

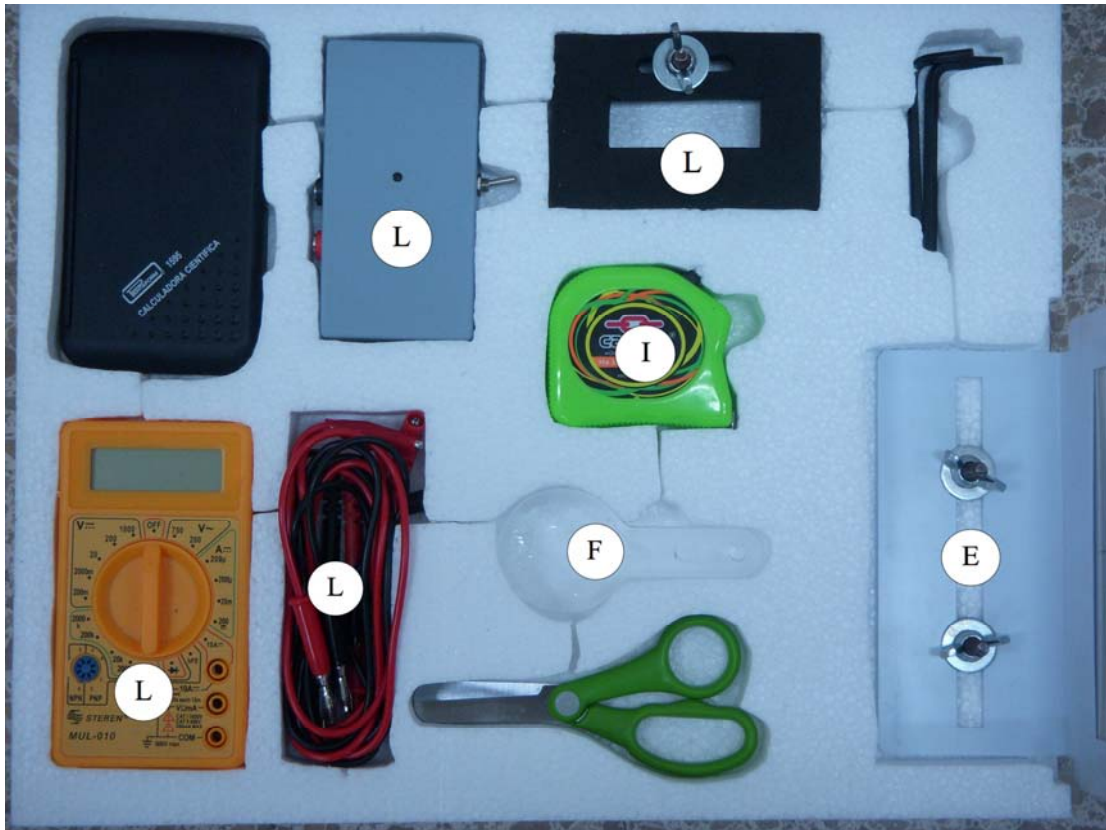
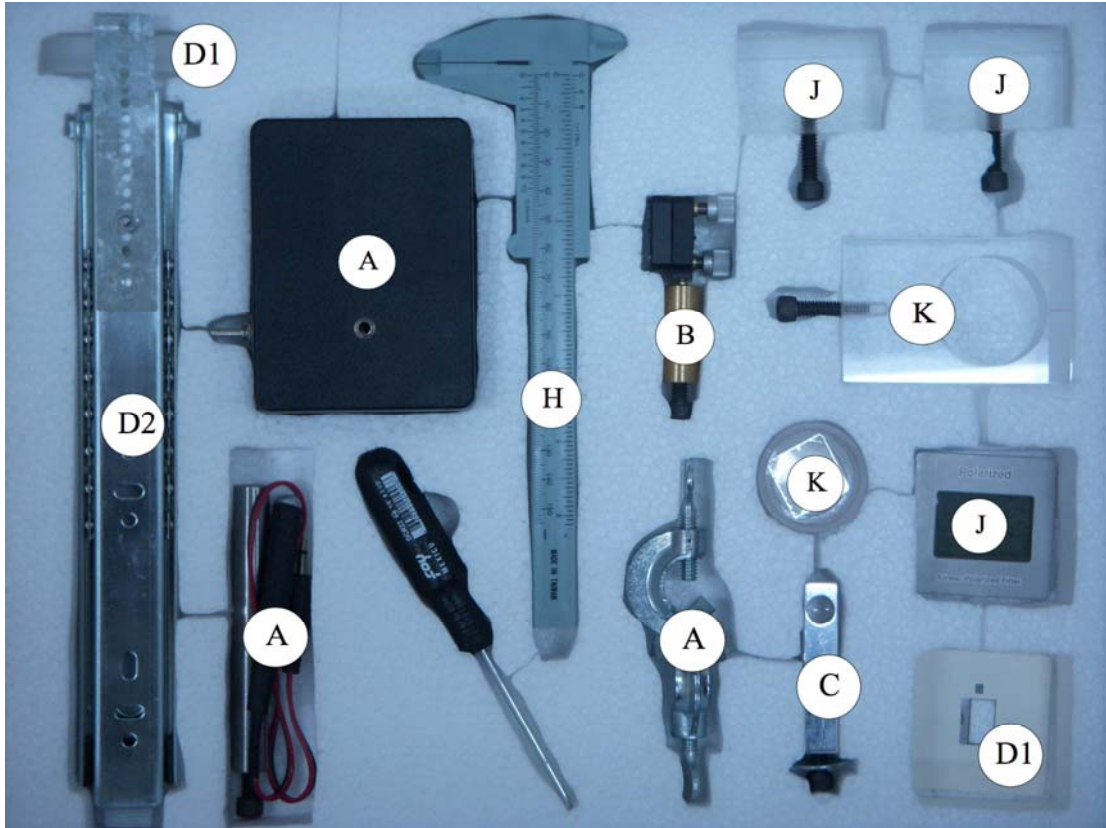
IPhO2009

Experimentele toets
Woensdag 15 juli 2009

Het experimentele deel van deze olympiade bestaat uit twee onderdelen. Het doel van experiment 1 is de golflengte van een diodelaser te meten en het doel van experiment 2 is om de dubbelbreking van licht te bepalen in het materiaal mica.

