

Cover voor de experimentele toets

- De experimentele toets duurt 5 uur. Er zijn 2 opdrachten die samen 20 punten waard zijn. Bedenk dat de experimenten niet evenveel punten waard zijn.
- Je mag de bruine enveloppe met de experimenten en de doos met apparatuur niet openen voordat het fluitsignaal gaat dat het begin van de wedstrijd aangeeft.
- Elke opdracht heeft eigen antwoordbladen (zie bovenkant voor nummer en kleur). Noteer je oplossingen in de goede hokjes op het bijbehorende antwoordblad.
- Gebruik voor berekeningen het officiële IPHO schrijfpapier of IPHO grafiekpapier.
VUL STEEDS ALLE GEGEVENS AAN DE BOVENKANT VAN ZOWEL SCHRIJFPAPIER ALS GRAFIEKPAPIER IN EN SCHRIJF ALLEEN OP DE VOORKANT. De achterkant wordt niet ingescand, dus niet nagekeken. Gebruik zo weinig mogelijk tekst: geef je uitleg zoveel mogelijk in tabellen, grafieken, nummers, symbolen en/of tekeningen. Als je op een blad iets genoteerd hebt wat je niet beoordeeld wilt hebben, streep het dan door.
- Je mag je werkplek niet zonder toestemming verlaten. Als je ergens hulp voor nodig hebt (kapotte rekenmachine, meer papier nodig, toiletbezoek enzovoorts), steek dan je hand op en houd deze omhoog tot een gids komt.
- **HET EINDE** van de toets wordt aangegeven door een **FLUITSIGNAAL**. Je moet dan direct stoppen met schrijven maar **WEL BLIJVEN ZITTEN**. Als je klaar bent voor het fluitsignaal klinkt, steek dan je hand op.
- **SORTEER EN NUMMER** je papieren in de onderstaande volgorde met de **VOORKANT OMHOOG** en stop ze in je bruine envelop.
 1. Antwoordblad E1 gevolgd door alle schrijfpapieren en grafieken van E1
 2. Antwoordblad E2 gevolgd door alle schrijfpapieren en grafieken van E2
 3. Alle andere papierbladen inclusief doorgestreepte papierbladen.
- Bij het volgende fluitsignaal **MAG JE WEGGAAN**
- Je mag geen enkel stuk papier uit de zaal meenemen.

Merk op: Alle meetresultaten en berekende waarden moeten uitgedrukt worden in SI-eenheden met het juiste aantal significante (beduidende) cijfers. Foutenanalyse is slechts nodig als er expliciet om gevraagd wordt.

1.0 Inleiding

Experimenten met een laser afstand meter (laser distance meter afgekort LDM)



Figuur1.1 Enkele benodigdheden voor het experiment

- A:** Laser afstand meter (LDM)
- B:** Glasvezelkabel (circa 1 m lang)
- C:** Zwarte zelfklevers van vilt met een gaatje
- D:** Meetlint
- E:** Plakband
- F:** Schaar
- G:** Deksel van de black box

Een laser afstand meter (LDM, zie Fig. 1.2 en Fig. 1.3) bestaat uit een zender en een ontvanger. De zender is een diodelaser die een gemoduleerde laserstraal uitzendt, dit is een laserstraal waarvan de amplitude verandert met een zeer hoge frequentie. Wanneer de laserstraal een object raakt, wordt het licht weerkaatst in alle richtingen vanuit de laserstip (lichtvlek). Een deel van dit weerkaatste licht keert terug naar de ontvanger in het meettoestel die zich vlak naast de zender bevindt. De telescoop van het instrument is gericht naar de lichtvlek en vangt het licht ervan op. De elektronica van het instrument meet het tijdsverschil in de modulatie van het ontvangen lichtsignaal t.o.v. het

uitgezonden lichtsignaal. De vertraging t in de modulatie is exact de tijd die het licht nodig heeft om zich voort te planten van zender tot ontvanger.

De gemeten tijd wordt dan omgezet tot een waarde

$$y = \frac{1}{2}ct + k$$

Deze waarde y verschijnt op het scherm van het instrument. Hierin is $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ de lichtsnelheid. De constante k hangt af van de instellingen van het apparaat ; het apparaat kan wisselen tussen afstandsmeting vanaf de achterkant of de voorkant van het apparaat. Wanneer de LDM aangezet wordt, is de standaardinstelling voor meten vanaf de achterkant.

Deze instelling moet gedurende de metingen onveranderd blijven.

Door parallax kan het toestel geen afstanden korter dan 5 cm meten. De maximale afstand die gemeten kan worden is ongeveer 25 m. De vorm van het toestel is zodanig dat zowel achterkant als voorkant loodrecht zijn met de laserstraal. Wanneer het toestel op tafel ligt, is de polarisatie verticaal (loodrecht op het scherm).

De diodelaser is van klasse 2 met vermogen $< 1 \text{ mW}$ en met een golflengte 635 nm.

De meetonzekerheid (foutenmarge) van het toestel is volgens de fabrikant $\pm 2 \text{ mm}$.

Waarschuwing: Het laserlicht kan je ogen beschadigen. Kijk niet in de laserstraal en richt deze niet op de ogen van anderen!

Instellingen voor de LDM

De bovenstaande berekening van de afstand y veronderstelt natuurlijk dat het licht zich met de snelheid c heeft voortgeplant. Wat nauwkeurigheid betreft is het niet nodig onderscheid te maken tussen de lichtsnelheid in vacuüm en in lucht, omdat de brekingsindex voor droge lucht bij normale druk en temperatuur $1.00029 \approx 1.000$ is.

Figuur 1.2 De zes toetsen zonder rode pijl zijn niet belangrijk (ze worden gebruikt om oppervlakte en volume te berekenen). De belangrijke toetsen zijn:

- A:** Aan/uit
- B:** Wisselen tussen meten vanuit de achterkant en de voorkant van het instrument.
- C:** Aanduiding van meting vanuit achterkant/voorkant
- D:** Laser aanzetten / start van de meting
- E:** Continue meting
- F:** Aanduiding van continue meting





Figuur 1.3 De laser afstand meter gezien van de voorkant:

A: Ontvanger: Lens vóór de telescoop gericht op de lichtvlek

B: Zender: Kijk niet in de laserstraal!

1.1 Meting met de laser afstand meter

Het instrument zal een meting uitvoeren als je de toets **D** indrukt, zie Fig. 1.2.

