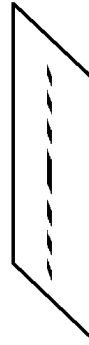
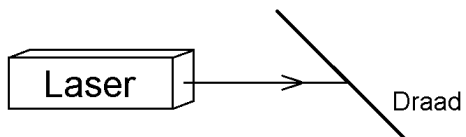


Naam:

## Bepaling van de diameter van een haar

Bepaal met een laser de diameter van een mensenhaar uit het diffractiepatroon. Zie de onderstaande schematische figuur. De golflengte van het laserlicht krijg je van de docent. Verder geen gedetailleerde instructies!



Naam:

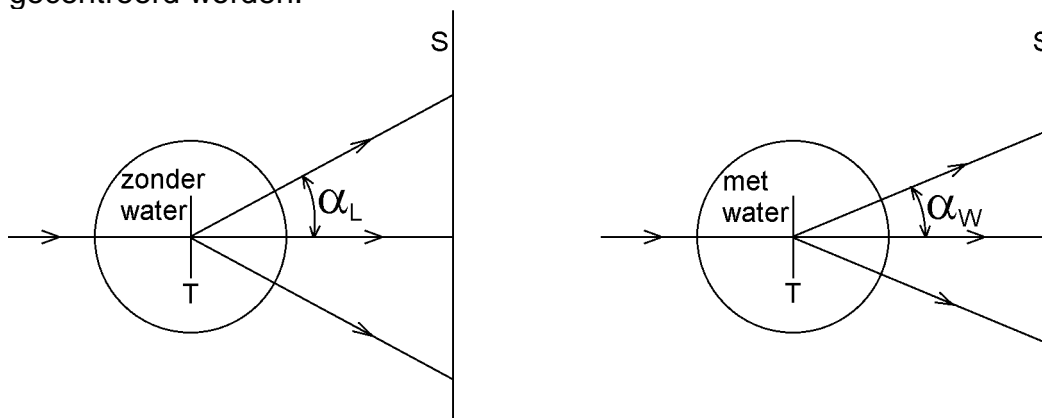
## Bepaling van de brekingsindex van water

De brekingsindex  $n$  van een doorzichtige stof geeft aan hoeveel keer de lichtsnelheid in vacuüm groter is dan de lichtsnelheid in die stof. In formulevorm is dit (met  $V =$  vacuüm en  $DS =$  doorzichtige stof):

$$n = \frac{c_V}{c_{DS}}$$

In dit practicum wordt de lichtsnelheid in lucht gelijkgesteld aan die in vacuüm omdat het verschil tussen beide snelheden zeer klein is. Verder wordt er met monochromatisch licht (één kleur) gewerkt. Dit betekent dat de verhouding van de lichtsnelheden gelijk is aan de verhouding van de golflengtes omdat de frequentie van het licht gelijk blijft.

Het doel van dit practicum is om de brekingsindex van water te bepalen met behulp van een laser, een tralie en een petrischaaltje. De tralieconstante en de golflengte van het licht zijn onbekend en blijven dat ook gedurende de gehele proef. De onderstaande figuren tonen schematisch het bovenaanzicht van de opstellingen. Een tralie  $T$  bevindt zich in het midden van een petrischaaltje dat op een tafel ligt. Een laserstraal, afkomstig van een laserpen, gaat door het petrischaaltje heen en wordt door het tralie in een aantal richtingen afgebogen. De uittredende lichtstralen vallen op een scherm (of muur)  $S$ . In de linker figuur is het petrischaaltje niet met water gevuld, in de rechter figuur wel. De eerste orde afbuighoeken van de laserstraal zijn aangegeven met  $\alpha_L$  en  $\alpha_W$  (met  $L =$  lucht en  $W =$  water). De plaats waar de laserstraal op het tralie valt, moet samenvallen met het midden van het petrischaaltje. Dit is nodig om lichtbreking bij de rand van het petrischaaltje te voorkomen. Met behulp van de figuur op de volgende bladzijde kan het tralie gecentreerd worden.

