

Praktische opdracht natuurkunde: Alles over olijfolie

Namen:

Klas:

Datum:

Dit practicum is gemaakt door Radboud Universiteit.

Introductie en onderzoeksdoel

Olijfolie is een vloeistof met een zeer complexe samenstelling. Toch kunnen we een aantal van de fysische kenmerken van olijfolie bepalen en ze vergelijken met de overeenkomstige eigenschappen van andere vloeistoffen.

Tijdens de experimenten van de natuurkunde opdracht gaan we de waarden van twee fysische eigenschappen van olijfolie meten. Dit gebeurt in twee lessen: (1) de viscositeitscoëfficiënt en (2) de lichtbrekingsindex. Deze eigenschappen gaan we allebei op twee manieren meten om de betrouwbaarheid van beide methodes te vergelijken.

Experiment 1: Het meten van de viscositeitscoëfficiënt van olijfolie

De oude Grieken gebruikten olijfolie om hun lichaam te bedekken. Ze deden dit omdat ze geloofden dat olijfolie een bron was van kracht en ook omdat het minder wrijving veroorzaakte tussen hun lichamen als ze worstelden in de palaestra. Die laatste keuze kunnen we uitleggen door naar een specifieke eigenschap van olijfolie te kijken: de viscositeit, ofwel de stroperigheid, van de stof. In dit experiment gaan we thermodynamica en krachtenleer gebruiken om de viscositeitscoëfficiënt van olijfolie te bepalen.

Theoretisch kader - Het ontwerpen van de experimentele procedure

Beweging van een bolletje binnen een met vloeistof gevulde verticale buis:

Een klein plastic bolletje beweegt langs de symmetrie-as van een verticale cilindrische buis met vloeistof (figuur 1).

De volgende krachten worden uitgeoefend op het bolletje:

- a) De zwaartekracht F_z

Neem het volgende aan: $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$.

- b) De opwaartse kracht F_{op} . Volgens de wet van Archimedes is de richting van deze kracht verticaal naar boven en de grootte is gelijk aan:

$$F_{op} = \rho_L g V \quad (2)$$

waar ρ_L de dichtheid is van de vloeistof en $V =$

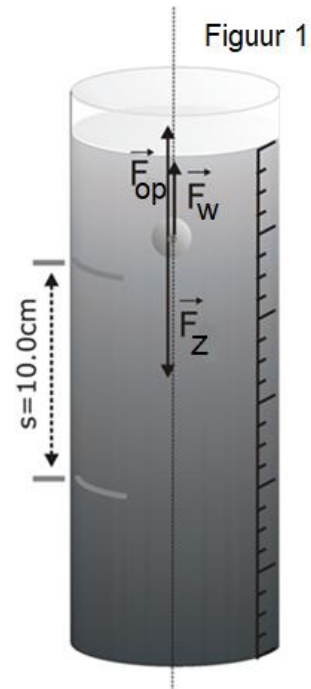
$\frac{4}{3}\pi r^3$, het volume van het bolletje.

- c) De wrijvingskracht F_w . Deze kracht wordt veroorzaakt door de beweging van het bolletje in de vloeistof en de richting is tegengesteld aan de richting van de snelheid van het bolletje. Aangezien de snelheid van het bolletje relatief klein is (zoals in dit geval), is de grootte F_v van de wrijvingskracht evenredig met de snelheid v van het bolletje en wordt gegeven door de wet van Stokes van een bolvormig lichaam met straal r :

$$F_{op} = 6\pi r \eta v \quad (3)$$

(Noot: We nemen aan dat de afstand tussen het bolletje en de wand van de cilindrische buis groot is in vergelijking met de straal (=radius) van het bolletje. Dus, in deze berekeningen hebben we geen rekening gehouden met het effect van de wanden van de buis op de beweging van het bolletje.)

De coëfficiënt η is de **viscositeitscoëfficiënt van de vloeistof** en is afhankelijk van de vloeistof en van de temperatuur. De SI-eenheid is $\text{Pa} \cdot \text{s}$.