Lees dit eerst:

1. De totaal beschikbare tijd voor de experimentele toets is vijf uur.
2. Gebruik alleen de beschikbaar gestelde pennen.
3. Gebruik alleen de voorkant van het papier.
4. Elk experiment staat op **opgavenbladen**, gemerkt met een letter **Q** in de linkerbovenhoek.
5. Je moet de antwoorden die je gevonden hebt samenvatten op de **antwoordbladen**, gemerkt met een letter **A** in de linkerbovenhoek.
6. Bovendien is er een **set werkbladen**, gemerkt met een letter **W** in de linkerbovenhoek, waarop je de berekeningen kunt maken.
7. Schrijf bovendien het experimentnummer (1 of 2) bovenaan op de antwoordbladen en de werkbladen.
8. Schrijf op de werkbladen alles waarvan je denkt dat nodig is voor de oplossing van het probleem. Gebruik alsjeblieft zo weinig mogelijk tekst, druk jezelf in eerste instantie uit in vergelijkingen, getallen, figuren en grafieken.
9. Vul voor elk experiment op elk van de bladen (opgavenblad, antwoordblad en werkbladen) die je gebruikt in de vakken bovenin je studentnummer (**Student Number**), het opeenvolgende paginanummer (**Page No.**) en het totaal aantal gebruikte pagina's (**Total No. of Pages**). Als je enkele werkbladen gebruikt voor aantekeningen, die je niet nagekeken wilt hebben, gooi ze niet weg maar merk ze met een groot kruis over het hele werkblad en laat ze niet meetellen in je nummering.
10. Leg aan het eind van de toets alle bladen voor elk van de problemen in deze volgorde:
 - Antwoordbladen (inclusief grafiekenpapier voor je diagrammen),
 - Gebruikte werkbladen in volgorde
 - De werkbladen die je niet beoordeeld wilt hebben (gemerkt met een groot kruis)
 - Niet gebruikte werkbladen
 - Geprinte opgavenbladenLeg de papieren van elk experiment in de omslag en laat alles op je bureau achter. Het is niet toegestaan enig papier de zaal mee uit te nemen noch enig hulpmiddel uit de experimentendoos.
11. De hulpmiddelen en materialen voor de experimenten zitten in **twee** aparte lagen in de doos. De foto's van de sets staan op de volgende bladzijden. Sommige hulpmiddelen zijn gelabeld. Controleer voor elk experiment of alle materialen in de doos zitten. **Als je tijdens het experiment merkt dat een van de onderdelen niet juist werkt, vraag dan om een vervanging.**



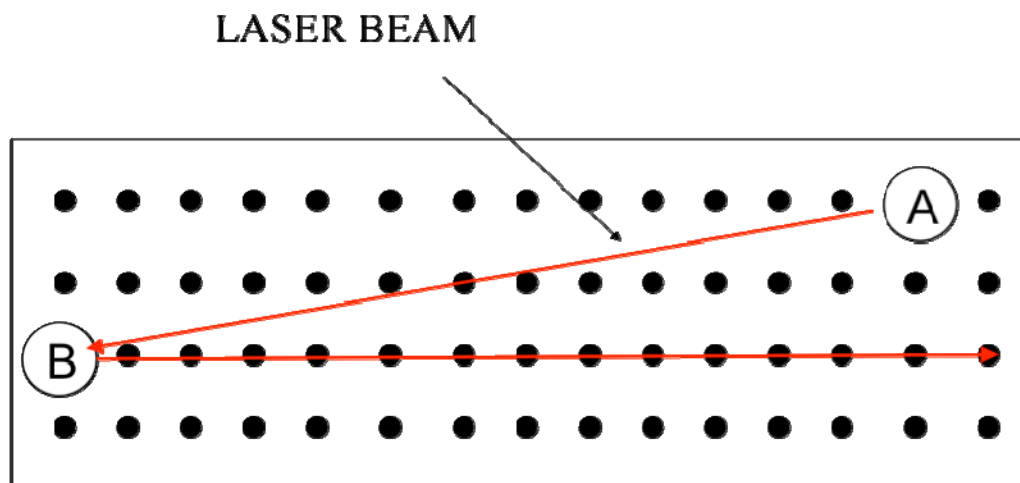
DIODELASER EN DE BEWEEGBARE (DRAAIBARE) SPIEGEL

In beide experimentele opstelling heb je een diodelaser nodig met zijn houder en voeding, en een spiegel op een mechanisch beweegbare voet.

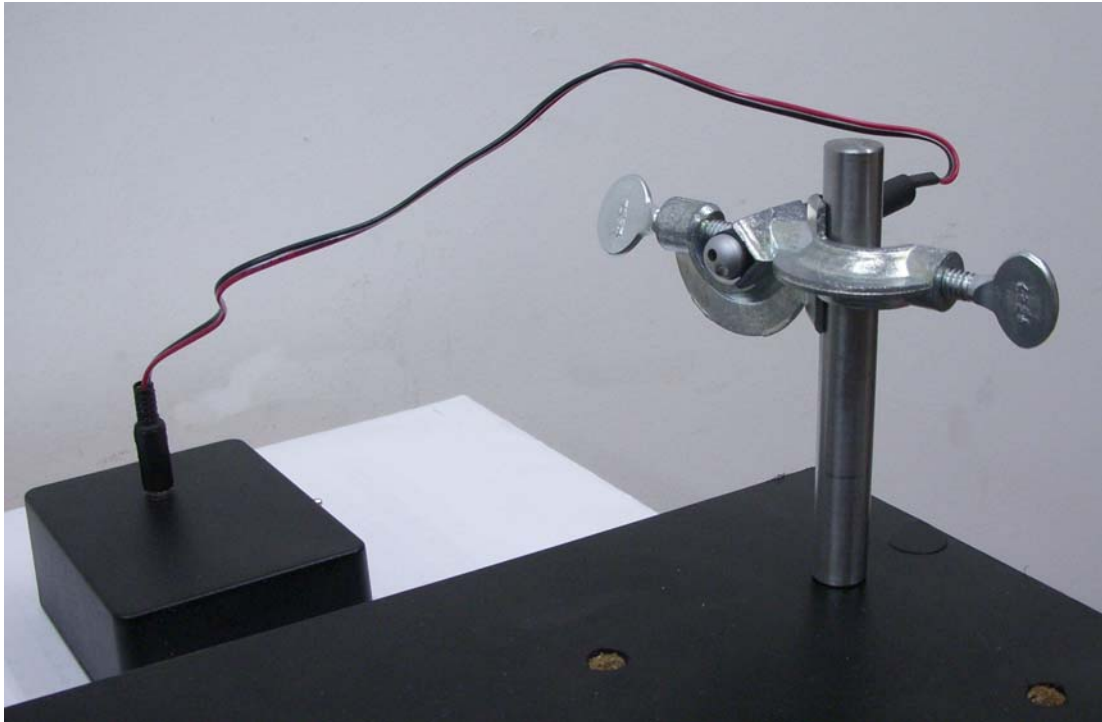
Voor je beslist met welk experiment je begint, stellen we voor dat je de laser en de spiegel opstelt zoals aangegeven in Figuur 0. Gebruik de volgende onderdelen:

- 1) houten optische tafel.
- 2) Diode laser apparatuur. Dit omvat de diodelaser, ondersteuningsvoet, de dubbele klem en een voeding (alle gelabeld A). Zie de foto voor de montageinstructies.
KIJK NIET DIRECT IN DE LASERBUNDEL.
- 3) Een beweegbare spiegel met twee afstelknoppen op een verplaatsbare ondersteuningsvoet. (alle gelabeld B). Zie de foto voor de montageinstructies.
LET OP: Bevestig de ondersteuningsvoet aan de optische tafel zonder de spiegel aan te raken. Haal de papieren afdekking weg nadat je de spiegel hebt gemonteerd.

