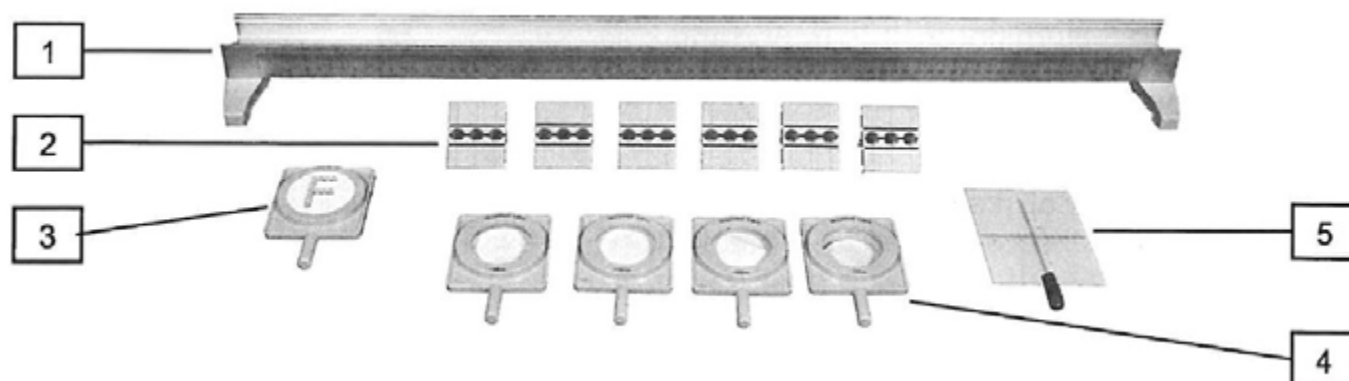


112115

OPTISCHE BANK NIEUWE UITVOERING

Handleiding & activiteitengids



Figuur 1

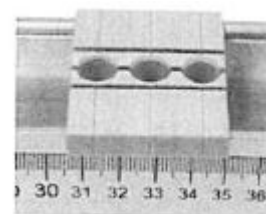
BESCHRIJVING

De Inleidende Optische Bench Set (OBSET4) is een handige en op zichzelf staande verzameling optische elementen voor de bestudering van elementaire lenseigenschappen en toepassingen. De inhoud van de set is weergegeven in *Figuur 1* hierboven.

De optische bank (1) is een aluminium extrusie met kunststof voetjes en een bedrukte millimeter schaal van 72 cm lang. De optische onderdelen zijn gemonteerd op kunststof ruiters (2). Elk van de zes ruiters kan tot drie onderdelen dragen. Het verlichte object (3) heeft 13 groene LED's die een "F" vormen. Het wordt gevoed door twee AAA batterijen die aan de achterkant van de behuizing van het object zijn gemonteerd.

Vier lenzen (4) met een diameter van 50 mm worden meegeleverd. De brandpuntsafstanden zijn +100mm, +150mm, +200mm, en -150mm. Een ondoorzichtig scherm (5) draagt horizontale en verticale millimeterschalen.

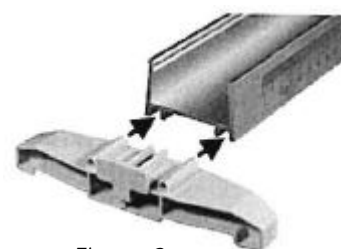
De ruiters worden aan de bank bevestigd door ze op de bank te plaatsen, waarbij de groeven aan de onderzijde van de ruiters in de bovenzijde van de rail grijpen. Zij schuiven gemakkelijk wanneer geen element is aangebracht. Door de stang van een optisch element in een van de drie axiale gaten te duwen, wordt de ruiters gespreid en wordt de wrijving tussen ruiters en element vergroot, waardoor ze op hun plaats worden gehouden. Elk van de drie ondersteuningsgaten heeft een referentielijn voor het aflezen van de positie van het element (*Figuur 2*).