In dit experiment gaan we de viscositeitscoëfficiënt van olijfolie meten door het bestuderen van de beweging van verschillende plastic bolletjes langs de verticale as van een cilindrische buis met de vloeistof. Het bolletje beweegt hierin met constante snelheid (v). Deze kan berekend worden met de formule:

$$v = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_s - \rho_L)}{\eta} \quad (4)$$

Opgave 1

- a. Geef de formule van de zwaartekracht die op het bolletje werkt. Maak hierbij gebruik van de dichtheid van het bolletje (ρ_s). (1p)

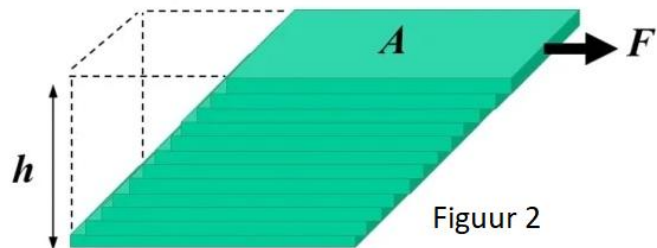
- b. Beschrijf de resulterende kracht die leidt tot de beweging van het bolletje in de vloeistof als volgt: $ma = \dots$ (1p)

- c. Leid formule 4 af. (2p)

De grootheden ρ_L , r , ρ_s , en ν in formule 4 kunnen experimenteel worden gemeten of berekend. De waarde van g is: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. De enige onbekende factor is de viscositeitscoëfficiënt η . In de experimentele procedure zullen we gebruik maken van formule 4 om experimenteel te bepalen wat de viscositeitscoëfficiënt is van olijfolie.

Afschuifsnelheid en afschuifspanning:

Viscositeit kan ook wiskundig beschreven worden met het twee platen model. Denk aan twee platen vloeistof ertussen. Als de ene plaat de andere heen beweegt, wordt de vloeistof ertussen ook



met
over

meegetrokken. Als je je dan voorstelt dat deze vloeistoflaag bestaat uit oneindig dunne laagjes die meebewegen, beschrijft dit de virtuele viskeuze sandwich in figuur 2. De spanning die door de beweging van de bovenste plaat ontstaat in de vloeistof heet de afschuifspanning τ , en wordt beschreven met de volgende formule:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (5)$$

In deze formule is F de kracht die uitgeoefend wordt op de sandwich en A de oppervlakte van de platen. Met dit model kan ook een andere grootheid berekend worden, namelijk de afschuifsnelheid. Deze grootheid wordt beschreven door de volgende formule:

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h} \quad (6)$$

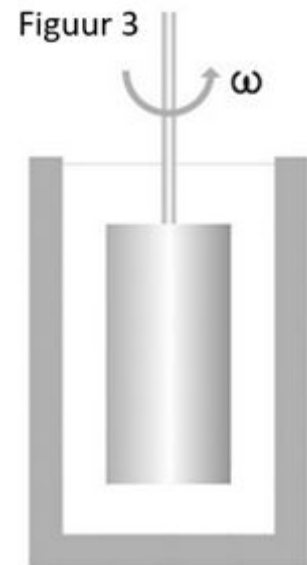
Hier is v de snelheid waarmee de plaat beweegt (door de kracht die wordt uitgeoefend) en h de afstand tussen de twee platen. De stip boven de γ geeft aan dat dit een grootheid is die een afgeleide over de tijd is. Dit is verder niet belangrijk voor de berekeningen.

Newton's wet voor ideale viskeuze of Newtoniaanse vloeistoffen relateert deze grootheden aan elkaar en aan de viscositeit van een stof met de volgende formule:

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (7)$$

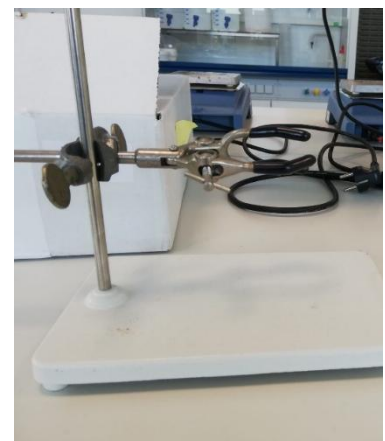
Deze wet geldt dus alleen voor ideale viskeuze Newtoniaanse vloeistoffen, wat vloeistoffen zijn waarbij de viscositeit onafhankelijk is van de snelheid waarmee de vloeistof wordt vervormd. Er bestaan ook niet Newtoniaanse vloeistoffen, waarbij dit niet het geval is. Zo kan een vloeistof bijvoorbeeld *shear thickening* zijn, waarbij de viscositeit toeneemt als de snelheid groter wordt. Ook kan een vloeistof *shear thinning* zijn, waarbij de viscositeit juist afneemt.