1.1	Gebruik de LDM om de afstand H te meten van het bovensvlak van de tafel tot de vloer. Schrijf de onzekerheid (fout) ΔH op. Toon met een schets aan hoe je deze meting hebt uitgevoerd.	0.4
-----	--	-----

1.2 Experiment met de glasvezelkabel



Figuur 1.4 Tekening van een glasvezelkabel.

Je hebt een glasvezelkabel met een lengte van ongeveer 1 m en een diameter van ongeveer 2 mm. De kabel bestaat uit twee optische materialen. De kern (diameter bij benadering 1 mm) bestaat uit een soort plastic met grote brekingsindex met eromheen een bekleding in plastic met een iets kleinere brekingsindex, en is bedekt met een bescherm laag van zwarte plastic.

Kern en bekleding vormen een soort golfgeleider voor licht dat in de kabel schijnt, aangezien de grens tussen kern en bekleding totale weerkaatsing veroorzaakt – en daarbij verhindert dat het licht de kern verlaat – voor zover de invalshoek groter is dan de grenshoek. Het licht zal dus de kern van de kabel volgen, zelfs als de kabel gebogen wordt, maar niet te sterk.

De LDM moet nu op continue meting (**E**, zie Fig. 1.2) gezet worden, zodat het scherm ongeveer om de seconde de waarde van y vernieuwt. De LDM gaat automatisch in standby na een paar minuten. Hij kan opnieuw geactiveerd worden door op de rode startknop te drukken.

Bedek voorzichtig de lens van de ontvanger met één kleine, zwarte klever van vilt met een gaatje met diameter van 2 mm erin (de andere klever is reserve), zie A in Fig 1.3. Druk hem dus zachtjes tegen de lens!

Steek een glasvezelkabel met lengte x in het gaatje van de zwarte klever tot tegen de lens, zie Fig. 1.5.



Figuur 1.5 (a) Klever en glasvezelkabel. **(b)** De glasvezelkabel aansluiten.

Houd het andere uiteinde van de kabel tegen de zender zodat hij het glas raakt in het midden van de laserstraal. Lees nu de y -waarde af van het scherm. Met de schaar kun je de glasvezelkabel in stukken met verschillende lengte x knippen.

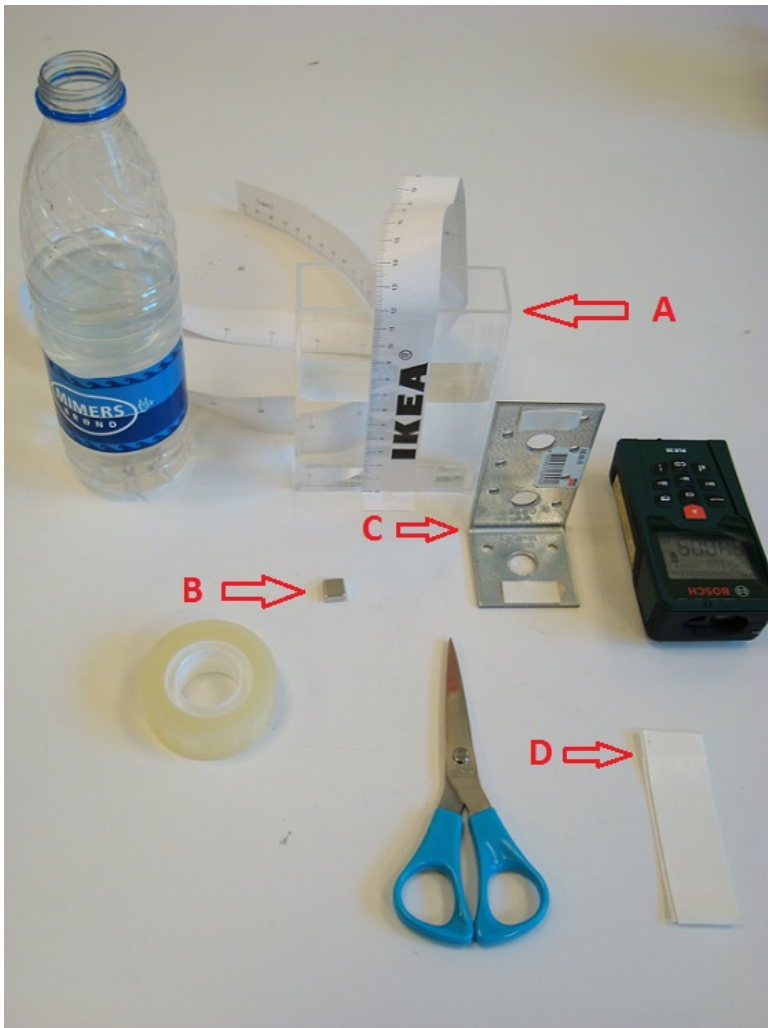
Opmerking: denk heel goed na voordat je knipt, want je kan geen extra kabel krijgen!!

Merk ook op dat het LDM-scherm een icoontje van een thermometer toont na een tijdje in de continue meting-modus als gevolg van oververhitting van de elektronica. Als dit gebeurt, zet de LDM dan een tijdje af om het toestel te laten afkoelen.

1.2a	Meet overeenkomstige waarden van x en y . Maak een tabel met je meetresultaten. Teken de grafiek van y als functie van x .	1.8
1.2b	Gebruik de grafiek om de brekingsindex n_{co} te bepalen van het materiaal waaruit de kern (core) van de glasvezelkabel bestaat. Bereken de lichtsnelheid v_{co} in de kern van de glasvezelkabel.	1.2

1.3 Laser afstand meter onder een hoek met de verticaal

In dit gedeelte van het experiment gebruik je de benodigdheden, die te zien zijn in Fig. 1.6.