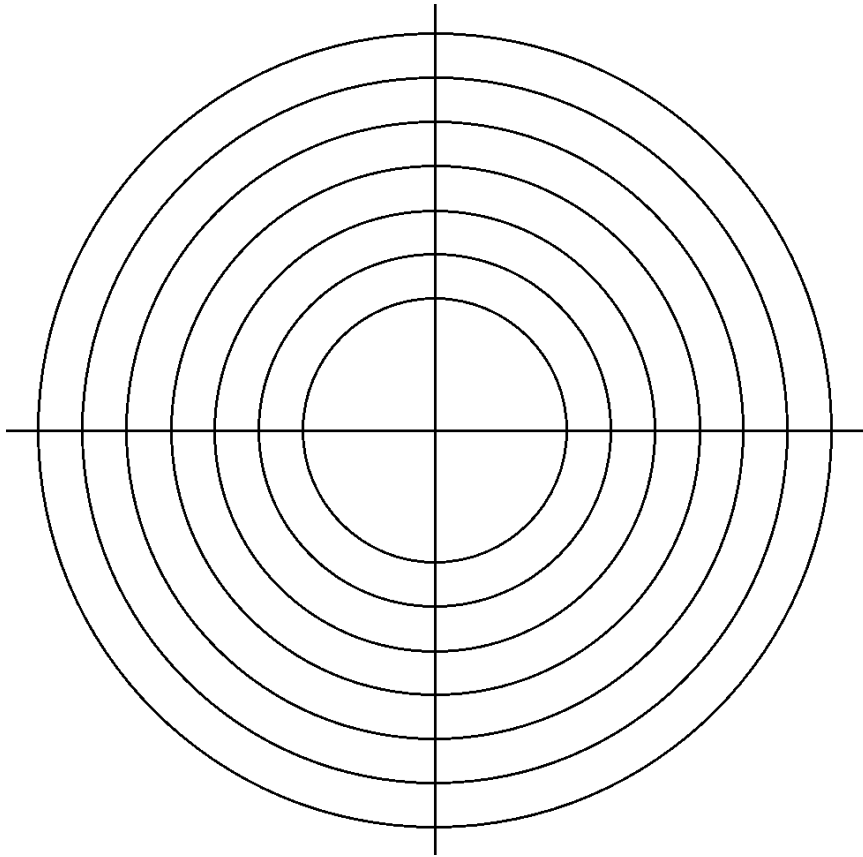


a.

Laat stapsgewijs zien dat in dit practicum geldt:  $n = \frac{\sin(\alpha_L)}{\sin(\alpha_W)}$ .

b.

Bepaal de brekingsindex van water met de hierboven getekende opstellingen.



Naam: \_\_\_\_\_

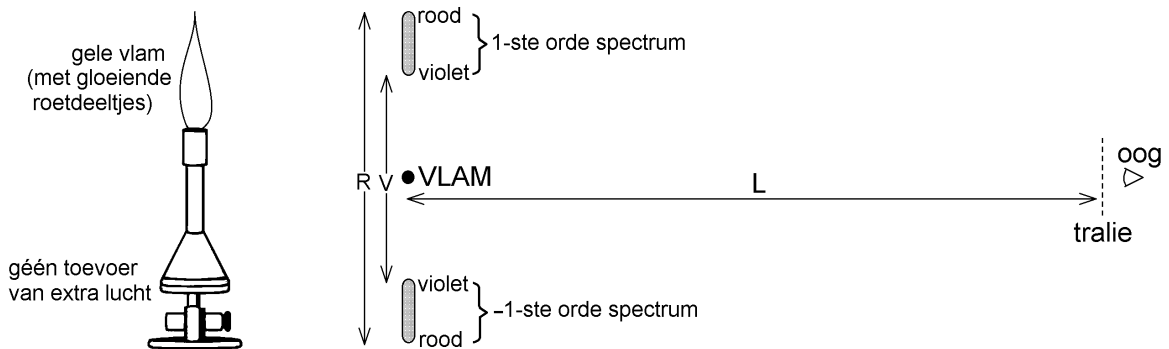
## Practicum continu en discreet spectrum

### Inleiding

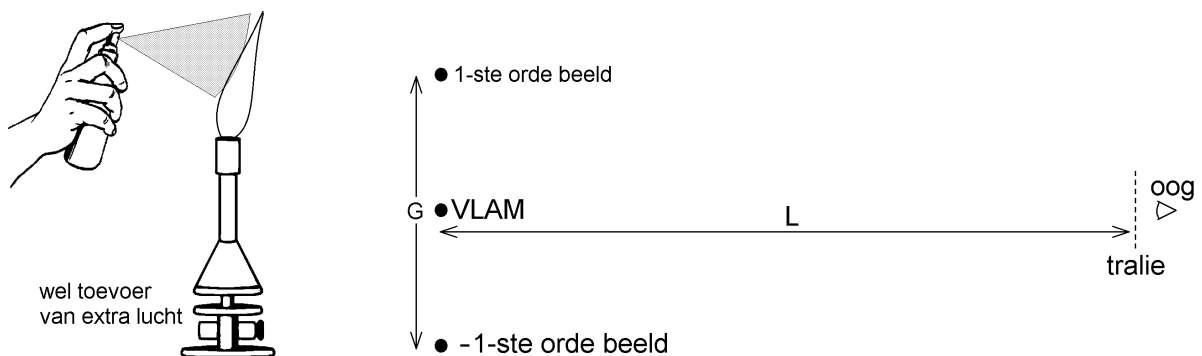
In dit practicum maken we kennis met twee soorten uitgezonden lichtspectra namelijk 1) een continu spectrum en 2) een discreet spectrum. Een continu spectrum bevat ALLE aaneengesloten kleuren binnen een bepaald golflengtegebied. Een discreet spectrum bevat slechts een eindig aantal SCHERP BEPAALDE kleuren. Bijvoorbeeld zendt een heel heet voorwerp, zoals een hete spijker, een continu spectrum uit en zenden losse atomen een discreet spectrum uit.