In de tweede helft van dit onderdeel gaan we deze wet gebruiken om met een rotatieviscosimeter de viscositeit van olijfolie te bepalen. In een rotatieviscosimeter draait een dobber in een beker met de vloeistof in kwestie (figuur 3), en wordt de kracht gemeten die het kost om die dobber met een bepaalde snelheid te laten draaien. Hiermee kan de viscositeit bepaald worden.



Werkwijze: Apparatuur en materialen

1. Silicaboolletjes (minimaal 6)
2. Schuifmaat
3. Analytische weegschaal
4. Maatcilinder 100 mL (glas) (1x)
5. Stopwatch (2x)
6. Opzetstuk (1 kant op maatcilinder, andere kant voor de trechter en stop). Zie foto
7. Trechter. Zie foto
8. Trechterstop. Zie foto
9. Markeerstift (1x)
10. Olijfolie
11. Keukenpapier
12. Rekenmachine
13. Pipet (10 mL) (1x)
14. Zeefje (voor het opruimen)
15. Rotatieviscosimeter



Werkwijze en opdrachten

Opgave 2

- a. Meet de straal r en bepaal de massa m van de plastic bolletjes. Bereken de dichtheid ρ_s van de plastic bolletjes. Bepaal de dichtheid (ρ_{ol}) van de olijfolie met behulp van een pipet, maatbeker en balans. Druk de waarden van de grootheden uit met het juiste aantal significante cijfers. (6p)

 $r =$ _____ $m =$ _____ $\rho_s =$ _____ $\rho_{olie} =$ _____

- b. Gebruik de markeerstift om twee horizontale lijnen aan te brengen op de maatcilinder, een afstand van 10 cm van elkaar. Zorg ervoor dat de bovenste lijn ongeveer 6-7 cm onder het oppervlak van de olijfolie staat. Gebruik het schietlood om te controleren of de cilinder loodrecht staat. Doe de stop met het buisje erdoorheen op de cilinder. Laat voorzichtig één bolletje door het buisje vallen, zodat het langs de verticale symmetrie-as van de cilinder beweegt. Meet het tijdsinterval, met behulp van een stopwatch, waarin het bolletje beweegt over de afstand s ($s = 10 \text{ cm}$) tussen de twee horizontale lijnen die je op de cilinder hebt aangebracht. Herhaal dezelfde procedure voor vijf bolletjes in totaal. Noteer je metingen in tabel A. Bereken de waarde van het tijdsinterval ($\bar{t}_{olie}$) en bereken vervolgens de waarde van de snelheid van de bolletjes in de olijfolie bij elk van deze

metingen. Bereken, met behulp van vergelijking (5), de gemiddelde waarde van de viscositeitscoëfficiënt van olijfolie. (5p)

Tabel A olijfolie (s = 10 cm)			
Metingen	Gemiddeld tijdsinterval (s)	v (cm/s)	Viscositeitscoëfficiënt (Pa.s)
Gemiddelde Viscositeitscoëfficiënt (Pa.s)			

- c. Bij de meting met de viscometer kan je zelf voor elke meting de snelheid van de dobber en de tijdsduur van de meting instellen. Hoe zouden jullie de verandering in de snelheid en tijdsduur instellen in de viscometer? (6p)

Hoe zouden de metingen met de rotatieviscosimeter ingesteld moeten worden? Geef antwoord d.m.v. twee kruisjes.

Tabel B			
	Oplopend	Aflopend	Constant
Snelheid			
Tijdsduur			

Laat deze keuze controleren door een assistent en meet hierna met hulp van een assistent de viscositeit van olijfolie met een rotatieviscosimeter. Bepaal uit deze meting de viscositeit.