Figuur1.6 Benodigdheden in de figuur:

A: Plastic bakje (cuvet) met water en meetlint

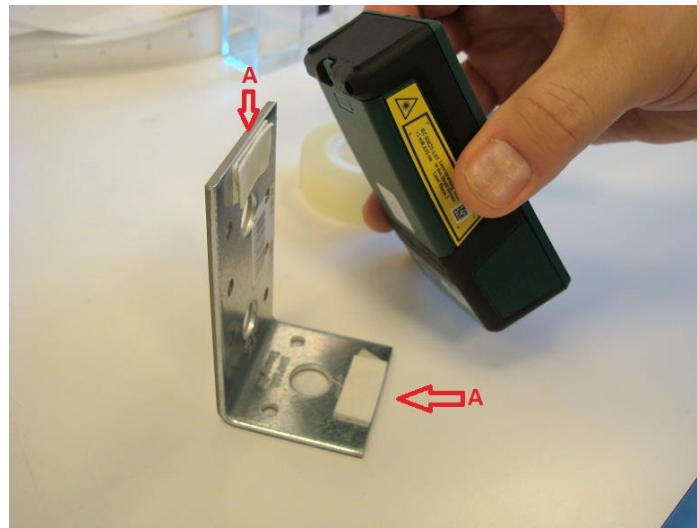
B: Magneet om het ijzeren hoekstuk boven op de zwarte doos te bevestigen. (Je vindt de magneet op het ijzeren hoekstuk).

C: IJzeren hoekstuk met dubbelklevende strips

D: Dubbelklevende strips

Verwijder de zwarte zelfklever van de lens. De LDM moet nu in de volgende opstelling worden geplaatst:

Plaats twee dubbelklevende strips op het ijzeren hoekstuk (zie **A** in Fig. 1.7).



Figuur 1.7 Hoe de dubbelklevende strips op het ijzeren hoekstuk te plaatsen.

De LDM moet voorzichtig op het ijzeren hoekstuk geplaatst worden zoals aangegeven in Fig. 1.8.

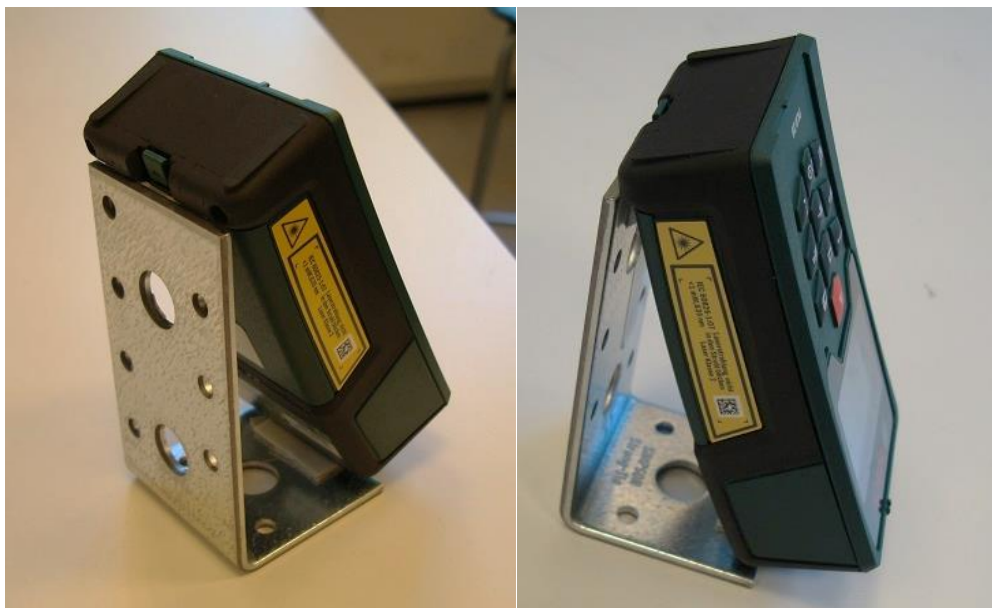
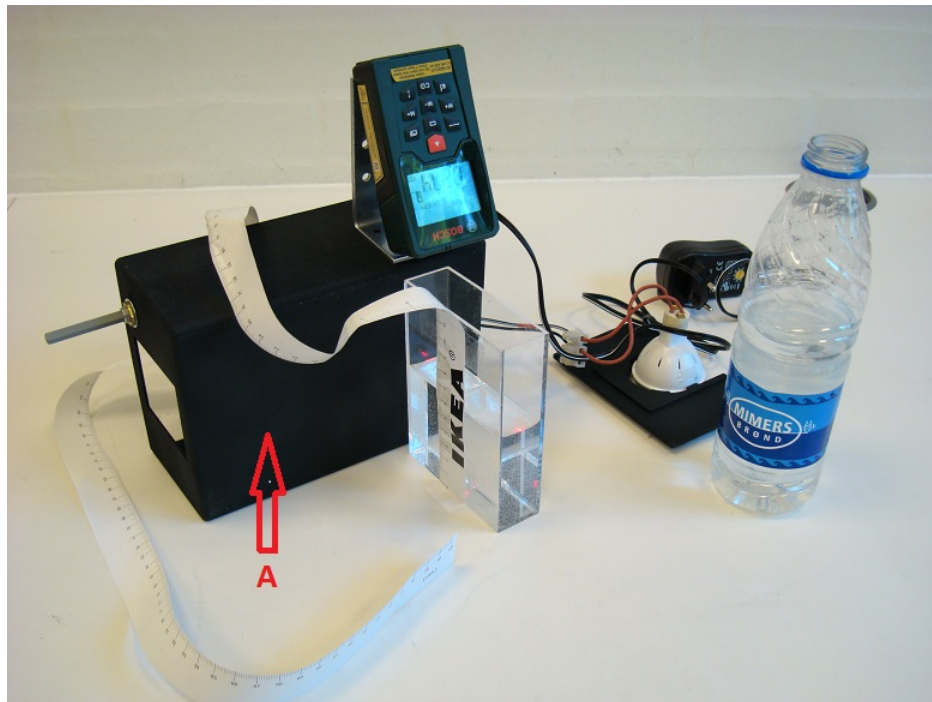


Figure 1.8 Hoe de LDM op het hoekijzer te plaatsen.

Het ijzeren hoekstuk met de LDM moet op de zwarte doos geplaatst worden op de manier zoals aangegeven in Fig. 1.9. Bevestig het ijzeren hoekstuk met behulp van een magneet die eronder geplaatst is binnen in de doos. (De kleine magneet kan je vinden op het ijzeren hoekstuk). Het is belangrijk om de LDM precies zoals op de foto te bevestigen, want de zijkanten van de doos hellen ongeveer 4 graden naar buiten. De laserstraal moet nu ongehinderd onder een hoek naar beneden gericht zijn.



Figuur 1.9 De proefopstelling. (De zwarte doos dient alleen als ondersteuning. De apparatuur achter de fles water wordt bij dit experiment niet gebruikt).