Monteer de bovenstaande onderdelen zoals in Figuur 0. is aangegeven. Het uitlijnen van de laserbundel wordt later gedaan. NB: hoewel we je voor de volledigheid hebben voorzien van inbussleutels, is handvast voldoende.



Figuur 0. Monteren van laser en spiegel



Diodelaser, ondersteuningsvoet, dubbele klem en voeding (LABEL A).



Beweegbare spiegel met twee afstelknoppen, gemonteerd op een verplaatsbare ondersteuningsvoet.

(LABEL B).

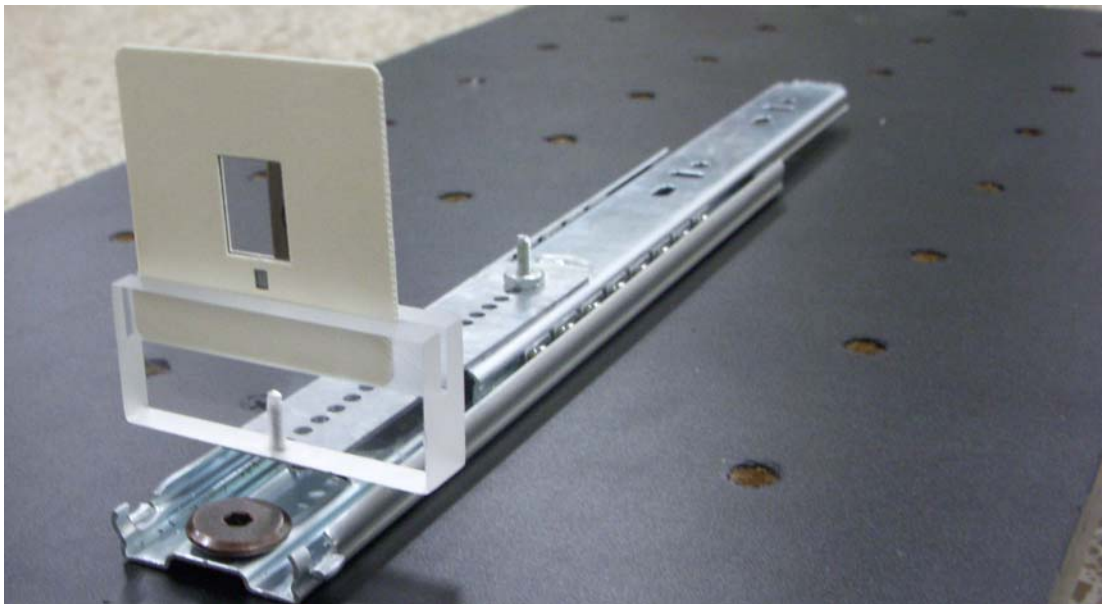
EXPERIMENT 1

BEPALING VAN DE GOLFLENGTE VAN EEN DIODELASER

Beschikbaar Materiaal

Naast de items 1), 2) en 3), moet je gebruik maken van:

- 4) een lens vastgezet op een vierkante staander (label C),
- 5) een scheermesje in een glijhouder die geplaatst moet worden op een acryl steun, (label D1) en vastgezet op de glijrail (label D2). Maak gebruik van de schroevendraaier om indien nodig de steun aan te schroeven. Bekijk de foto voor instructies voor het opzetten van D1 en D2,
- 6) een opvangscherm met nonius schaalverdeling ($1/20$ mm) (label E),
- 7) een vergrootglas (label F),
- 8) een lineaal van 30 cm (label G),
- 9) schuifmaat/nonius (label H),
- 10) een meetlint (label I),
- 11) een rekenmachine,
- 12) witte kaartjes, markeringstape, plakkerijtjes, schaar, driehoek.
- 13) potlood, papier en grafiekenpapier.

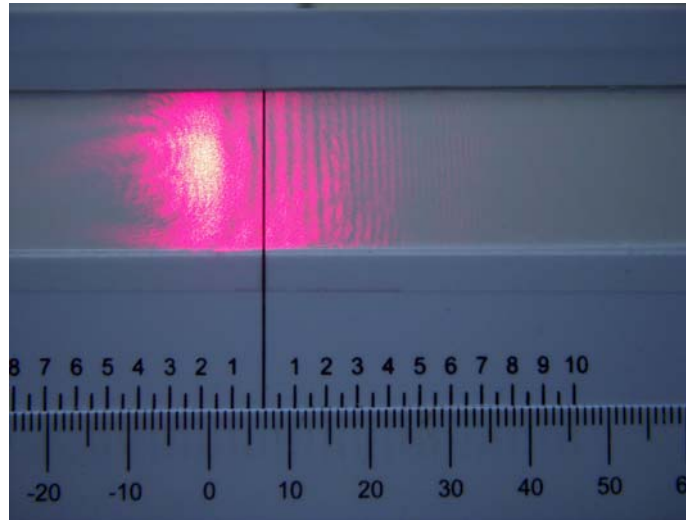


Scheermesje in glijhouder die op de acryl steun (D1) geplaatst moet worden, dit geheel moet op de glijrail (D2) gemonteerd worden.

BESCHRIJVING VAN HET EXPERIMENT

Je wordt gevraagd de golflengte van een diodelaser te bepalen. De bijzondere eigenschap van dit experiment is dat er geen exacte micrometerschaal wordt gebruikt (zoals