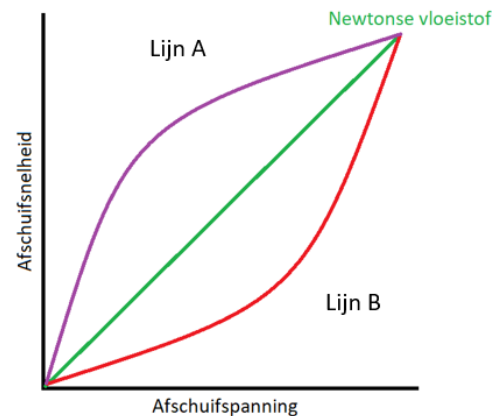
Bepaling van de viscositeit van olijfolie:

Verwerking viscositeit

- d. Beschrijf wat er met de snelheid van een bolletje in een vloeistof gebeurt als de straal van het bolletje 2 keer zo groot wordt, het verschil in dichtheid 4 keer zo klein wordt, en de viscositeit van de vloeistof $\frac{1}{2}$ keer zo groot wordt. (3p)

- e. Bepaal de eenheid van viscositeit met behulp van formules 5, 6 en 7. (2p)

- f. Geef aan welke lijn in de afbeelding hiernaast een *shear thickening* vloeistof beschrijft en welke lijn een *shear thinning* vloeistof beschrijft. (1p)



- g. Wat is een voorbeeld van een *shear thickening* vloeistof? (1p)

- h. Bij gebruik van een viscometer kan de afschuifsnelheid zelf ingesteld worden. Leg uit wat er gebeurt bij hele lage afschuifsnelheden, waarom dit wel/niet goed zou kunnen zijn en hoe dit effect geminimaliseerd kan worden. (3p)

- i. Bij een viscometer vul je de beker met de vloeistof die je wil onderzoeken. Stel dat je die beker niet helemaal tot de rand met olijfolie vult, hoe beïnvloedt dit de meting? (2p)

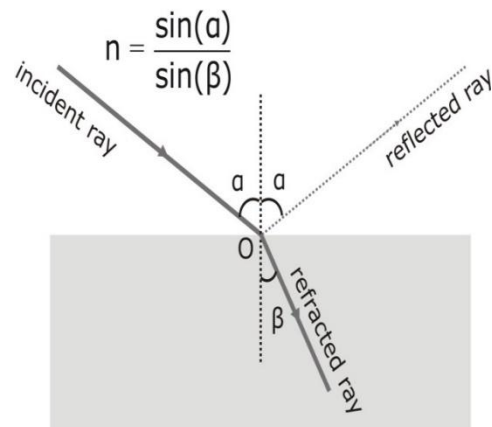
- j. Twee methodes zijn gebruikt om de viscositeit van olijfolie te bepalen. Evalueer beide methode en geef aan welke, volgens jullie, de hoogste betrouwbaarheid heeft. Geef hiervoor de randvoorwaardes. (4p)

Experiment 2: Het meten van de brekingsindex van olijfolie

Olijfolie heeft een bijzondere kleur, en lichtstralen bewegen er op een andere manier doorheen dan water. Deze eigenschap kan beschreven worden met de wet van Snellius, en de brekingsindex van olijfolie. In deze opdracht gaan we dit refractie-fenomeen bestuderen voor olijfolie volgens beide wetten en vergelijken we ze.

Theoretisch kader – Opzet van de procedure

Figuur 1 toont een dunne lichtbundel, die aanvankelijk door lucht gaat en vervolgens het oppervlak van een transparant lichaam treft. Een deel van de invallende straal (incident ray) wordt gereflecteerd (reflected ray) en de rest komt in het doorzichtige lichaam terecht en wordt dus gebroken (refracted ray). De hoeken α en β tussen, respectievelijk, de invallende en de gebroken straal met de normaallijn (de lijn loodrecht op het oppervlak van het lichaam op het punt van inval O), voldoen aan de Wet van Snellius:



Figuur 1

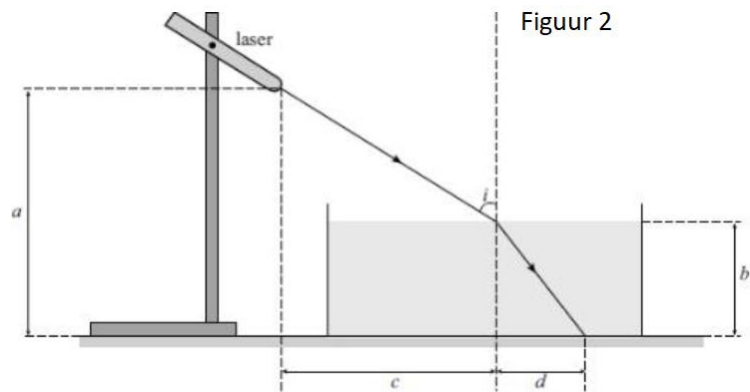
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (1)$$