Figuur 2

De plastic voetjes voor de optische bank worden los meegeleverd. Zij moeten op elk uiteinde van de bank worden gemonteerd alvorens deze te gebruiken.

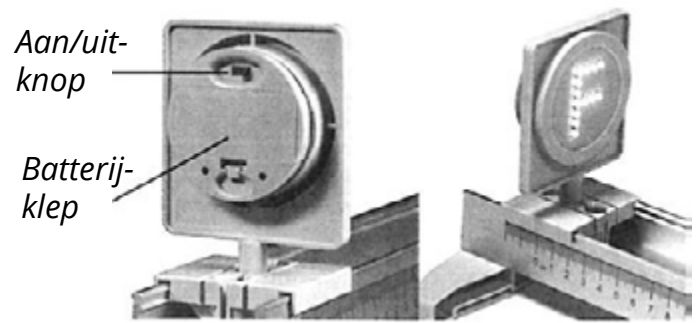
Figuur 3 toont hoe de gespleten stangen aan de bovenzijde van de poten in de ronde kanalen aan de onderzijde van de bank passen. De stangen zijn opzettelijk nauwsluitend voor een permanente bevestiging.



Figuur 3

Het "F"-belichtingstoestel is afgebeeld in figuur 4. Het belichtingstoestel gebruikt twee AAA-formaat batterijen (meegeleverd), ondergebracht aan de achterzijde van het belichtingstoestel. De batterijdeur heeft een plastic sluiting op de onderste rand. Bij het vervangen van de batterijen moet u de juiste polariteit in acht nemen (aangegeven aan de binnenkant van het batterijvak).

De AAN/UIT-schakelaar bevindt zich boven de batterijklep.

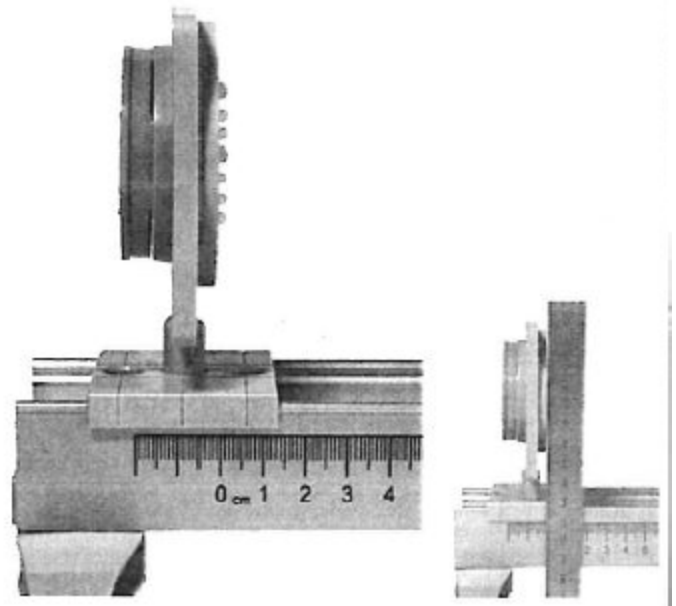


Figuur 4a

Bij gebruik van het belichtingstoestel F is het belangrijk op te merken dat de leds die de "F" vormen, niet op één lijn liggen met het midden van de steunstang (zie Figuur 4b).

Bij metingen van afstanden met behulp van de meetschaal ontstaat hierdoor een fout, tenzij deze wordt gecompenseerd door de stand van het belichtingstoestel aan te passen.