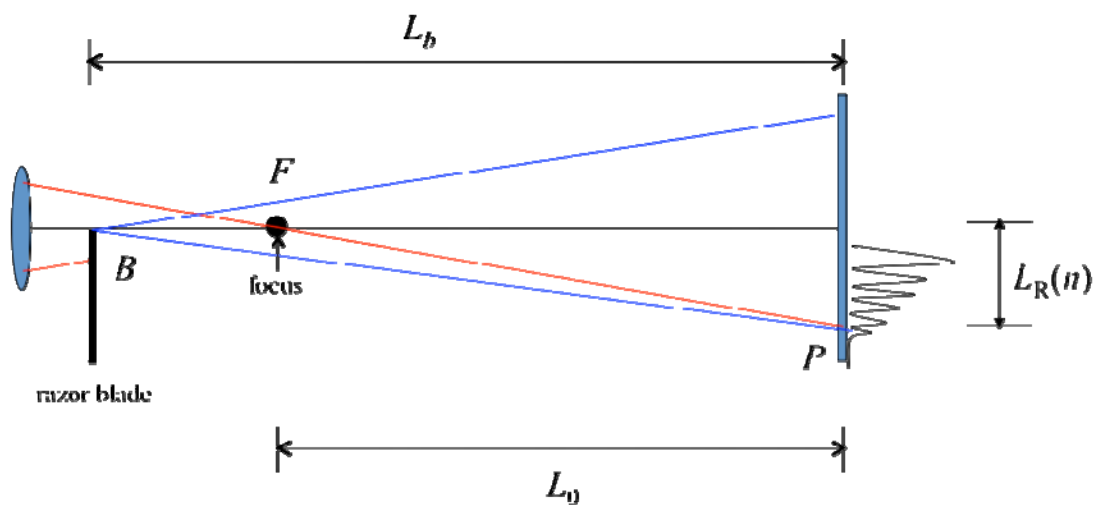
diffractieroosters). De kleinste lengtes die gemeten kunnen worden liggen in de orde van grootte van millimeters. De golflengte wordt bepaald door gebruik te maken van lichtbuiging op de scherpe kant een scheermesje.



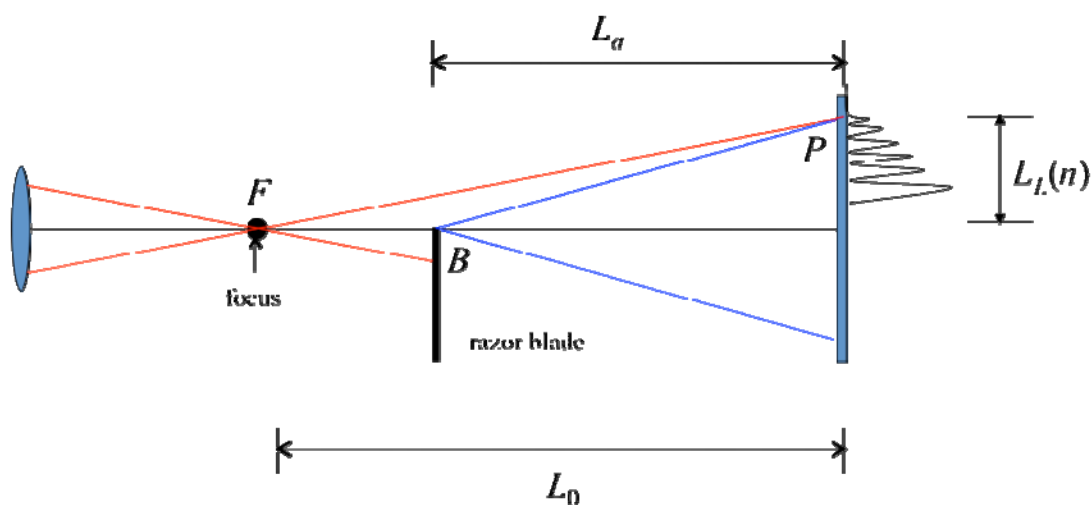
Figuur 1.1 Typisch interferentielijnenpatroon

Wanneer de laserbundel (A) gereflecteerd is in de spiegel (B), moet deze bundel door lens (C) gaan, die een brandpuntsafstand heeft van enkele centimeters. Je mag nu aannemen dat de lens het licht bundelt in één punt, een puntbron, die op haar beurt weer bolvormige golven uitzendt. Na de lens, en langs het lichtpad treft de laserbundel de scherpe rand van een scheermesje. Deze rand kan beschouwd worden als een lichtbron die cilindrische golven uitzendt. De cilindergolven en bolgolven interfereren met elkaar in de voortplantingsrichting, waardoor ze een interferentiepatroon vormen dat op het scherm opgevangen kan worden. Zie figuur 1.1 waar een foto van het typisch patroon te zien is.

Er zijn twee belangrijke situaties te beschouwen, zie figuur 1.2 en 1.3.



Figuur 1.2. Situatie (I). Het scheermesje is geplaatst tussen de lens en haar focus of het brandpunt. De figuur is niet op schaal. B is in deze tekening de scherpe rand van het scheermesje en F de brandpuntsafstand de lens.



Figuur 1.3. Situatie (II). Het scheermesje is geplaatst voorbij de brandpuntsafstand van de lens. De figuur is niet op schaal.

DE MEETOPSTELLING

Opdracht 1.1 Meetopstelling (1.0 punten).

Maak een meetopstelling om het hierboven omschreven interferentiepatroon op het scherm te kunnen opvangen. De afstand L_0 van focus tot scherm moet veel groter zijn dan de brandpuntsafstand van de lens.

- Maak een schets van je meetopstelling in de tekening van de optische tafel die verstrekt is. Doe dit door de labels van de betreffende componenten aan te brengen op de tekening van de optische tafel. Je mag eenvoudige ondersteunende tekeningen maken om je opstelling te verklaren;
- Je mag de laserbundel uitlijnen door gebruik te maken van de witte kaartjes;
- Maak een schets van het pad van de laserbundel op het antwoordblad (tekening van de optische tafel) en schrijf de hoogte h op van de bundel zoals je dat gemeten hebt vanaf de optische tafel.

Waarschuwing: Negeer het grote cirkelvormig patroon dat kan optreden. Dit is een effect dat van de diodelaser zelf afkomstig is.

Neem enige tijd om vertrouwd te raken met de opstelling. Je moet in staat zijn om op het scherm een verticaal lijnenpatroon te zien, die in de orde ligt van 10 of meer lijnen.

De bepaling doe je door uit te gaan van de positie van de **donkere** lijnen. Je kunt ook gebruik maken van het vergrootglas om de positie van de lijnen beter te zien. **De manier om het lijnenpatroon het best te bekijken, is door dat te doen aan de achterkant van het verlichte scherm (E).** Met andere woorden, de schaalverdeling moet bij het aflezen naar jou toegekeerd zijn. Indien de optische uitlijning van de componenten correct is, moet je in staat zijn beide patronen (situatie I en situatie II) te zien door alleen het scheermesje (D1) over rail (D2) te verschuiven.

THEORETISCHE OVERWEGINGEN

Bekijk Figuur 1.2 en 1.3 . Er zijn vijf belangrijke afstanden:

L_o : afstand van focus tot scherm;

L_b : afstand van de rand van scheermesje tot het scherm, Situatie I;

L_a : afstand van de rand van het scheermesje tot het scherm, Situatie II;

$L_R(n)$: positie van de n -de **donkere** lijn voor Situatie I;

$L_L(n)$: positie van de n -de **donkere** lijn voor Situatie II.