Hierbij is de brekingsindex n van het lichaam gedefinieerd is door de relatie:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

waarbij c de lichtsnelheid in lucht is en v de lichtsnelheid in het transparante lichaam. De brekingsindex die hiermee bepaald wordt geldt altijd voor de overgang van lucht naar de stof in kwestie. Wil je berekeningen doen met een lichtstraal vanuit de stof naar lucht toe, moet je de inverse van deze brekingsindex ($1/n$) nemen.

In opdracht 2 passen we de wet van Snellius toe om de brekingsindex van olijfolie te berekenen. Daartoe maken we gebruik van de experimentele opstelling zoals schematisch weergegeven in figuur 2.

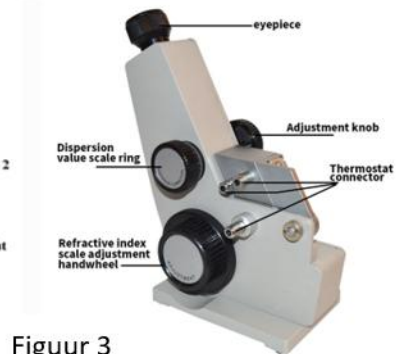
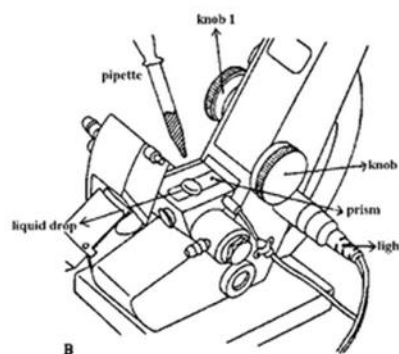


Figuur 2

De lichtbundel die begint vanaf de laserpointer door de vloeistofoppervlakte wordt gebroken. Door de afstanden a , b , c en d te meten kunnen dan de invalshoek en brekingshoek berekend worden.

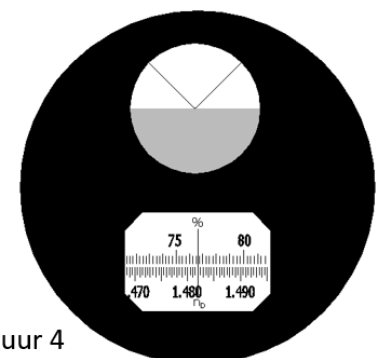
We kunnen voor verschillende hoogtes van de laserpointer telkens de invalshoek en de brekingshoek meten. Volgens de wet van Snellius (vergelijking 1), kan de brekingsindex van de vloeistof worden bepaald als de helling van de lijn $y = nx$, waarbij $y = \sin \alpha$ en $x = \sin \beta$.

De brekingsindex kan ook bepaald worden zonder de wet van Snellius te gebruiken. Hiervoor kan bijvoorbeeld een refractometer gebruikt worden zoals in figuur 3 te zien is. Dit is een standaard apparaat dat



Figuur 3

twee prisma's bevat waartussen de vloeistof die je wil onderzoeken in een dunne laag gedrukt wordt. Door één van de prisma's wordt licht geleid dat daarna door de vloeistof en de tweede prisma een detector bereikt. Door met de knoppen het licht zo af te stellen dat de situatie in figuur 4 zichtbaar is kan de brekingsindex afgelezen worden. Je kunt hierbij hulp van de zaalassistenten krijgen.