Als het belichtingstoestel zich bijvoorbeeld op de "0"-markering van de schaal moet bevinden voor metingen, moet de ruiter naar achteren worden verplaatst tot de voorzijde van de LED-behuizing zich op de "0"-markering bevindt. Om dit te bereiken kan een liniaal worden gebruikt, zoals afgebeeld. Dan kan "0" worden gebruikt als de positie van het belichtingstoestel, en de referentiemarkeringen zijn niet bruikbaar. (het verschil is ongeveer 9 mm)



Figuur 4b

EXPERIMENTVOORBEELDEN

Voor elk experiment is een ray-diagram van de optische opstelling bijgevoegd om de betrokken beginselen uit te leggen en de in de vergelijkingen gebruikte grootheden te definiëren.

De gebruikte symbolen zijn f voor de brandpuntsafstand van een lens, u voor de afstand van het voorwerp tot het optisch element, en v voor de beeldafstand. De lensformule:

$$1/u + 1/v = 1/f$$

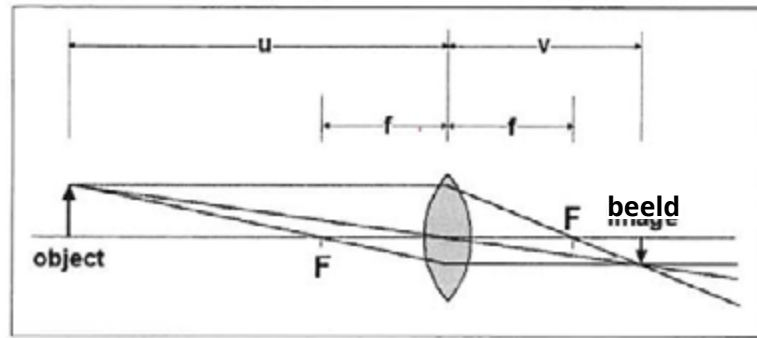
zal nodig zijn in de meeste experimenten.

Er zijn ook illustraties van de opstelling opgenomen om de studenten te helpen de optische elementen snel op de bank te plaatsen. De gegeven posities voor de elementen zijn uitgangspunten, geen resultaten. De afstelbereiken zijn aangegeven.

1. Brandpuntsafstand van een convexe lens

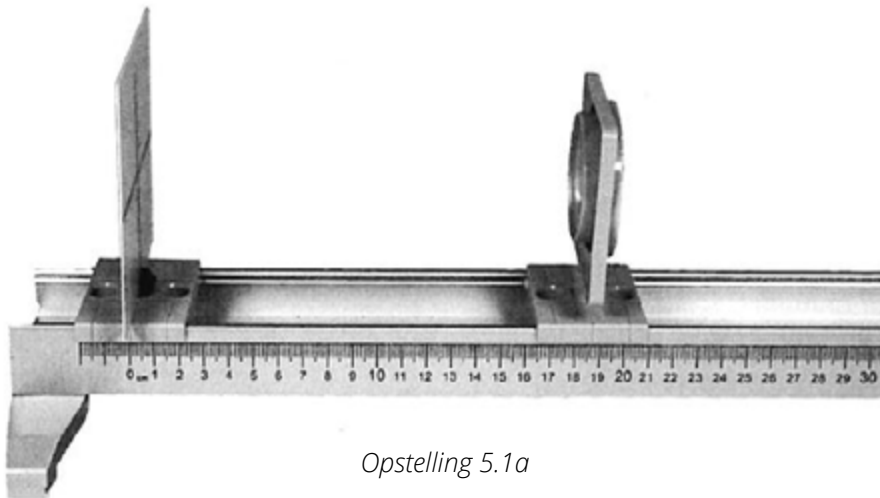
Figuur 5.1 toont het straaldiagram van de vorming van een reëel beeld door een bolle lens.

De brandpuntsafstand van de lens zal worden gevonden door een scherp reëel beeld te vormen, u en v te meten, en f te berekenen uit de formule van de lens. Er worden twee versies van deze procedure beschreven.