In dit practicum staat de teclubrander centraal. In deel 1 laten we de vlam een continu spectrum uitzenden en in deel 2 een discreet spectrum. Zie de onderstaande figuren.

### Deel 1: continu spectrum



### Deel 2: discreet spectrum



Om een continu spectrum te krijgen, sluiten we de luchttoevoer aan de onderzijde van de brander af. We krijgen dan de gele 'pauzevlam'. Door het tekort aan zuurstof wordt het aardgas niet volledig verbrand en ontstaan er gloeiende roetdeeltjes waarbij elk roetdeeltje uit vele koolstofatomen bestaat.

Om een discreet lightspectrum te krijgen, zetten we de luchttoevoer van de brander open zodat we een kleurloze (of lichtblauwe) vlam krijgen. Met behulp van een verstuiver worden kleine druppeltjes van een natriumchlorideoplossing in water in een vlam gespoten. In de vlam komen de natriumatomen door thermische excitatie in een aangeslagen toestand. Bij terugval naar de grondtoestand zenden de natriumatomen geel licht van één bepaalde golflengte uit (eigenlijk wordt niet één golflengte maar een zeer smal golflengtegebiedje uitgezonden) dat kenmerkend is voor natrium. Overigens zenden de natriumatomen ook een aantal andere scherp bepaalde kleuren uit maar die zijn veel minder opvallend.

### Opdrachten

Met behulp van een tralie wordt de golflengte van het uitgezonden licht bepaald. Zie de in de figuren getoonde opstelling (bovenaanzicht). De volgende afstanden moeten worden gemeten.

L = afstand tussen de vlam en het tralie.

V = afstand tussen het eerste orde violet en het min eerste orde violet (zie deel 1).

R = afstand tussen het eerste orde rood en het min eerste orde rood (zie deel 1).

G = afstand tussen het eerste orde geel en het min eerste orde geel (zie deel 2).

Bij het bepalen van L, V en G kunnen twee statieven handig zijn. Deze moeten dan op de plaatsen van de overeenkomstige eerste en min eerste orde kleuren gezet worden. De persoon die door het tralie kijkt, geeft daarbij aanwijzingen. De afstand tussen de statieven geeft dan V, R of G.

#### Deel 1)

Bepaal de golflengte van het uiterste violet dat nog net zichtbaar is.

Bepaal de golflengte van het uiterste rood dat nog net zichtbaar is.

Laat dit controleren voordat je verder gaat.

#### Deel 2)

Bepaal de golflengte van het gele natriumlicht.

Bereken de procentuele afwijking van de gevonden golflengte met de literatuurwaarde.

Laat dit controleren.

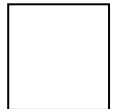
Naam:

## Bepaling van de hoekresolutie van het menselijk oog

### Deel 1

Bepaal de hoekresolutie van het menselijk oog. Neem bijvoorbeeld twee rode led's en ga na op welke afstand je deze nog afzonderlijk kunt waarnemen. Druk de gevonden hoekresolutie uit in boogminuten.

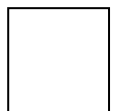
Laat dit controleren voordat je verder gaat.



### Deel 2

Maak op basis van de gevonden hoekresolutie in deel 1 een schatting van de maximale afstand tussen je ogen en een tekst (zoals op dit blad) waarbij je de tekst nog net kunt lezen. Ga er hierbij vanuit dat je dan 50% van de letterhoogte gescheiden kunt waarnemen. Ga na in hoeverre de gevonden afstand overeenkomt met de werkelijke afstand.

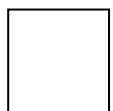
Laat dit controleren voordat je verder gaat.



### Deel 3

Onderzoek of de hoekresolutie afhangt van de kleur van het licht. Herhaal bijvoorbeeld deel 1, maar nu met groene of blauwe ledjes. Volgt het gevonden resultaat ook uit de theorie van diffractie? Leg je antwoord uit.

Laat dit controleren.