Figuur 4

Bron: <https://www.refractometer.eu/rwaj-laboratory-optical-abbé-refractometer>

Werkwijze - Apparatuur en materialen

1. Plastic bakje
2. Statief met statief klemmen
3. Laserpointer
4. Geodriehoek
6. Keukenpapier
7. Wetenschappelijke rekenmachine

Werkwijze

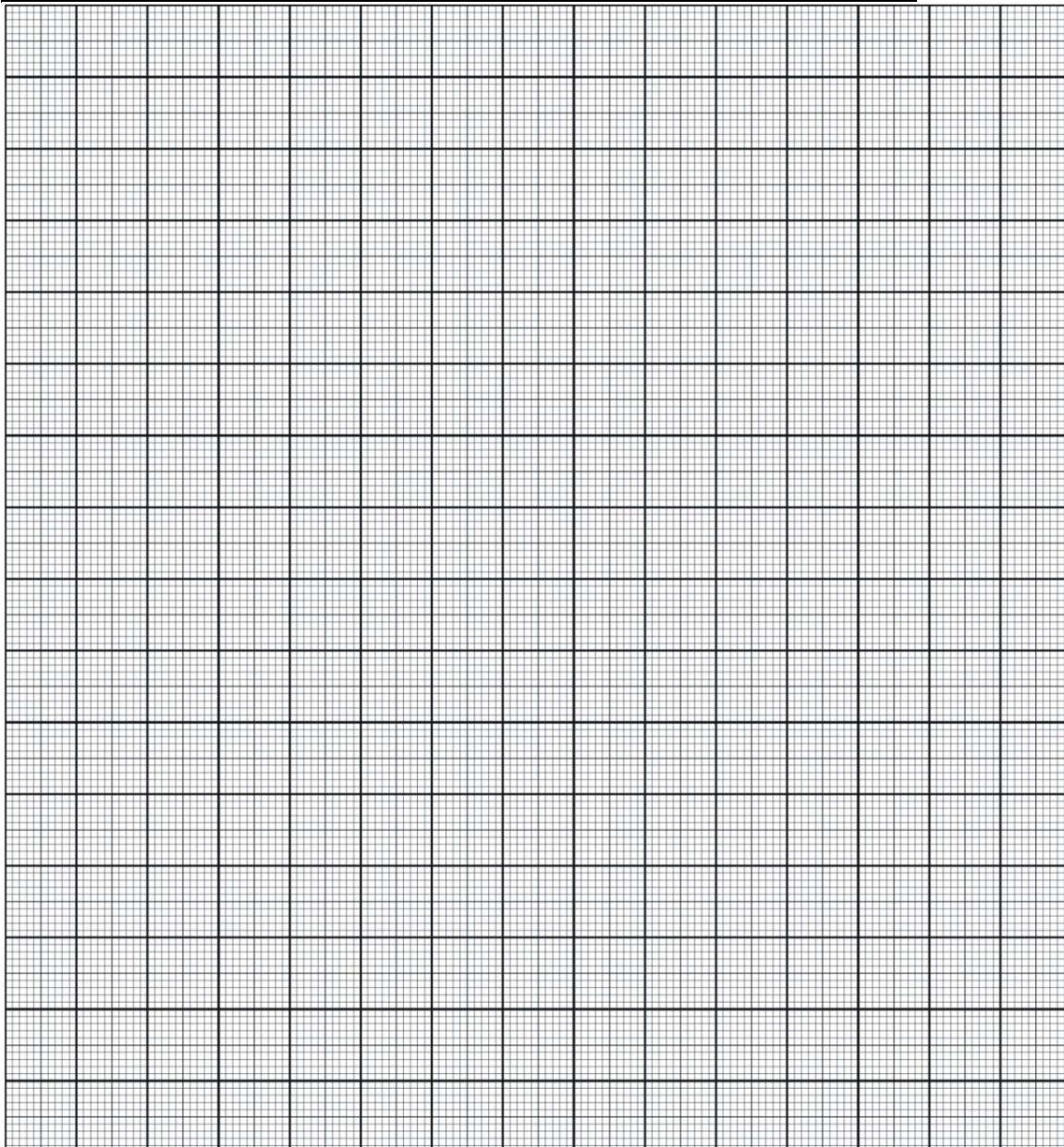
Opgave 3

- a. Vul het bakje met olijfolie. Bereken, door gebruik te maken van de eerder beschreven procedure, de invalshoek en de brekingshoek voor vijf verschillende hoogtes van de laserpointer (afstand d). Vul tabel C in en bereken de invalshoek en brekingshoek voor elke meting. (4p)

Tabel C					
Lengte a (cm)	Lengte b (cm)	Lengte c (cm)	Lengte d (cm)	Invalshoek α (graden)	Brekingshoek β (graden)