Figuur 5.1

1a. De methode van het verre voorwerp

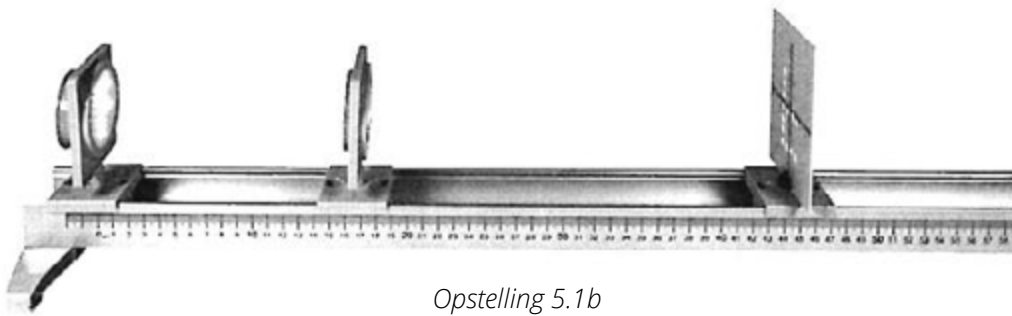


Opstelling 5.1a

Bij deze methode wordt een verafgelegen object gekozen om te worden afgebeeld, gewoonlijk een buitenobject zoals een boom die door een raam wordt bekeken, zodat u zeer groot is en $1/u = 0$ is een goede benadering. Dit betekent dat $0 + 1/v = 1/f$, en dus $v = f$. De methode is snel, maar slechts matig accuraat.

- Stel de optische opstelling op zoals aangegeven in *Opstelling 5.1a*, met gebruikmaking van de "+100" convexe lens.
- Plaats het ondoorzichtige scherm op 0 cm van de optische bank en de bolle lens ergens tussen 17-23 cm.
- Zoek een helder object in de verte door een geschikt raam en richt de optische bank erop.
- Pas de positie van de lens op de bank aan om een scherp beeld van het verre voorwerp op het ondoorzichtige scherm te verkrijgen en noteer de positie van de bolle lens wanneer dit is bereikt.
- Bereken de beeldafstand v , die in dit geval gelijk is aan de brandpuntsafstand f .
- Merk op dat het reële beeld omgekeerd is ten opzichte van het object, zoals aangegeven door het stralenplan

1b De object- en beeldmethode



Opstelling 5.1b

Bij deze methode wordt een verlicht voorwerp op de bank geplaatst en wordt een reëel beeld gevormd op een scherm. De afstanden tussen het voorwerp en het beeld worden gemeten en de brandpuntsafstand wordt berekend met behulp van de lenzenformule.

- Stel de optische opstelling op zoals afgebeeld in schema 5.1b, met het belichtingstoestel op "0", de "+100" convexe lens op 15-17 cm, en het scherm op ongeveer 50 cm.
- Tuimel het belichtingstoestel aan en bekijk het beeld op het scherm.
- Pas de positie van het scherm aan tot het scherpste beeld wordt verkregen.
- Noteer de posities van het object, de lens en het scherm en bereken de object- en beeldafstanden u en v . Gebruik de lenzenformule om f te berekenen.
- Verplaats de lens naar verschillende posities op de bank en herhaal de metingen om verschillende schattingen voor de waarde eraf te verkrijgen.
- Herhaal de procedure voor de "+150" convexe lens en let op de verschillende lengte van de totale optische opstelling.