# Spectraalanalyse met een tralie

## Doel van de proef

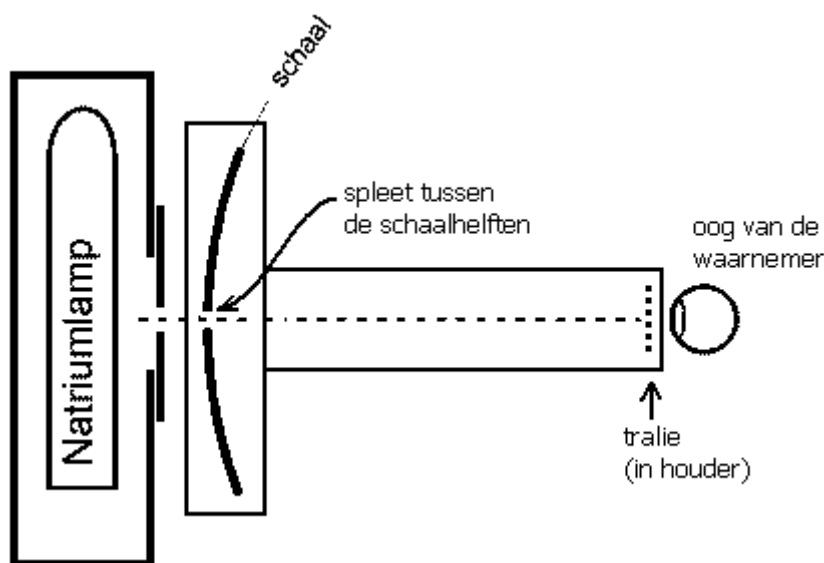
Bepaling van de tralieconstante aan de hand van de gele spectraallijn van natrium. Onderzoeken van het spectrum van de natriumlamp.

## Materiaal

Natriumlamp, vaste opstelling met cirkelvormige schaal en traliehouder, tralie met ca 500 lijnen per mm, materiaal voor de afscherming van ongewenst licht, maatlat of rolmaat, bijlichting van de schaal.

## Opstelling van de proef

De gebruikte opstelling is hiernaast in bovenaanzicht afgebeeld. Het tralie bevindt zich op een vaste afstand tot de schaal. De schaal vormt een deel van een cirkel die het midden van het tralie als middelpunt heeft. De staal van deze cirkel is zodanig, dat 1 cm op de schaal overeenkomt met een hoek van  $1^\circ$ .



In het midden van de schaal bevindt zich een spleetvormige opening waar het te onderzoeken licht doorheen gaat. De spleetbreedte is regelbaar door de twee schaaldelen te verschuiven. Het tralie staat loodrecht op de gestippelde verbindinglijn tussen spleet en tralie.

## Metingen

Meet de straal van de cirkel waarlangs de schaal loopt. Ga vervolgens na dat 1 cm op de schaal overeenkomt met een hoek van  $1^\circ$ .

Zet de natriumlamp aan. De natriumlamp brandt pas na ongeveer 10 minuten op volle sterkte. Verdraai het tralie zodanig, dat de twee eerste orde spectra symmetrisch t.o.v. de spleet liggen. Om hoeken nauwkeurig te kunnen aflezen, moet je de schaal waarschijnlijk bijlichten met een klein lampje.

Gebruik de bekende golflengte van de heldere gele natriumlijn ( $589,3 \text{ nm} \pm 0,3 \text{ nm}$ ) om het aantal lijnen per mm van het tralie te bepalen. Vergelijk dit aantal met het door de fabrikant opgegeven aantal. Tip: lees de linker afbuighoek en rechter afbuighoek op en neem het gemiddelde van beide hoeken.

Het is aardig om het ontstekproces van de lamp te bekijken. Hiertoe kun je de kap van de lamp openen. Vlna na het ontsteken is een roodachtig licht zichtbaar dat niet afkomstig is van natriumdamp maar van een edelgas (een 'opstartgas'). Overigens mag de lamp alleen aangezet worden als deze volledig is afgekoeld.

Bepaal de golflengte van de spectraallijnen die horen bij het opstartgas in de natriumlamp. De metingen zijn het beste uit te voeren vlak na het aanzetten van de lamp. Identificeer welk edelgas dit opstartgas is.

Minimale eisen waar het verslag aan moet voldoen.

Toon aan dat 1 cm op de schaal overeenkomt met een hoek van  $1^\circ$ .

Bereken het aantal lijnen per mm van het gebruikte tralie.

Geef het door het opstartgas uitgezonden spectrum in tabelvorm weer.