A: Belangrijk: De bodem van de zwarte doos moet naar voren gericht zijn zoals aangegeven. De zijkant van de doos, die dan bovenaan staat maakt een hoek van ongeveer 4 graden met een horizontaal vlak. Zorg ervoor dat wanneer de laser afstand meter bevestigd wordt, de meter steeds onder dezelfde hoek θ_1 staat.

Wanneer de LDM aangezet en bevestigd is zoals boven is aangegeven, maakt de laserstraal een hoek θ_1 met de verticaal. Deze hoek, die gedurende dit hele experiment steeds dezelfde moet zijn, moet nu worden bepaald. De glasvezelkabel is hier niet meer nodig.

1.3a	Meet met de LDM de afstand y_1 tot de lichtvlek waar de laserstraal het tafelblad raakt. Verschuif dan de doos met de LDM horizontaal tot de laserstraal de vloer raakt. Meet zo ook de afstand y_2 tot de lichtvlek waar de laserstraal de vloer raakt. Geef de onzekerheden van de metingen (meetfouten).	0.2
1.3b	Bereken de hoek θ_1 waarbij je alleen de metingen van y_1 , y_2 en H (van opdracht 1.1a) gebruikt. Bepaal de onzekerheid $\Delta\theta_1$	0.4

1.4 Experiment met het plastic bakje (cuvet)

Plaats het plastic bakje zodanig dat de laserstraal de bodem van het bakje ongeveer in het midden raakt (zie Fig. 1.10). Doe een beetje water in het bakje. De diepte van het water is x . Wat je afleest op de display van de LDM is y .

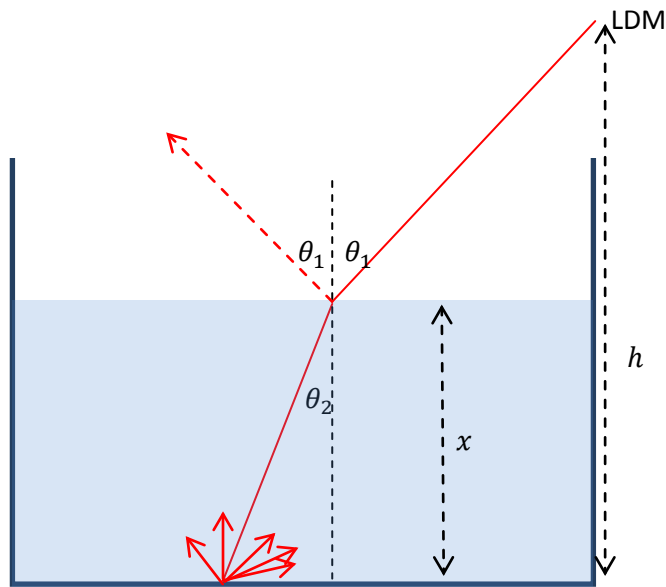


Figure 1.10 Schets van laserstralen in het plastic bakje met water met diepte x .

1.4a	Meet de bij elkaar horende waarden van x en y . Maak een tabel van je metingen. Teken een grafiek van y als functie van x .	1.6
1.4b	Gebruik vergelijkingen om theoretisch te verklaren hoe je verwacht dat de grafiek er uit zal zien.	1.2
1.4c	Bepaal met behulp van de grafiek de brekingsindex n_w van water.	1.2

Antwoordblad

Landencode (2 letters)

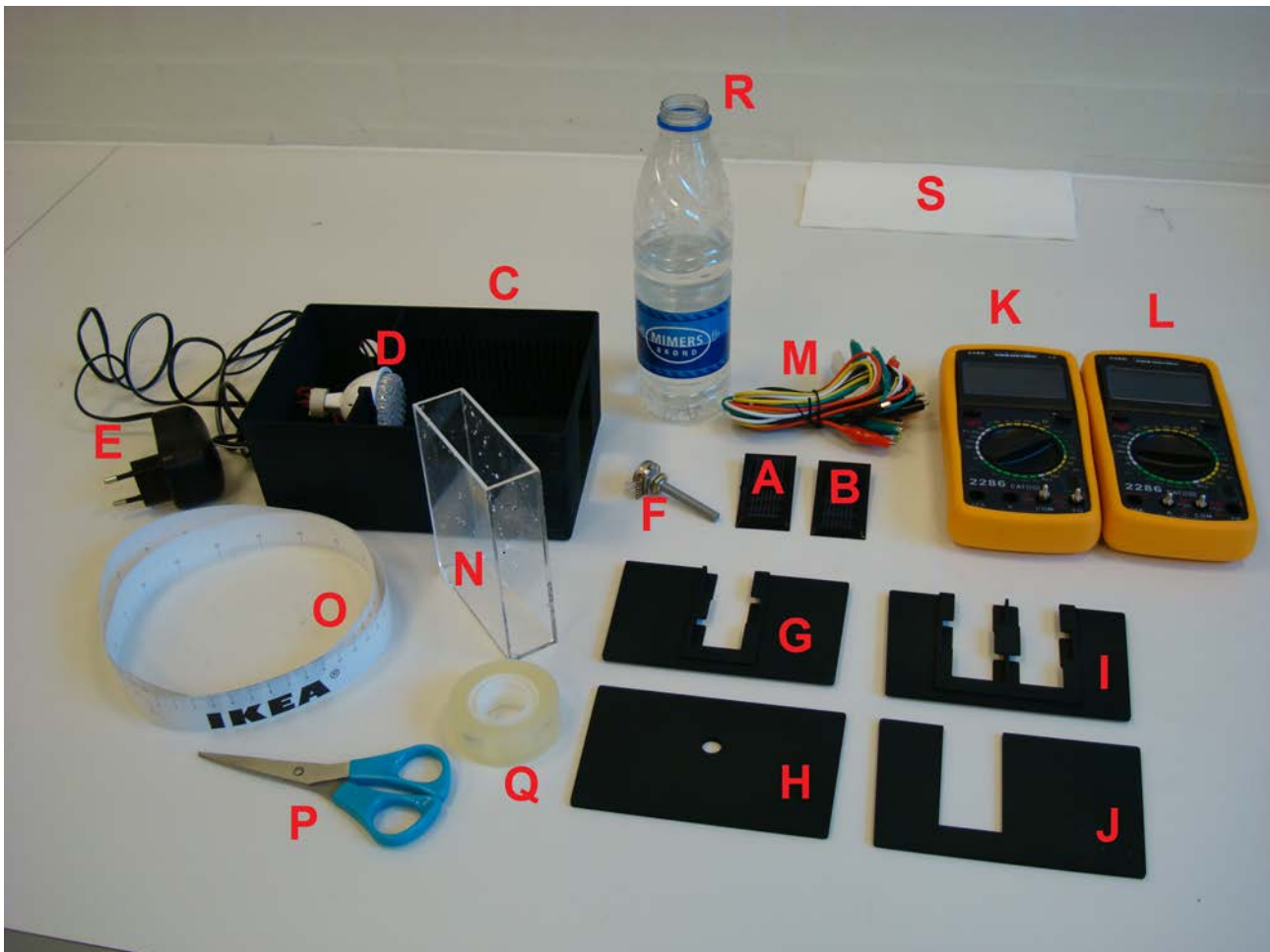
Studentnummer (1-5)