- b. Vul kolom 1 t/m 4 van tabel D in. Maak een grafiek van $\sin \alpha$ tegen $\sin \beta$. Bepaal uit deze grafiek de brekingsindex van olijfolie (n_{olie}). Noteer vervolgens de waarde (n_{olie}) van olijfolie die je bepaald hebt. (8p)

Tabel D				
invalshoek α (graden)	Brekingshoek β (graden)	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$n_j = \sin \alpha_j / \sin \beta_j$



Berekeningen:

$n_{olie} = \underline{\hspace{2cm}}$

Meet nu de brekingsindex met de refractometer. Maak eerst de prisma's schoon met wat alcohol en lenspapier (geen keukenpapier!). Breng dan zonder de prisma aan te raken met een plastic pipet een paar druppels olijfolie aan op het prisma. Sluit het prismablok en doe het "op slot" door de sluit knop aan de zijkant te draaien. Draai knop 1 en 2 in figuur 3 totdat de situatie in figuur 4 zichtbaar is. In het onderste gedeelte van het beeld kan dan de brekingsindex tot op 3 decimalen nauwkeurig afgelezen worden. Maak aan het einde de prisma's weer schoon met alcohol.

c. Bepaling van de brekingsindex met de refractometer (2p)

Verwerking brekingsindex

Wet van Snellius: vergelijking van de theoretische voorspellingen met de experimentele data. Hoe goed stemmen onze metingen overeen met de wet van Snellius?

Een kwantitatieve manier om vast te stellen of de wet van Snellius overeenstemt met je metingen is het berekenen van de "gemiddelde relatieve afwijking" van je metingen ten opzichte van de brekingsindex die je eerder (onder **2b**) hebt bepaald.

In detail:

Laat n_{olie} de brekingsindex zijn van olijfolie zoals experimenteel bepaald is in stap **2b**. Laat α_j één van de waarden zijn van de invalshoeken genoteerd in tabel C en β_j de corresponderende waarde van de brekingshoek (met $j = 1 \dots 5$). Volgens deze meetwaarden is de brekingsindex van olijfolie gelijk aan:

$$n_j = \frac{\sin \alpha_j}{\sin \beta_j}$$

De relatieve afwijking A_j van deze waarde ten opzichte van de waarde n_{olie} die jij bepaald hebt is:

$$A_j = \left| \frac{n_j - n_{olie}}{n_{olie}} \right|$$

De gemiddelde relatieve afwijking $A_{Snellius}$ kan worden berekend uit de A_j 's met de formule:

$$A_{Snellius} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N A_j \quad (3)$$

- d. Bereken de gemiddelde relatieve afwijking van de wet van Snellius $A_{Snellius}$ voor olijfolie op basis van de experimentele data in tabel D. Vul hiervoor de laatste kolom van tabel D in.

Bereken de afwijking $A_{Snellius}$ van de experimentele data ten opzichte van de voorspellingen van de wet van Snellius. Druk je antwoord uit als een percentage (%).

Noteer je berekeningen (5p).

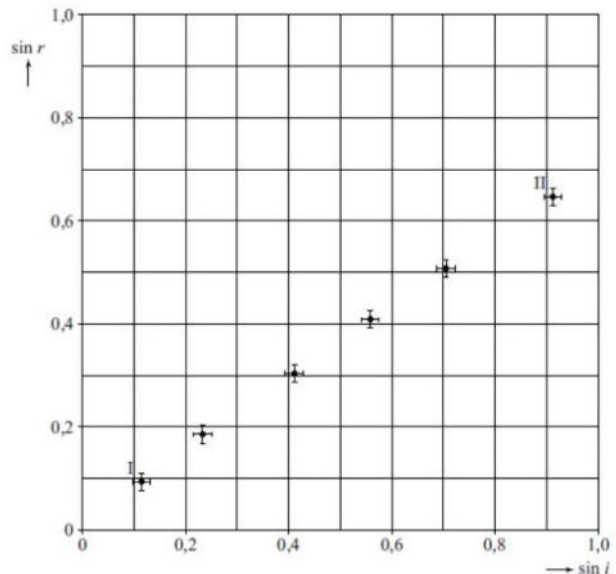
Tabel E	
n_j (Snellius)	Afwijkingen $A_j = \left \frac{n_j - n_{olie}}{n_{olie}} \right $
Gemiddelde relatieve afwijking (Snellius)	