De eerste donkere lijn, dit geldt zowel voor Situatie I en II, is de breedste en komt overeen met $n = 0$.

Je experimentele opstelling moet zodanig zijn dat geldt $L_R(n) \ll L_o$, $L_R(n) \ll L_b$ voor Situatie I, en $L_L(n) \ll L_o$, $L_L(n) \ll L_a$ voor Situatie II.

Het verschijnsel golfinterferentie is het gevolg van het verschil in optische weglengte gemeten van het zelfde beginpunt. Afhankelijk van het faseverschil, kunnen de golven elkaar uitdoven (destructieve interferentie) zodat de donkere lijnen ontstaan; of de golven kunnen elkaar versterken (constructieve interferentie) zodat de lichte/heldere lijnen ontstaan.

Een gedetailleerde analyse van interferentie van deze twee golven geeft als resultaat de volgende voorwaarde voor het verkrijgen van **donkere** lijnen, voor Situatie I:

$$\Delta_I(n) = \left(n + \frac{5}{8}\right)\lambda \text{ met } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.1)$$

en voor Situatie II:

$$\Delta_{II}(n) = \left(n + \frac{7}{8}\right)\lambda \text{ met } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

Hierin is λ de golflengte van de laserbundel, en Δ_I en Δ_{II} zijn de optische weglengte verschillen voor elk geval.

Het verschil in optische weglengte voor Situatie I is,

$$\Delta_I(n) = (BF + FP) - BP \text{ voor } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.3)$$

Terwijl voor Situatie II geldt:

$$\Delta_{II}(n) = (FB + BP) - FP \text{ voor } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.4)$$

Opdracht 1.2 Uitdrukkingen voor de optische weglengteverschillen (0.5 punten). Neem aan dat $L_R(n) \ll L_0, L_b$ voor Situatie I en $L_L(n) \ll L_0, L_a$ voor Situatie II in de vergelijking (1.3) en (1.4) (zorg er voor dat je opstelling aan deze voorwaarden voldoet), zoek benaderingen voor de uitdrukkingen $\Delta_I(n)$ en $\Delta_{II}(n)$ en doe dat in termen van $L_0, L_b, L_a, L_R(n)$ en $L_L(n)$.

Bruikbaar hierbij is de vergelijking $(1+x)^r \approx 1+rx$ als $x \ll 1$

Het experimentele probleem bij de bovengenoemde vergelijkingen is dat $L_0, L_R(n)$ en $L_L(n)$ niet nauwkeurig gemeten kunnen worden. De eerste omdat het niet makkelijk is om de plaats van het brandpunt van de lens te vinden, en de twee laatste omdat de oorsprong waarvanuit ze gedefinieerd zijn heel erg moeilijk is te bepalen door verkeerde uitlijning van de optische componenten.

Om de moeilijkheden die er zijn bij $L_R(n)$ en $L_L(n)$, op te lossen kies het nulpunt (0) van de schaal van het scherm (label E) als het beginpunt voor alle metingen van de lijnen. Laat l_{0R} en l_{0L} de onbekende posities zijn van waaruit $L_R(n)$ en $L_L(n)$ zijn gedefinieerd. Laat $l_R(n)$ and $l_L(n)$ de positie van de lijnen zijn, gemeten vanaf het nulpunt (0) die je kiest. We krijgen dan het volgende,

$$L_R(n) = l_R(n) - l_{0R} \quad \text{en} \quad L_L(n) = l_L(n) - l_{0L} \quad (1.5)$$

UITVOERING VAN HET EXPERIMENT, DATA ANALYSE.

Opdracht 1.3 Meting van de positie van de donkere lijnen en de plaats van de rand van het scheermesje (3.25 punten)

- Bepaal voor zowel Situatie I als Situatie II, de positie van de donkere lijnen $l_R(n)$ en $l_L(n)$ als functie van het aantal lijnen n . Noteer je metingen in tabel I; Je moet minstens 8 waarnemingen voor elk van de gevallen vastleggen;
- Noteer eveneens de plaats van de rand van het scheermesje L_b en L_a , en geef met het label het instrument aan dat je gebruikt hebt;
- **Een Belangrijke Suggestie/Voorstel:** Om redenen van vereenvoudiging van de analyse en een hogere nauwkeurigheid, meet de afstand $d = L_b - L_a$ *direct*, wat een hogere nauwkeurigheid geeft dan bij de afzonderlijke bepaling van L_b en L_a . Dit betekent dat je de afstand d niet moet berekenen uit de meting van L_b en L_a . Geef met het label aan welk instrument je gebruikt hebt.

Zorg ervoor dat je de onnauwkeurigheid in je metingen vermeldt.

Opdracht 1.4 (3.25 punten) Data analyse

Met de voorgaande informatie moet je in staat zijn de waarden van l_{0R} en l_{0L} , en uiteraard ook de golflengte λ te bepalen.

- Ontwerp een procedure om deze waarden te bepalen. Geef de uitdrukkingen en/of de vergelijkingen/formules die hiervoor nodig zijn;
- Vermeld ook de fouten analyse. Je mag gebruik maken van tabel 1 of van een andere tabel om je bevindingen te rapporteren; Zorg ervoor dat je duidelijk de inhoud van de kolommen van je tabellen van een opschrift voorziet;
- Zet de geanalyseerde variabelen uit in een grafiek. Gebruik hiervoor het mee geleverde grafiekenpapier;
- Geef de waarden voor l_{0R} en l_{0L} , met hun onnauwkeurigheid.

Opdracht 1.5 Berekening van λ (2.0 punten).

Geef de berekende waarde van λ . Vermeld daarbij ook de onnauwkeurigheid en de analyse die je hebt gebruikt om deze te verkrijgen. **Suggestie:** Vervang overal in je formule voor λ , $(L_b - L_a)$ door d en gebruik de gemeten waarde van d .

EXPERIMENT 2 DE DUBBELBREKING VAN MICA

In dit experiment ga je de dubbelbreking meten van mica (een kristal dat veel gebruikt wordt in polariserende optische componenten).