De tabel moet de volgende informatie over de belangrijkste spectraallijnen geven:

- De gemeten eerste orde afbuighoeken;
- De geschatte meetfouten van de gemeten afbuighoeken;
- De golflengtes die uit de gemeten afbuighoeken volgen;
- De literatuurwaarden van de golflengtes (nadat het gas geïdentificeerd is)

Bepaal welk gas het opstartgas is en geef het (in de literatuur gevonden) emissiespectrum in kleur weer.

Aanwijzingen voor het vinden van literatuurwaardes

Gebruik de site:

<http://astro.u-strasbg.fr/~koppen/discharge/>

om de gemeten spectra te identificeren. Bovenaan de pagina zie je de spectra van vele elementen in kleurbanden weergegeven. Als je op zo'n spectrum klikt zie je het spectrum in meer detail. Onderaan de pagina zie je tabellen van golflengtes en relatieve sterktes van de spectraallijnen. In de linkerkolom staan de golflengtes in Å (= 0,1 nm) aangegeven.



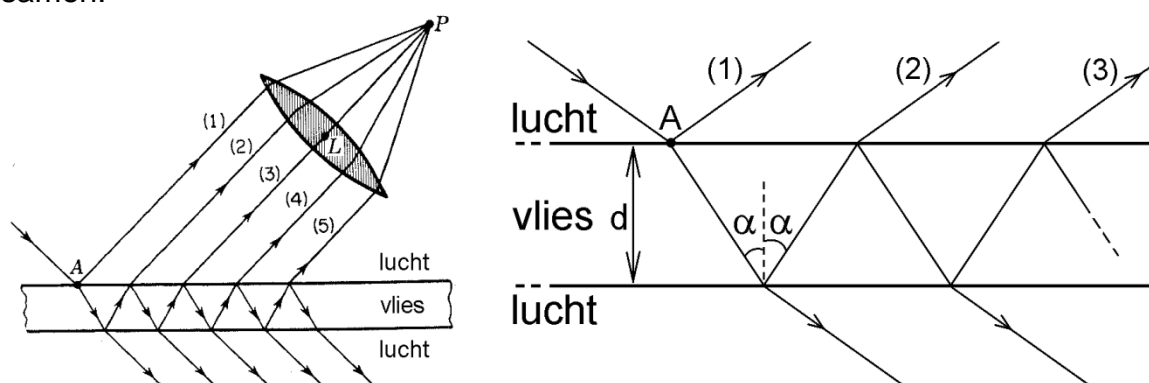
# Lichtreflectie tegen een zeepbelvlies

## Inleiding

Bij het bellenblazen nemen de bellen allerlei kleuren aan. Dit komt doordat de terugkaatsing van licht tegen een zeepvlies afhankelijk is van de golflengte van het licht, de dikte van het vlies en de invalshoek van het licht. In dit practicum staat de lichtreflectie tegen een zeepvlies centraal.

## Theorie

In de onderstaande figuren is een zeepvlies getekend met rechts een uitvergroting van het vlies. Een lichtstraal valt bij punt A op het vlies. Een deel van het licht wordt teruggekaatsst (lichtstraal 1) en een ander deel wordt doorgelaten. Zoals in de figuren is getekend, wordt het doorgelaten licht opnieuw een aantal keren gedeeltelijk teruggekaatsst en gedeeltelijk doorgelaten. Lens L stelt de ooglenzen voor en P het netvlies van het oog. In P komt het al het gereflecteerde licht (lichtstralen 1, 2, 3, ....) samen.



De dikte van het zeepvlies wordt met  $d$  aangeduid. Verder is  $\alpha$  de hoek van inval binnen het vlies en  $\lambda_v$  de golflengte van het licht in het vlies.

De voorwaarde voor maximale terugkaatsing van het licht wordt door de volgende vergelijking gegeven.

$$2d \cdot \cos(\alpha) = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda_v \quad \text{met } m = 0, 1, 2 \text{ enzovoort.}$$

Je zou  $m$  de 'orde' van het reflectiemaximum kunnen noemen.