Geef je berekeningen:

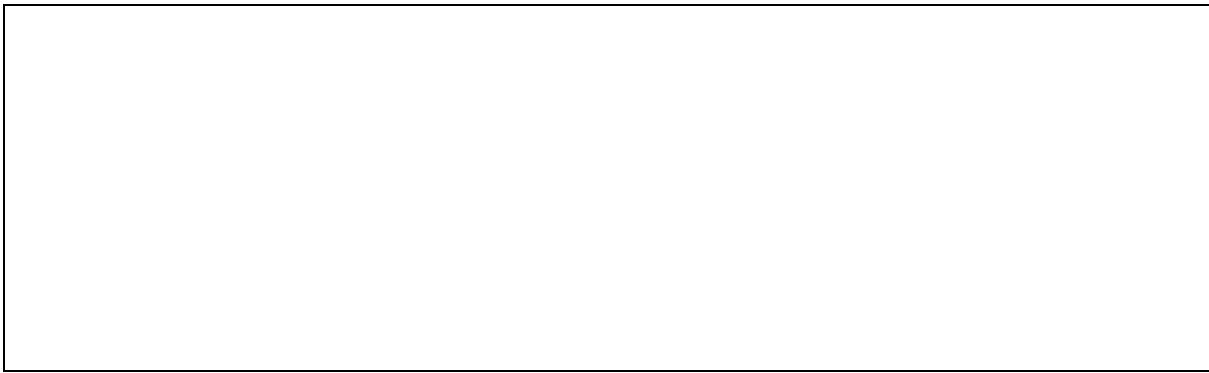
$A_{Snellius} = \underline{\hspace{2cm}} \%$.

- e. Bereken met behulp van de zelf bepaalde brekingsindex (neem het gemiddelde van beide bepaalde waarden) van olijfolie hoe groot de invalshoek van licht moet zijn vanuit olijfolie waarbij de lichtstraal de vloeistof niet kan verlaten. (3p)

- f. De punten in het figuur hiernaast zijn weergegeven met een foutmarge. Deze ontstaat doordat in de metingen van de afstanden a, b, c en d in figuur 2 een onnauwkeurigheid zit. Stel je wil de brekingsindex uit één punt bepalen, en je wil de foutmarge zo klein mogelijk hebben. Leg uit of punt I of punt II dan een betere keuze is. (2p)



- g. Twee methodes zijn gebruikt om de brekingsindex van olijfolie te bepalen. Evalueer beide methode en geef aan welke, volgens jullie, de hoogste betrouwbaarheid heeft. Geef hiervoor de randvoorwaardes. (4p)



Klaar met dit practicum?

Ga naar exactwatjezoekt.nl voor hulp bij de exacte vakken. Ook vind je informatie over studies en beroepen in de bèta en techniek.



Oefenen met natuurkunde?

Ga naar <https://exactwatjezoekt.nl/hulp-bij-leren/>



Doe de studiekeuze test en check welke studies het beste bij jou passen op

<https://exactwatjezoekt.nl/studiekeuze/>



Wil je iets met bèta of techniek?

Maak kennis met de beroepen op

<https://exactwatjezoekt.nl/overzicht-beroepen/>

Colofon

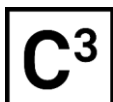
Dit practicum is gemaakt voor de eindronde van de EOES in 2021-2022 door

Radboud Universiteit



Radboud Universiteit is intellectueel eigenaar van de inhoud van dit practicum.

Dit practicum is een uitgave van



Centrum

JongerenCommunicatie

Chemie

Ontdek, ervaar, kies

Dit practicum en alle bijbehorende materialen zijn onderhevig aan de C3 disclaimer zoals vermeld op c3.nl/disclaimer. Uiteraard is door Centrum JongerenCommunicatie Chemie veel zorg aan deze handleiding besteed. Centrum JongerenCommunicatie Chemie aanvaardt echter geen aansprakelijkheid voor schade die eventueel is ontstaan bij het geven van het practicum 'Alles over olijfolie'.

© Centrum JongerenCommunicatie Chemie, januari 2026