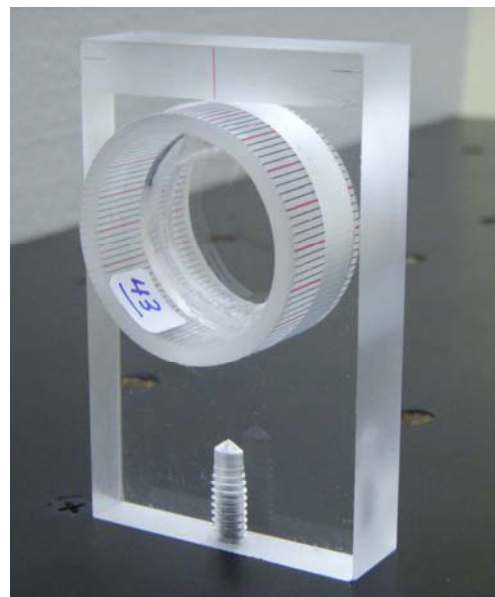
Materialen

Naast de items 1), 2) en 3) moet je gebruiken:

- 14) Twee polarisatiefilters gemonteerd in diaraampjes, elk met een eigen kunststof houder (LABEL J.). zie de foto voor de montageinstructies.
- 15) Een dunne mica plaat, gemonteerd in een kunststof cilinder met een schaalverdeling zonder getallen; kunststof houder voor de cilinder (LABEL K). Zie de foto voor de montageinstructies.
- 16) Fotodetector-apparatuur. Een fotodetector in een plastic doos, aansluitingen en voet van foam. Een multimeter om de spanning van de fotodetector te meten (LABEL L). Zie de foto voor de montage- en aansluitinstructies.
- 17) Een rekenapparaat.
- 18) Witte kaartjes, markeertape, stickers, schaar, rechthoekige driehoeken.
- 19) Pennen, papier, grafiekenpapier.



Polarisator in diaraam met kunststofhouder (LABEL J)



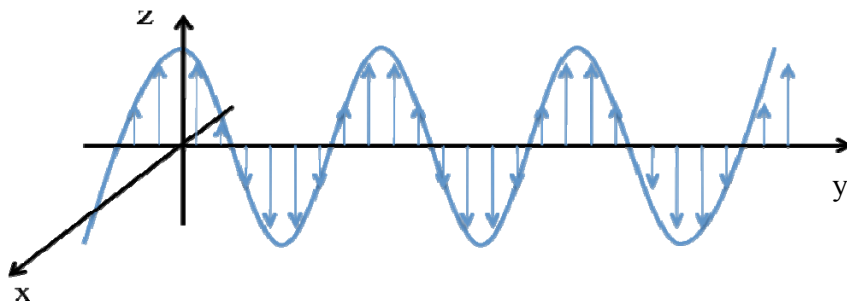
Dunne mica plaat gemonteerd in cilinder met een schaalverdeling zonder getallen met kunststofhouder (LABEL K)



Fotodetector in plastic doos, aansluitingen en voet van foam. Een multimeter om de spanning van de fotodetector te meten (LABEL L). Sluit het aan zoals aangegeven.

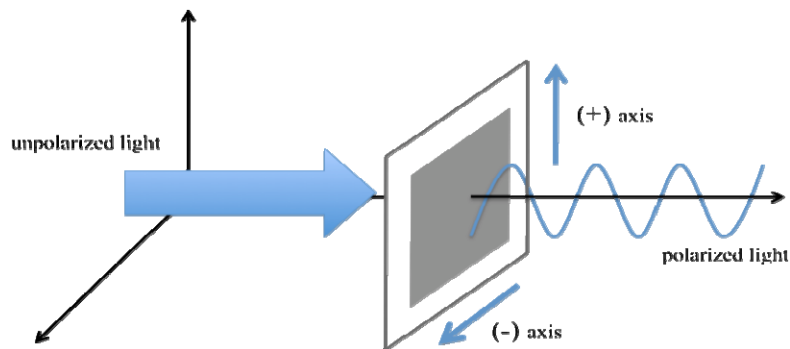
BESCHRIJVING VAN HET VERSCHIJNSEL

Licht is een transversale elektromagnetische golf met zijn elektrisch veld in een vlak loodrecht op de voortplantingsrichting en oscillerend in de tijd als de lichtgolven zich voortplanten. Als het elektrisch veld in één richting blijft oscilleren, heet de golf lineair gepolariseerd, of eenvoudigweg, gepolariseerd. Zie Figuur 2.1.



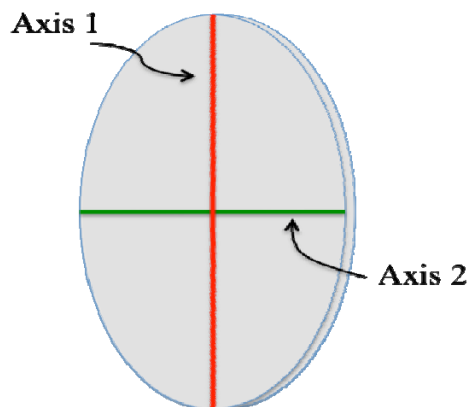
Figuur 2.1 Een golf die zich in y-richting voortplant en gepolariseerd is in de z-richting.

Een polarisatiefilter (of eenvoudigweg, een polarisator) is een materiaal met een voorkeursas evenwijdig aan zijn oppervlak, zo, dat doorgelaten licht uittreedt, gepolariseerd langs de as van de polarisator. Noem de voorkeursas (+) en de as loodrecht hierop (-).



Figuur 2.2 Ongepolariseerd licht valt loodrecht in op een polarisator doorgelaten licht is gepolariseerd in de (+) richting van de polarisator.

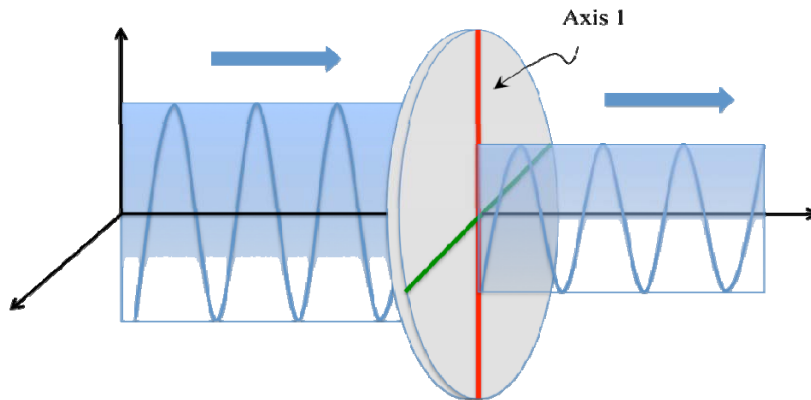
Gewone doorzichtige materialen (zoals vensterglas) laten licht door met dezelfde polarisatie als de ingaande golf omdat hun brekingsindex niet afhangt van de richting en/of polarisatie van de ingaande golf. Veel kristallen, inclusief mica, zijn gevoelig voor de richting van het elektrisch veld van de golf. Voor de voortplanting loodrecht op zijn oppervlak heeft het micaplaatje twee karakteristieke loodrecht op elkaar staande assen die wij Axis 1 en Axis 2 noemen. Dit geeft aanleiding tot het verschijnsel van dubbelbreking.