1.1a	Waarde $H =$ waarde $\Delta H =$ Geef een schets van de gebruikte opstelling op een apart vel papier	0.4																																																																
1.2a	Tabel: <table border="1" data-bbox="223 582 1361 1153"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Geef de grafiek van y als functie van x als aparte bijlage!																																																																	1.8
1.2b	Waarde $n_{co} =$ Waarde $v_{co} =$ Geef de berekeningen op een aparte bijlage.	1.2																																																																

1.3a	Waarde $y_1 \pm \Delta y_1 =$	Waarde $y_2 \pm \Delta y_2 =$	0.2																																																																
1.3b	Waarde $\theta_1 =$ Geef de berekeningen op een aparte bijlage.	Waarde $\Delta\theta_1 =$	0.4																																																																
1.4a	Tabel: <table border="1"> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> Geef de grafiek van y als functie van x als aparte bijlage																																																																		1.6
1.4b	Geef berekeningen en vergelijkingen op een aparte bijlage.		1.2																																																																
1.4c	Waarde $n_w =$ Geef de berekeningen op een aparte bijlage.		1.2																																																																
	Totaal		8.0																																																																

2.0 Introductie

Het materiaal dat tijdens dit experiment gebruikt wordt, is weergegeven in Fig. 2.1.



Figuur 2.1 Materiaal dat gebruikt wordt bij experiment E2.

Lijst van materialen (zie Fig. 2.1):

- | | |
|--|--|
| A: Zonnecel | M: Snoeren met (mini) krokodillenklem |
| B: Zonnecel | N: Plastic bakje (groot cuvet) |
| C: Doos met sleuven waarin lichtbron, zonnecellen, enz., geplaatst kunnen worden | O: Meetlint |
| D: LED-lamp in houder | P: Schaar |
| E: Voeding voor LED-lamp D | Q: Plakband |
| F: Regelbare weerstand | R: Water om plastic bakje N te vullen |
| G: Houder voor een enkele zonnecel in doos C | S: Servet voor gemorst water |
| H: Cirkelvormige opening voor gebruik in doos C | T: Plastic bekertje om water uit bakje N in te doen (niet weergegeven in Fig. 2.1) |
| I: Houder voor twee zonnecellen in de doos C | U: Plastic pipet (niet weergegeven in Fig. 2.1) |
| J: Afdekplaat voor gebruik in doos C | V: Deksel voor de doos C (niet weergegeven in Fig. 2.1) |
| K: Digitale multimeter | |
| L: Digitale multimeter | |

Data sheet: natuurconstanten

Lichtsnelheid in vacuüm	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementaire lading	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante van Boltzmann	$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Introductie

Een zonnecel zet een deel van de elektromagnetisch energie van het invallende licht om in elektrische energie door het scheiden van ladingen in de zonnecel. Op deze manier kan een elektrische stroom worden opgewekt. Experiment E2 heeft als doel om zonnecellen te onderzoeken met het gegeven materiaal. Dit bestaat uit een doos met houders voor een lichtbron en zonnecellen samen met diverse andere platen en een deksel. De regelbare weerstand dient in de doos gemonteerd te worden, zie Fig. 2.2. Een van de drie aansluitpunten van de regelbare weerstand is verwijderd omdat enkel de twee andere aansluitpunten gebruikt moeten worden. Er zijn ook snoertjes met mini krokodillenklemmen. De twee zonnecellen (gemarkt met een serienummer en een letter A of B) hebben aansluitpunten op de achterkant. De twee zonnecellen zijn vergelijkbaar, maar kunnen enigszins verschillen. De twee multimeters zijn voorzien van aansluitpunten zodat ze specifiek als ampèremeter of voltmeter gebruikt kunnen worden, zie Fig. 2.3. Tijdens het experiment zal tenslotte gebruik gemaakt worden van een (optisch) plastic bakje waarin wat (drink)water uit het flesje gedaan kan worden.



Figuur 2.2 (a) Doos met lichtbron en regelbare weerstand. **(b)** De weerstand gemonteerd in de doos. Het kleine pinnetje op de regelbare weerstand past in het gaatje rechts naast de as.



Figuur 2.3 Multimeters zijn voorzien van aansluitpunten zodat ze als ampèremeter (**links**) of voltmeter (**rechts**) te gebruiken zijn. De multimeter kan aangezet worden door op 'POWER' te drukken (knop linksboven). De multimeter gaat vanzelf uit als deze een tijd niet gebruikt wordt. De multimeter kan gelijkstroom en gelijkspanning (=) en ook wisselstroom en wisselspanning (~). De inwendige weerstand van de voltmeter is 10 MΩ ongeacht het meetbereik. Het potentiaalverschil over de ampèremeter is 200 mV bij volledige uitlezing ongeacht het meetbereik. Als er buiten het meetbereik wordt gemeten zal er op de display een '1' te zien en zal er een groter meetbereik gekozen moeten worden. De 'HOLD' knop (rechtsboven) hoeft niet ingedrukt te worden, tenzij je een meting wilt 'vasthouden'.

WAARSCHUWING: *Gebruik de multimeter bij de zonnecellen niet als een ohmmeter omdat de meetstroom de zonnecellen kan beschadigen. Als je het meetbereik van de multimeter verandert, draai de knop dan voorzichtig. Controleer of er tijdens het meten een getal onder de decimale punt staat. Als de draaiknop niet goed staat, zal de multimeter niet meten, zelfs als er cijfers in de display staan.*

Opmerking: Verander de spanning van de voeding niet. Deze moet tijdens het gehele experiment 12 Volt zijn. (De voeding voor de LED lamp moet in het stopcontact (230 V ~) bij je tafel gestopt worden.)