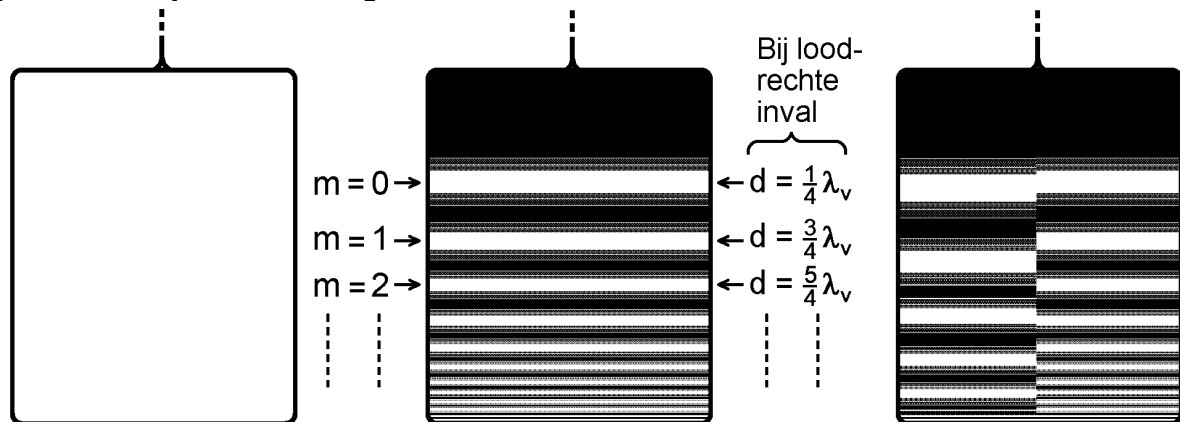
Er vindt géén terugkaatsing plaats bij tussenliggende waarden van  $m$ , dus als  $m$  gelijk is aan 0,5 of 1,5 of 2,5 enzovoort.

De golflengte  $\lambda_v$  in het vlies volgt uit de golflengte  $\lambda$  in vacuüm en de brekingsindex  $n$  van de zeepoplossing volgens de volgende formule.

$$\lambda_v = \frac{\lambda}{n}$$

### Toepassing van de theorie op een verticaal opgespannen zeepbelvlies

In deze proef werken we met een verticaal rechthoekig draadraam. Zie de onderstaande linker figuur. Dit draadraam is gemaakt van staaldraad die in een gevlochten nylon draad is geschoven.



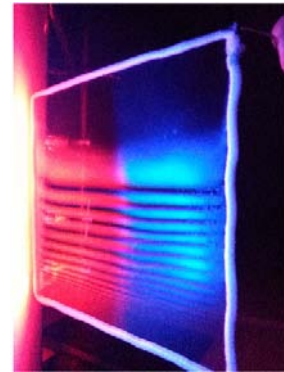
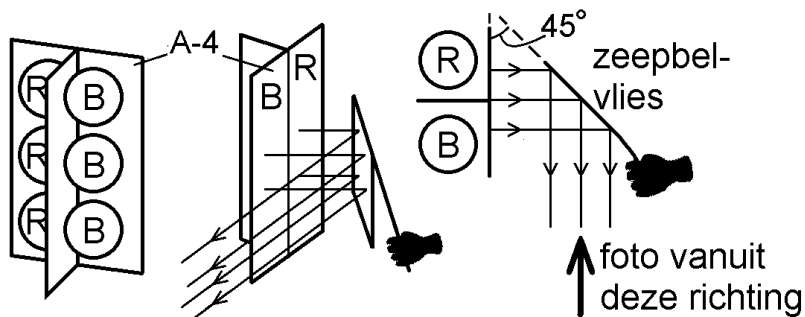
In de middelste figuur is het draadraam in een zeepoplossing ondergedompeld en vervolgens verticaal gehouden. Het zeepvlies wordt beschenen met monochromatisch licht (dus één kleur). Naar beneden toe wordt het vlies steeds dikker ten gevolge van de zwaartekracht. In verband met de bovenstaande interferentievoorwaarden zijn er dan horizontale interferentielijnen in het gereflecteerde licht zichtbaar. Na korte tijd is het vlies zodanig uitgezakt, dat zijn dikte aan de bovenkant aanzienlijk kleiner is dan een kwart golflengte. Daar wordt dan (bijna) geen licht teruggekaatst (dit is als zwart getekend). Het bovenste reflectiemaximum hoort bij  $m = 0$ ; het volgende reflectiemaximum bij  $m = 1$  enzovoort. Bij loodrechte inval (dus  $\alpha = 0^\circ$ ) is de vliesdikte daarbij  $1/4$  of  $3/4$  of  $5/4$  (enzovoort) van de golflengte in het vlies.

In de rechter figuur wordt de linker helft van het zeepbelvlies beschenen met rood licht en de rechter helft met blauw licht. Omdat de golflengte van rood licht groter is dan die van blauw licht, liggen de interferentielijnen bij rood licht verder uit elkaar.

