \Leftrightarrow \Delta s = D \cdot \sin \theta$$

Maar waaraan moet Δs gelijk zijn om uitdoving te krijgen?



Eerst beschouwen de stralen die rechtdoor lopen. Ze zijn allemaal in fase ($\Delta s = 0$) dus recht voor de opening is er een maximum.

Beschouw nu de hoek waarvoor het weglengteverschil van de bovenste straal met de onderste net één golflengte is ($\Delta s = \lambda$). De straal die precies door het midden gaat zal dan een halve golflengte verschillen (en dus in tegenfase zijn) met de bovenste straal. Deze twee stralen zullen dus op het scherm destructief interfereren. Maar ook een straal iets onder het midden zal in tegenfase zijn met een straal iets onder de bovenste. M.a.w. voor deze hoek waarvoor een weglengteverschil gelijk aan de golflengte λ optreedt zullen de stralen 2 aan 2 destructief superponeren en dus een minimum vormen op het scherm.

Als $\Delta s = \lambda$ dan treedt een minimum op m.a.w. de voorwaarde voor een minimum wordt

$$\Delta s = \lambda = D \cdot \sin \theta$$

Maar ook als $\Delta s = 2\lambda$, dan kan je dezelfde redenering maken en stralen 2 aan 2 vinden die elkaar uitdoven. M.a.w. minima treden op indien

DiffRACTIE van Licht

$$\Delta s = m\lambda = D \cdot \sin \theta \quad (1)$$

met $m=1,2,3$

met D de spleetbreedte, λ de golflengte van het gebruikte licht en θ de hoek tussen de voorwaartse richting en de richting van het "m^{de}" minimum

Wil men nu D bepalen dan schrijft men beter

$$D = \frac{m\lambda}{\sin \Theta}$$

Nu omdat kleine hoeken moeilijk te meten zijn kan men gebruik maken van

$$\sin \Theta \approx \text{tg} \Theta \quad \text{indien } \Theta \text{ klein}$$

En

$$\text{tg} \Theta = \frac{A}{L}$$

met L de afstand tussen object en scherm en A de afstand tot het minimum. (Teken de rechthoekige driehoek) zodat:

$$D = \frac{m\lambda}{A} L \quad (2)$$

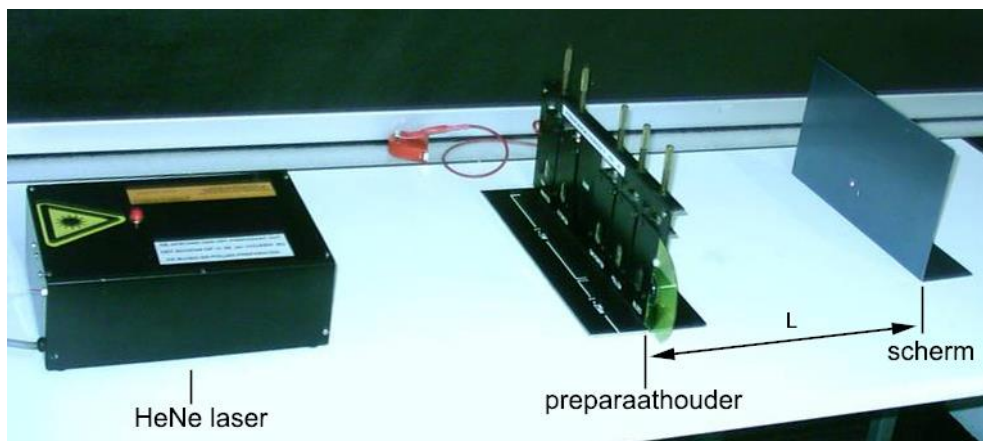
De dikte van het haar D halen we uit het meten van de afstand A_n tot het eerste ($n = 1$), 2^{de} ($n=2$) of n^{de} **diffRACTIEMINIMUM**. In het regelmatig diffRACTIEpatroon zien we immers een vlek met een uitgesproken kleinere intensiteit tussen de diffRACTIEMAXIMA.

DiffRACTIE van Licht

EXPERIMENT: Met *DiffRACTIE van Licht* dikte van een haar bepalen

BENODIGDHEDEN	WERKWIJZE
<ul style="list-style-type: none"> - Preparaathouder - Laser (golflengte = 632.8nm) - Scherm (gebruik hiervoor een blad papier) - Lintmeter - Meetlat - Potlood 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maak een blad papier vast op het scherm 2. Plaats de preparaathouder op precies 1 m van het scherm 3. Plaats de laser op ongeveer 20 cm voor de preparaathouder 4. Zet de laser aan. 5. Beweeg voorzichtig met de laser totdat deze het haar raakt en er een diffractiepatroon optreed. 6. Meet de afstanden A tussen de heldere lichtvlek van de rechtdoorgaande lichtbundel en het 1^{ste} tot en met het 5^{de} minimum. Duidt hiervoor de posities aan op het blad papier met een potlood. 7. Zet de laser uit en haal het blad van het scherm. 8. Meet de afstanden (A) en vul de tabel verder aan. 9. Bereken met behulp van de formules de dikte van het haar (b).

PROEFOPSTELLING



DiffRACTIE van Licht

TABEL

m (nummer van het minimum)	A afstand middelpunt-minimum (cm)	D dikte van het haar (μm)	<d> Gemiddelde dikte (μm)
1			
2			
3			
4			
5			

BEREKENING

$$D = \frac{m\lambda}{A} L$$

BESLUIT

Uit het experiment kunnen we afleiden dat de 'gemiddelde' dikte van het gemeten haar overeenkomt met

_____ μm

In de literatuur vinden we voor de dikte van een haar waarden tussen 9 en de 100 μm .