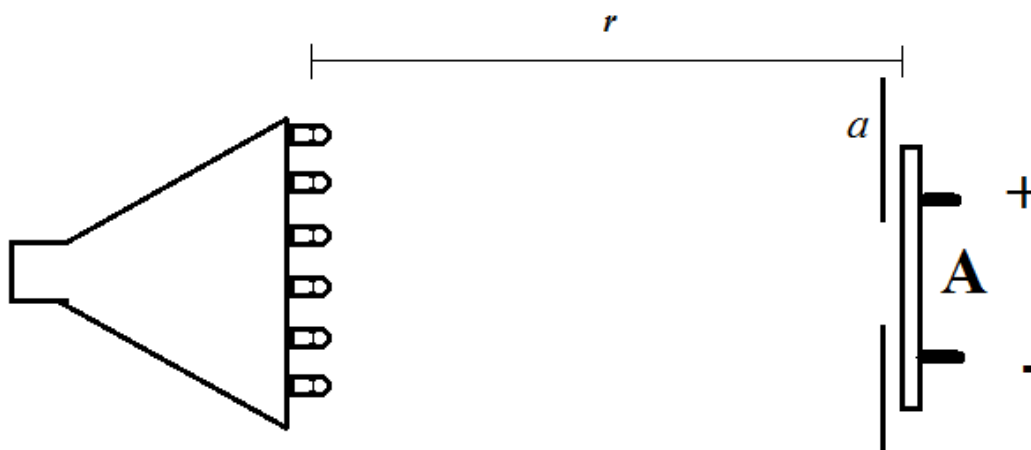
Opmerking: Foutendiscussie wordt alleen verwacht als er expliciet om gevraagd wordt.

Opmerking: Alle gemeten en berekende waarden moeten in SI eenheden gegeven worden.

Opmerking: Voor alle metingen van stroom en spanning tijdens dit experiment dient de LED lamp aan te staan.

2.1 De afhankelijkheid van de zonnecelstroom van de afstand tot de lichtbron

Voor dit onderdeel ga je de stroomsterkte I meten die door de zonnecel gegenereerd wordt als deze in een circuit gezet wordt met een ampèremeter en bepaal je hoe deze stroomsterkte afhangt van de afstand r tot de lichtbron. Het licht wordt geproduceerd *binnenin* de afzonderlijke LED's van de lichtbron. Zodoende moet de afstand gemeten worden zoals aangegeven in Fig. 2.4.



Figuur 2.4 Boven aanzicht van de opstelling voor onderdeel 2.1. Merk op dat de cirkelvormige opening a direct voor de zonnecel A is geplaatst. De afstand wordt gemeten vanaf het binnenste van de LED's tot het oppervlak van de zonnecel.

Verander het meetbereik van de ampèremeter tijdens de meting niet: de inwendige weerstand van de ampèremeter is afhankelijk van het meetbereik en heeft effect op de gegenereerde stroom van de zonnecel.

Noteer de serienummers van zowel de lichtbron als zonnecel A op je antwoordblad. Plaats de lichtbron in de U-vormige houder (de lichtbron past precies in de houder, dus plaats hem rustig in de houder). Plaats zonnecel A in de houder voor een enkele zonnecel (G) en plaats het samen met de cirkelvormige opening (H) in de doos. Plaats de cirkelvormige opening zo dicht mogelijk bij de zonnecel.

De stroom I als functie van de afstand r tot de lichtbron kan, als r niet te klein is, benaderd worden door

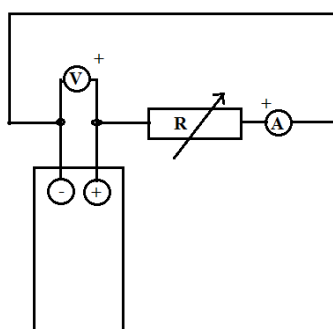
$$I(r) = \frac{I_a}{1 + \frac{r^2}{a^2}}$$

Hierin zijn I_a en a constanten.

2.1a	Meet I als functie van r en maak een tabel van je metingen.	1.0
2.1b	Bepaal de waarden van I_a en a door gebruik te maken van een geschikte grafische methode.	1.0

2.2 Karakteristiek van de zonnecel

Verwijder de cirkelvormige opening (H). Monteer de regelbare weerstand zoals aangegeven in Fig 2.2. Plaats de lichtbron in sleuf 0, zo ver mogelijk weg van de regelbare weerstand. Plaats zonnecel A in de houder voor een enkele zonnecel (G) (dus zonder de cirkelvormige opening) in sleuf nummer 10. Bouw de schakeling zoals weergegeven in Fig. 2.5 zodat je de karakteristiek van de zonnecel kan opmeten. Dit is de klemspanning U van de zonnecel als functie van de stroom I in het circuit bestaande uit zonnecel, regelbare weerstand en ampèremeter.



Figuur 2.5 Schakelschema om de karakteristiek in vraag 2.2 op te meten.

2.2a	Maak een tabel van bij elkaar horende metingen van U en I .	0.6
2.2b	Maak een grafiek van de spanning als functie van de stroom.	0.8

2.3 Theoretische karakteristiek van de zonnecel

Voor de zonnecellen in dit experiment wordt de stroom als functie van de spanning gegeven door vergelijking:

$$I = I_{\max} - I_0 \left(\exp \left(\frac{eU}{\eta k_B T} \right) - 1 \right)$$

Hierin zijn de parameters $I_{\max}$, I_0 en η constant bij een gegeven verlichtingssterkte. We nemen aan dat de temperatuur $T = 300$ K. De natuurconstanten e and k_B zijn resp. de elementaire lading en de constante van Boltzmann.