### Opstelling van de proef

De onderstaande figuren tonen de opstelling van de proef. Een wit A-4-vel wordt aan de achterkant beschreven door zes led-lampen. Rechts van het midden zitten drie blauwe led-lampen en links van het midden drie rode led-lampen. Tussen de lampen zit een scherm dat geen licht doorlaat. De voorzijde van het A-4-vel straalt daardoor aan de ene kant blauw licht uit en aan de andere kant rood licht. Aan de voorzijde wordt het draadraam met zeepvlies gehouden en wordt het door dit vlies gereflecteerde licht gefotografeerd. Zoals uit het bovenaanzicht blijkt, is de hoek tussen het vlies en het A4-vel  $45^\circ$ . De 'kijkrichting' bij het maken van de foto loopt evenwijdig aan het A-4-vel. Rechts is een voorbeeld van een foto getoond.

zij aanzicht    zij aanzicht    bovenaanzicht

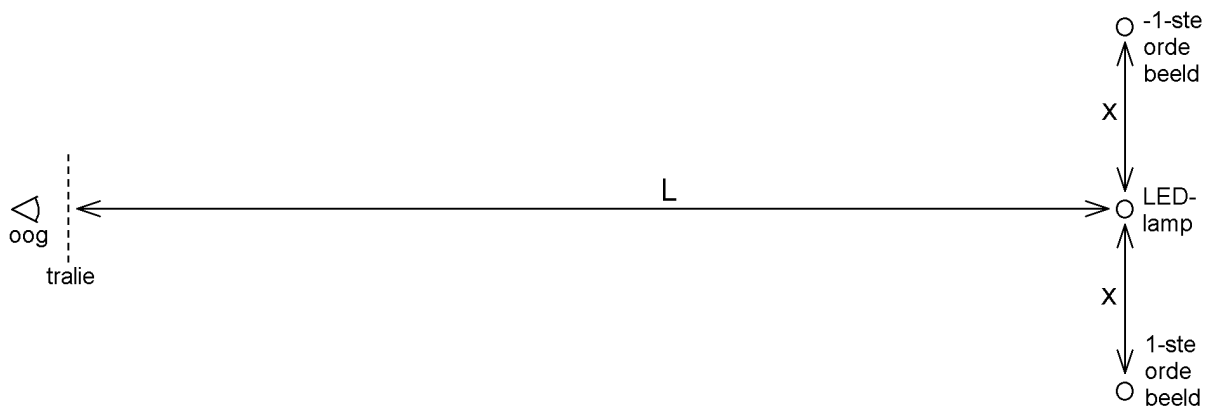


### Opdrachten

- 1)  
Maak een foto van het zeepbelvlies in de hierboven beschreven opstelling. Wacht net zo lang met het nemen van de foto totdat het bovenste deel van het vlies geen licht reflecteert.
- 2)  
Bepaal aan de hand van het interferentiepatroon op de foto de verhouding van de golflengte van het rode licht tot de golflengte van het blauwe licht. Geef je werkwijze duidelijk aan.
- 3)  
Bepaal met behulp van een tralie (met een gegeven tralieconstante) de golflengte van het blauwe en rode licht. Zie de onderstaande aanwijzing.
- 4)  
Controleer of de gevonden golflengteverhouding in 2) klopt met de gevonden golflengtes in 3).
- 5)  
Bereken de zeepvliesdikte op de halve hoogte van het draadraam. Neem hierbij aan dat de brekingsindex van de zeepoplossing 1,3 bedraagt.

Aanwijzing: het bepalen van de golflengtes met een tralie

Zie de onderstaande tekening die het bovenaanzicht weergeeft. Vraag de tralieconstante aan de docent of toa.



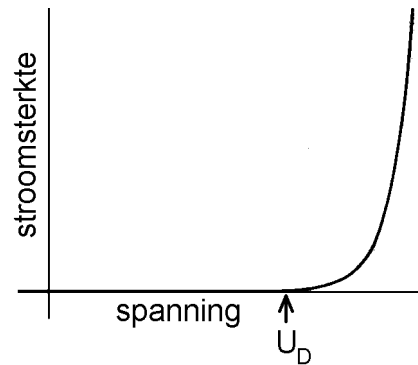
Voorin het klaslokaal kijk je door een tralie naar een led-lamp die zich achterin het lokaal bevindt. De afstand tussen het tralie en de lamp is met  $L$  aangegeven. Kijkende door het tralie worden links en rechts het eerste orde en min eerste orde beeld van de lamp waargenomen op een afstand  $x$  tot de lamp. Uit  $x$ ,  $L$  en de tralieconstante van het tralie volgt de golflengte van het licht.

# Bepaling constante van Planck met leds

Bepaal de constante van Planck met behulp van een aantal leds (led = light emitting diode) waarbij elke led een eigen kleur uitzendt.

## Info over een led

Bij een led ziet het verband tussen de spanning en de stroom er globaal uit als in het diagram hiernaast. Een led gaat pas bij een bepaalde waarde van de spanning, de drempelspanning  $U_D$ , stroom geleiden. De drempelspanning is ook de minimale spanning waarbij de led licht geeft. Voor de energie  $E_F$  van de uitgezonden fotonen geldt:  $E_F = e \cdot U_D$ . Hierbij is  $e$  de lading van een elektron.