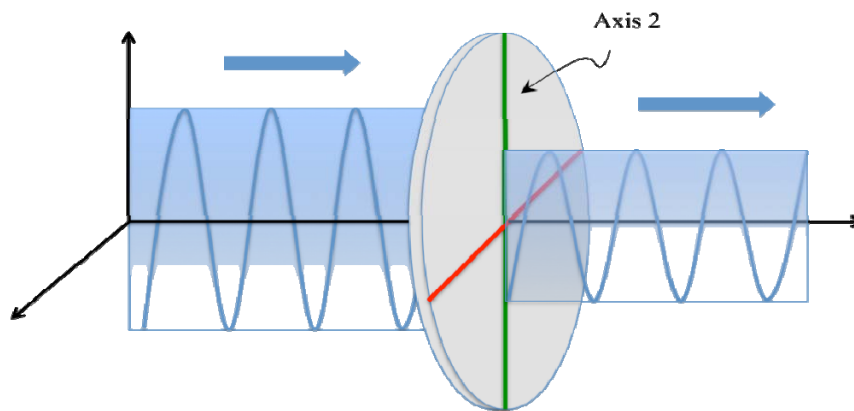
Figuur 2.3 Dun plaatje mica met twee assen Axis 1 (rood) en Axis 2 (groen).

Laten we twee eenvoudige situaties bekijken om dubbelbreking te illustreren. Neem aan dat een in de **verticale richting gepolariseerde** golf loodrecht invalt op het oppervlak van een dun plaatje mica.

Situatie 1) Axis 1 of Axis 2 is evenwijdig aan de polarisatierichting van de invallende golf. De doorgelaten golf passeert zonder verandering van zijn polarisatietoestand, maar de voortplantingssnelheid wordt bepaald of het materiaal een brekingsindex n_1 of n_2 heeft. Zie Figuren 2.4 en 2.5.

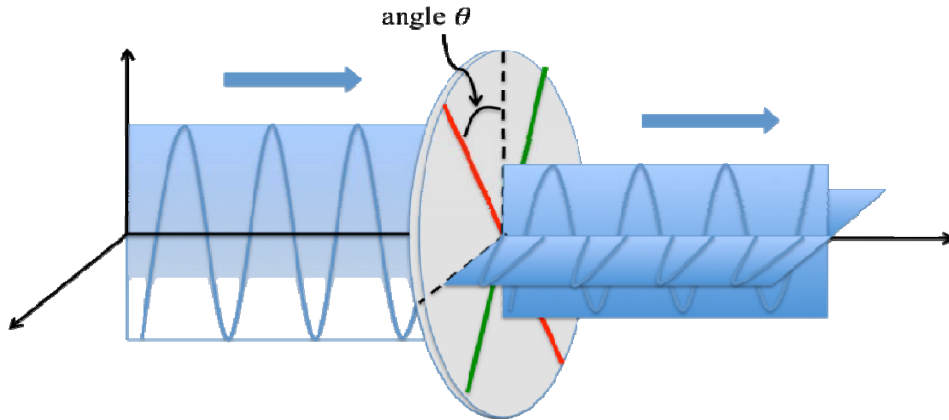


Figuur 2.4 Axis 1 is evenwijdig aan de polarisatierichting van de invallende golf. De brekingsindex is n_1 .



Figuur 2.5 Axis 2 is evenwijdig aan de polarisatierichting van de invallende golf. De brekingsindex is n_2 .

Situatie 2) Axis 1 maakt een hoek θ met de polarisatierichting van de invallende golf. Het doorgelaten licht heeft een ingewikkeldere polarisatietoestand. Deze golf kan echter gezien worden als een superpositie van twee golven met verschillende fasen, één meet de polarisatie **evenwijdig aan** de invallende golf (dit is “verticaal”) en één met de polarisatierichting **loodrecht op** de polarisatierichting van de invallende golf (dit is “horizontaal”).



Figuur 2.6 Axis 1 maakt een hoek θ met de polarisatierichting van de invallende golf.

Noem I_p de *intensiteit* van de golf die evenwijdig aan de polarisatierichting van de invallende golf wordt doorgelaten, en I_o de *intensiteit* van de golf daar loodrecht op. Deze intensiteiten hangen af van hoek θ , van de golflengte λ van de lichtbron, van de dikte L van het dunne plaatje en van de absolute waarde van het verschil in brekingsindex, $|n_1 - n_2|$. Deze laatste grootheid wordt de *dubbelbreking* van het materiaal genoemd. De meting van deze grootheid is het doel van dit experiment. Samen met de polarisatoren, zijn dubbelbrekende materialen te gebruiken voor de bepaling van de polarisatietoestanden van licht.

We stellen hier nadrukkelijk vast, dat de fotodetector de intensiteit van het invallende licht meet, onafhankelijk van haar polarisatierichting.

De hoekafhankelijkheid van $I_p(\theta)$ en $I_o(\theta)$ van hoek θ is ingewikkeld door andere effecten die niet meegenomen zijn, zoals absorptie van de invallende straling door het mica. We kunnen echter benaderende maar erg eenvoudige uitdrukkingen verkrijgen voor de genormaliseerde intensiteiten $\bar{I}_p(\theta)$ en $\bar{I}_o(\theta)$, gedefinieerd als

$$\bar{I}_p(\theta) = \frac{I_p(\theta)}{I_p(\theta) + I_o(\theta)} \quad (2.1)$$

en

$$\bar{I}_o(\theta) = \frac{I_o(\theta)}{I_p(\theta) + I_o(\theta)} \quad (2.2)$$

Het kan worden aangetoond dat de genormaliseerde intensiteiten (ongeveer) gegeven worden door:

$$\bar{I}_p(\theta) = 1 - \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi) \sin^2(2\theta) \quad (2.3)$$

en

$$\bar{I}_o(\theta) = \frac{1}{2}(1 - \cos \Delta\phi) \sin^2(2\theta) \quad (2.4)$$

waarin $\Delta\phi$ het faseverschil is tussen de evenwijdig en loodrecht doorgelaten golven. Deze grootte wordt gegeven door,

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} |n_1 - n_2| \quad (2.5)$$

waarin L de dikte van het dunne mica-plaatje is, λ de golflengte van de invallende straling en $|n_1 - n_2|$ de dubbelbreking.

EXPERIMENTELE OPSTELLING

Opdracht 2.1 Experimentele opstelling om de intensiteiten te meten

Ontwerp een experimentele opstelling om de intensiteiten I_p en I_o van de doorgelaten golf te meten als functie van de hoek θ en van gelijk welke van de optische assen. Zie figuur 2.6.

Noteer de LABELS van de verschillende onderdelen op je figuur van de optische tafel.

Gebruik de afspraak (+) en (-) voor de richting van de polarisatoren. Je kunt extra eenvoudige figuren maken om je originele figuur te verklaren.