2.3a	Gebruik de grafiek van vraag 2.2b om $I_{\max}$ te bepalen.	0.4
------	---	-----

Van de parameter η mag worden aangenomen dat deze tussen 1 en 4 ligt. Voor bepaalde waarden van de spanning U kan de bovenstaande formule vereenvoudigd worden door:

$$I \approx I_{\max} - I_0 \exp \left(\frac{eU}{\eta k_B T} \right)$$

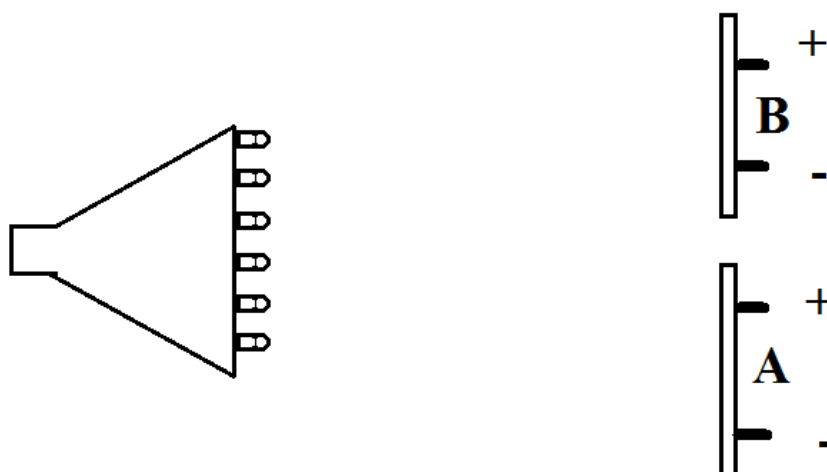
2.3b	Geef een schatting voor welk bereik in waarden van de spanning U de bovenstaande vereenvoudiging opgaat. Bepaal grafisch de waarden van I_0 en η voor jouw zonnecel.	1.2
------	---	-----

2.4 Maximale vermogen van een zonnecel

2.4a	Het maximale vermogen dat een zonnecel kan leveren aan het externe circuit wordt aangegeven met $P_{\max}$. Bepaal $P_{\max}$ van jouw zonnecel door enkele zinvolle metingen te verrichten. (Je mag enkele van je vorige metingen van vraag 2.2 gebruiken.)	0.5
2.4b	Bepaal de optimale belastingsweerstand R_{opt} . Dit is de totale externe weerstand als de zonnecel het maximale vermogen levert aan R_{opt} . Geef je antwoord met foutenmarge en licht je antwoord toe met geschikte berekeningen.	0.5

2.5 De zonnecellen vergelijken

Plaats beide zonnecellen (A en B) in de houder voor twee zonnecellen (I) en plaats het geheel in sleuf nummer 15, zie Fig. 2.6.

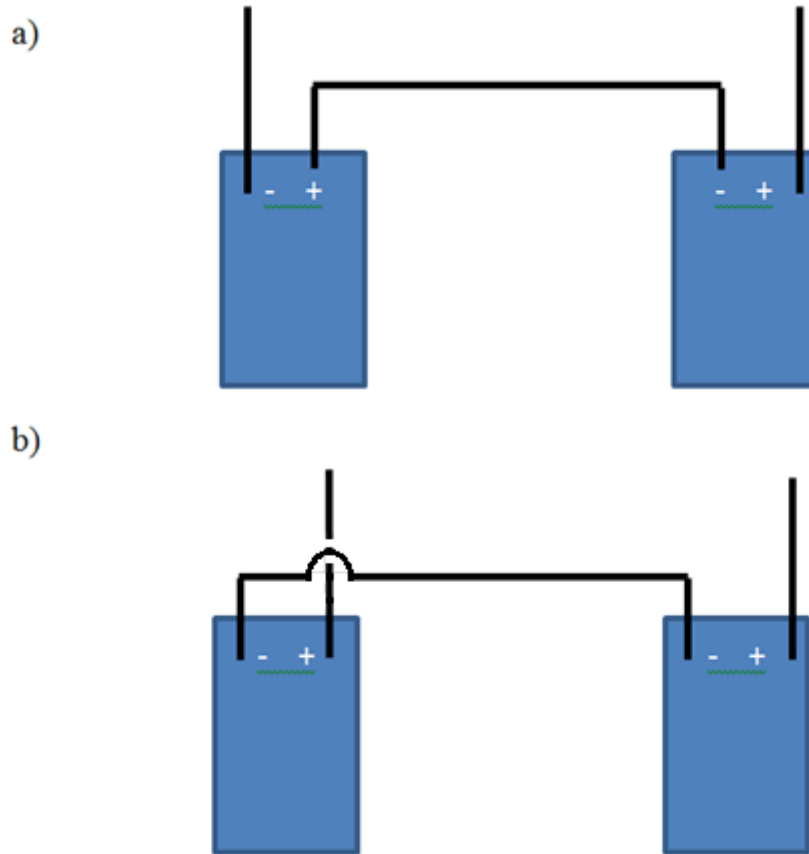


Figuur 2.6 Boven aanzicht van de lichtbron en zonnecellen in vraag 2.5.

2.5a	Meet voor de gegeven verlichtingssterkte: - De maximale spanning U_A welke gemeten kan worden over zonnecel A. - De maximale stroomsterkte I_A welke gemeten kan worden door zonnecel A. Doe hetzelfde voor zonnecel B.	0.5
2.5b	Teken de gebruikte schakelschema's. Geef hierin duidelijk de bedrading van de zonnecel en de meters aan.	0.3

2.6 Koppelingen van zonnecellen

De twee zonnecellen kunnen op twee manieren in serie geschakeld worden, zoals in Fig. 2.7 is aangegeven. Zo zijn er ook twee manieren om ze parallel te schakelen (dit is niet weergegeven in de figuur).