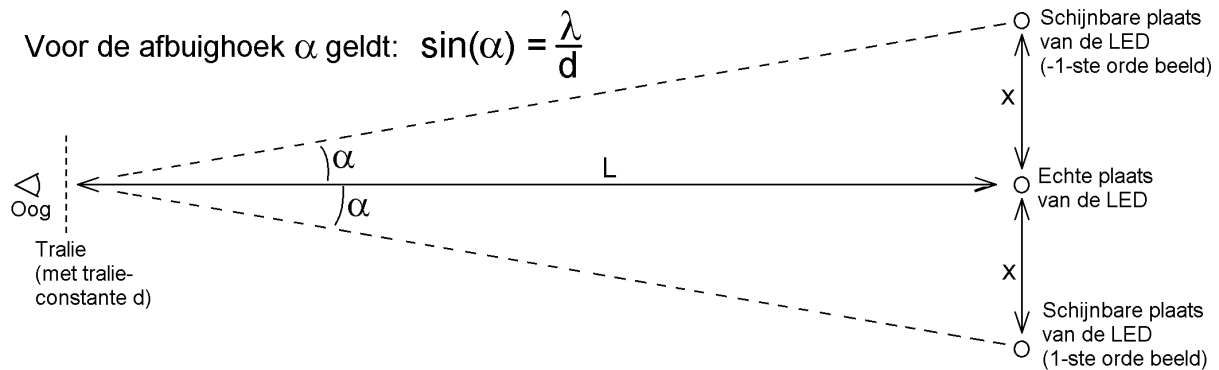


De drempelspanning kan eenvoudig met een regelbare spanningsbron en twee multimeters bepaald worden.

## Bepaling van de golflengte van het uitgezonden licht door de led

De onderstaande schematische figuur toont de wijze waarop de golflengte van het door de led uitgezonden licht kan worden bepaald. Je gebruikt daarbij een tralie. Dat is een plastic folie waar ondoorzichtige lijnen (banen) op zijn aangebracht. De afstand tussen de lijnen wordt de 'tralieconstante'  $d$  genoemd. De tralieconstante ligt in de orde van een micrometer.

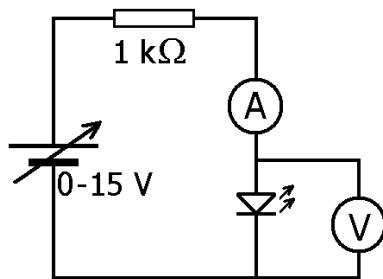
Voor de afbuighoek  $\alpha$  geldt:  $\sin(\alpha) = \frac{\lambda}{d}$



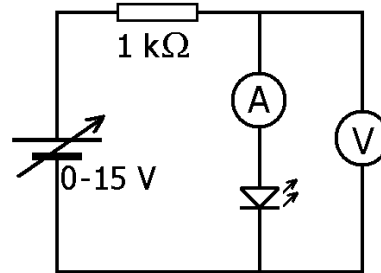
Je kijkt door het tralie naar de lichtgevende led. De afstand  $L$  tussen oog + tralie enerzijds en de led anderzijds moet minstens enkele meters bedragen. Je ziet dan niet alleen de led zelf maar aan beide kanten van de led op afstand  $x$  ook een extra beeld van de led. Uit de afbuighoeken  $\alpha$  en de tralieconstante  $d$  volgt dan de golflengte  $\lambda$ . Zie de formule in de figuur.

### Opdracht 1

Met één van de twee onderstaande schakelingen kan de drempelspanning van elke led nauwkeurig bepaald kan worden. Om goed te kunnen waarnemen of de led licht geeft, kun je over de led een zwart buisje schuiven en vervolgens door het buisje naar de led kijken.



Schakeling 1



Schakeling 2

Leg uit welke van de twee schakelingen superieur is bij het bepalen van de drempelspanning. Bedenk daarbij dat de volt- en ampèremeter niet ideaal zijn. Dat wil zeggen dat de ampèremeter niet opgevat kan worden als een kortsluiting maar een zeer kleine weerstand heeft en dat de voltmeter geen perfecte isolator is maar een zeer grote weerstand (maar niet oneindig groot) heeft.

### Opdracht 2

Bepaal bij meerdere leds van verschillende kleur de drempelspanning en de uitgezonden golflengte. Bepaal uit deze waarden vervolgens de constante van Planck. Gebruik daarbij de vergelijking van de trendlijn in een zelf gemaakt diagram.