Taak 2.1 a) Opstelling voor I_p (0.5 punten)

Taak 2.1 b) Opstelling voor I_o (0.5 punten)

Uitlijnen van de laserbundel

Lijn de laserbundel zo uit dat deze evenwijdig is met de tafel en invalt op het centrum van de cilindrische houder van het mica plaatje. Je mag hiervoor de witte kaarten gebruiken om het pad te volgen. Kleine aanpassingen kun je maken met behulp van de beweegbare spiegel.

Fotodetector en multimeter

De fotodetector geeft een spanning aan als er licht opvalt. Je meet deze spanning met de multimeter. De spanning verandert lineair met de lichtintensiteit. De waarden van de lichtintensiteit moet je dus weergegeven als spanningen gemeten met de fotodetector. Als er geen laserbundel is, kun je de intensiteit van de achtergrondstraling meten. Deze moet lager zijn dan 1 mV. *Corrigeer niet* voor de achtergrondstraling als je intensiteitsmetingen verricht.

LET OP : De laserbundel is gedeeltelijk gepolariseerd maar je weet niet in welke richting. Om gepolariseerd licht te krijgen met een voldoende hoge intensiteit, zet je een polarisator met ofwel de (+) ofwel de (-) richting verticaal in de houder, zo, dat de intensiteit van het doorgelaten licht maximaal is als er geen andere optische onderdelen aanwezig zijn.

METING VAN INTENSITEITEN

Opdracht 2.2 Schaal voor de hoekmeting

De cilindrische micahouder heeft een regelmatige hoekverdeling waarmee je de hoeken kunt meten. Geef de waarde in graden van het kleinste hoekinterval (dat is de waarde van de verdeling tussen twee opeenvolgende zwarte streepjes). (0.25 punten)

Bepalen (bij benadering) van de nulwaarde voor θ en/of de richting van de assen van mica.

Om de analyse te vereenvoudigen is het heel belangrijk dat je (bij benadering) het nulpunt vindt voor de hoeken. We suggereren dat je eerst de richting identificeert van een van de assen van mica. Noem die richting **Axis 1**. Het is bijna zeker dat deze richting niet zal samenvallen met een verdelingslijn op de cilinder die de hoek aangeeft. Neem daarom op de cilinder de verdelingslijn die het dichtsbij ligt als het tijdelijke nulpunt voor de hoeken. Noem de hoeken gemeten vanuit dit nulpunt $\bar{\theta}$. Later zal je gevraagd worden een nauwkeurigere bepaling te maken voor het nulpunt van θ .

Opdracht 2.3 Bepaling van I_p en I_o

Meet de intensiteiten I_p en I_o voor zoveel hoeken $\bar{\theta}$ als je nodig denkt te hebben. Noteer je resultaten in Tabel I. Maak steeds deze metingen van I_p en I_o voor dezelfde positie van de cilinder met het mica alvorens de hoek $\bar{\theta}$ te veranderen. (3 punten)

Opdracht 2.4 Bepaling van een geschikte nulwaarde voor θ

De richting van Axis 1 bepaalt het nulpunt van de hoek θ . Zoals hierboven vermeld werd, is het bijna zeker dat de richting van Axis 1 niet samenvalt met een verdelingslijn op de cilinder. Om het nulpunt van de hoeken te vinden kun je deze naar keuze grafisch of numeriek bepalen. In de buurt van een maximum of een minimum kan het verband $I(\bar{\theta})$ benaderd worden door de volgende parabool:

$$I(\bar{\theta}) \approx a\bar{\theta}^2 + b\bar{\theta} + c$$

en het maximum en minimum van de parabool door:

$$\bar{\theta}_m = -\frac{b}{2a}.$$

Elk van de hierboven beschreven methoden geeft aanleiding tot een verschuiving $\delta\bar{\theta}$ van al je waarden voor $\bar{\theta}$ in Tabel I van Taak 2.3, zodat je die waarden nu kunt noteren met de hoek θ gebruikmakend van het geschikte nulpunt $\theta = \bar{\theta} + \delta\bar{\theta}$. Noteer de verschuiving $\delta\bar{\theta}$ in graden. (1.0 punten)

DATA ANALYSE

Opdracht 2.5 Keuze van de juiste variabelen

Kies $\bar{I}_p(\theta)$ of $\bar{I}_o(\theta)$ om een analyse te maken waarmee je het faseverschil $\Delta\phi$ kunt bepalen. Geef de variabelen aan die je gebruikt. (0.5 punten)

Opdracht 2.6 Data analyse en het faseverschil

- Gebruik Tabel II om de waarden te noteren van de variabelen die je in de analyse gebruikt. Let er op dat je de correcte waarden gebruikt voor de hoeken θ . Geef de onzekerheid aan. Gebruik grafiekenpapier om je resultaten weer te geven. (1.0 punten)
- Voer een analyse uit van de data die je gebruikt om het faseverschil $\Delta\phi$ te krijgen. Noteer je resultaten met hun onzekerheid. Noteer alle vergelijkingen en formules die je hierbij gebruikt. Zet je resultaten uit in een grafiek. (1.75 punten)
- Bepaal de waarde van het faseverschil $\Delta\phi$ en de onzekerheid in radialen. Geef de waarde van het faseverschil in het interval $[0, \pi]$. (0.5 punten)

Opdracht 2.7 Berekening van de dubbelbreking $|n_1 - n_2|$

Je kunt nagaan dat als je $2N\pi$ bij het faseverschil optelt (N is een geheel getal), of als je het teken van de fase omkeert, de waarden van de intensiteiten gelijk blijft. De waarde van de dubbelbreking $|n_1 - n_2|$ verandert echter.

Dus om de waarde $\Delta\phi$ die je hebt gevonden in Opdracht 2.6 correct te gebruiken om de dubbelbreking te berekenen, moet je het volgende beschouwen :

$$\Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} |n_1 - n_2| \quad \text{als} \quad L < 82 \times 10^{-6} \text{ m}$$

of

$$2\pi - \Delta\phi = \frac{2\pi L}{\lambda} |n_1 - n_2| \quad \text{als} \quad L > 82 \times 10^{-6} \text{ m}$$

De waarde van de dikte L van de micaplaat is op de cilinder aangegeven. Deze waarde is gegeven in micrometer (1 micrometer = 10^{-6} m). Neem aan dat de onzekerheid op L gelijk is aan 1×10^{-6} m. Voor de golflengte van het laserlicht mag je de waarde gebruiken die je bij het Experiment 1 gevonden hebt of een geschikte waarde tussen 620×10^{-9} m en 750×10^{-9} m, het gebied van het rood in het zichtbare spectrum. Noteer de waarden van L en van λ en ook die van de dubbelbreking $|n_1 - n_2|$ met hun onzekerheid. Geef de formules die je gebruikt hebt om de onzekerheid te berekenen. (1.0 punten)