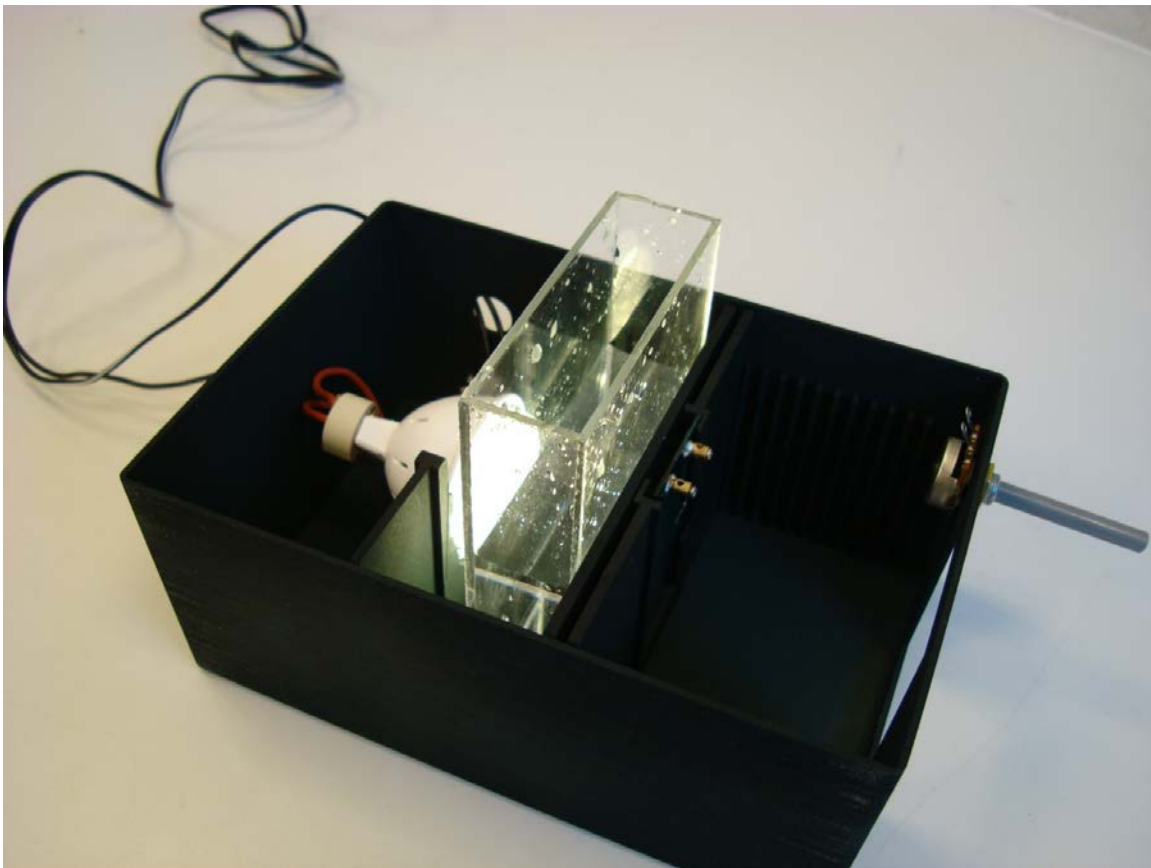


Figuur 2.7 Twee manieren om de zonnecellen in serie te schakelen, voor vraag 2.6. De twee manieren om de zonnecellen parallel te schakelen is niet weergegeven.

2.6	Bepaal welke van de vier mogelijke koppelingen van de twee zonnecellen het grootst mogelijke vermogen in het externe circuit geeft als een van de zonnecellen is afgedekt met de afdekplaat (J in Fig. 2.1). Hint: Je kan het maximale vermogen redelijk benaderen door rekenen met de maximale spanning en de maximale stroom. Teken het bijbehorende schakelschema.	1.0
-----	---	-----

2.7 Het effect van de plastic bakje (groot cuvet) op de zonnecel stroom

Plaats de lichtbron in de doos en plaats zonnecel A in de houder voor een enkele zonnecel (G) met de cirkelvormige opening er direct voor. Zorg dat er ongeveer 50 mm tussen de zonnecel en de lichtbron in zit. Plaats het lege plastic bakje (N) tegen de cirkelvormige opening aan, zoals te zien is in Fig. 2.8.



Figuur 2.8 Experimentele opstelling voor vraag 2.7.

2.7a	Meet de stroomsterkte I nu als functie van de waterhoogte h in het plastic bakje, zie Fig. 2.8. Maak een tabel van je metingen en maak een grafiek.	1.0
2.7b	Verklaar enkel met tekeningen en symbolen waarom de grafiek de door jou gevonden vorm heeft.	1.0

Plaats de lichtbron en zonnecel A (in de houder voor een enkele zonnecel (G)) zodanig in de doos dat de afstand tussen beide zo groot mogelijk is. Plaats de cirkelvormige opening zo dicht mogelijk bij de zonnecel.

2.7c	Doe met deze opstelling het volgende: - Meet de afstand r_1 tussen de lichtbron en de zonnecel en de stroomsterkte I_1 . - Plaats het lege plastic bakje vlak voor de cirkelvormige opening en meet de stroomsterkte I_2 . - Vul het bakje tot bijna aan de rand met water en meet de stroomsterkte I_3 .	0.6
2.7d	Gebruik je metingen van 2.7c om een waarde voor de brekingsindex van water n_w te vinden. Licht toe wat voor methode je gebruikt, ondersteund door tekeningen en vergelijkingen. Je mag eventueel extra metingen verrichten.	1.6

Studentnummer (1-5)

--

[illegible]

2.2b	Teken nu de grafiek van V als functie van I van de zonnecel. De grafiek moet worden bijgevoegd.	0.8
2.3a	Stroomsterkte $I_{\max} =$ Berekening en grafiek moeten worden bijgevoegd.	0.4
2.3b	Bereik van spanning U : Stroomsterkte $I_0 =$ Berekening en grafiek moeten worden bijgevoegd.	1.2
2.4a	Vermogen $P_{\max} =$ Bepaling moet worden bijgevoegd.	0.5
2.4b	Weerstand $R_{\text{opt}} \pm \Delta R_{\text{opt}} =$ Je methode en berekening moet worden bijgevoegd.	0.5
2.5a	$U_A =$ $U_B =$	0.5
2.5b	Teken de gebruikte schakelschema's van je stroomkringen. Geef duidelijk de bedrading van de zonnecellen en de multimeters aan. Tekeningen moeten worden bijgevoegd.	0.3
2.6a	Bepaal welke van de vier mogelijke koppelingen van de twee zonnecellen het grootst mogelijke vermogen in het externe circuit geeft als één van de zonnecellen is afgedekt met de afdekplaat (J in Fig. 2.1). Teken het bijbehorende schakelschema. Tekening en bepaling moeten worden bijgevoegd.	1.0

2.7a	Meet de stroomsterkte I , nu als functie van de waterhoogte h in het plastic bakje, zie Fig. 2.8. Maak een tabel van de metingen en teken een grafiek.			1.5
	Tabel van I als functie van h .			
	Grafiek moet worden bijgevoegd			
2.7b	Leg uit, met alleen tekeningen en symbolen, waarom de grafiek de door jou gevonden vorm heeft. Tekeningen en symbolen moeten worden bijgevoegd			0.5
2.7c	Afstand $r_1 =$ Stroomsterkte $I_1 =$ Stroomsterkte $I_2 =$ Stroomsterkte $I_3 =$			0.6
2.7d	Brekingsindex $n_w =$ Tekeningen en berekeningen moeten worden bijgevoegd			1.6
	Totaal			12.0