2 Virtueel beeld van een convexe lens

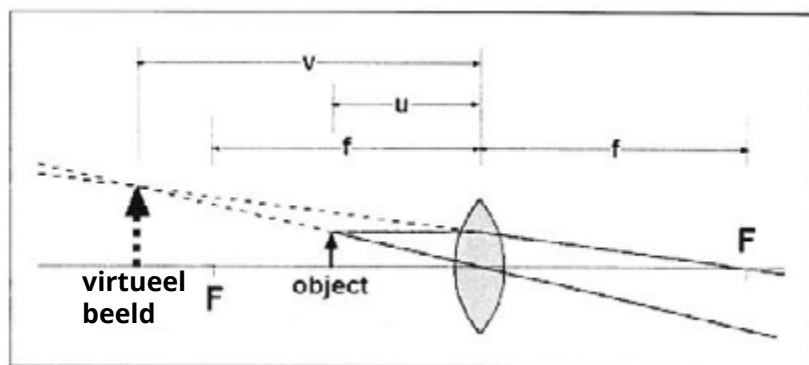
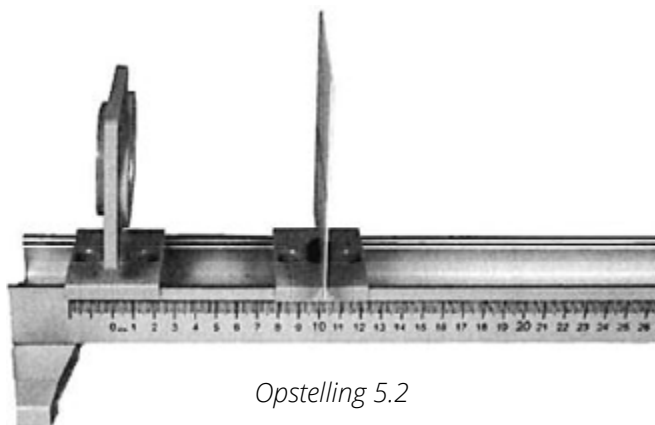


Diagram 5.2

Als een voorwerp zich dichterbij een bolle lens bevindt dan de brandpuntsafstand, kan geen echt beeld worden gevormd. Er kan echter wel een vergroot, rechtopstaand virtueel beeld worden waargenomen. *Diagram 5.2* toont de stralenpaden voor de vorming van een virtueel beeld.

- Stel de optische opstelling op zoals aangegeven in *Opstelling 5.2*, met de "+100" convexe lens op "0" en het scherm op ongeveer 10 cm, met de schalen naar de lens gericht.
- Bekijk het voorwerp door de lens zoals afgebeeld en noteer de schijnbare grootte van het beeld.



Opstelling 5.2

- Pas de stand van de lens aan om het effect daarvan op de schijnbare grootte van het beeld en het bereik van de posities waarbij het beeld helder is, te onderzoeken. Onderzoek ook het effect van het veranderen van de kijkafstand.
- Herhaal de procedure voor de andere meegeleverde convexe lenzen, "+150" en "+200"

3 Vergroting van een reël beeld gevormd door een bolle lens

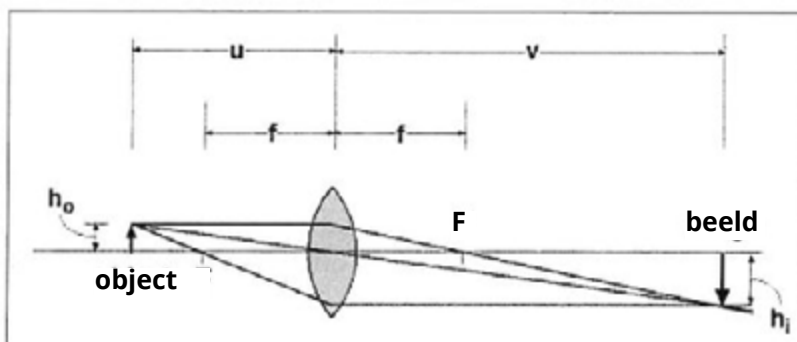


Diagram 5.3

De vergroting M van een lenzenstelsel is gedefinieerd als de verhouding tussen de beeldhoogte, h_i , en de voorwerpshoogte, h_o . Meetkundig kan worden aangetoond dat

$$M = h_i / h_o = v / u$$

Dit experiment zal de vergroting van een echt beeld meten en dat verband verifiëren. Naast de optische bankenset is een liniaal met een metrische schaalverdeling nodig.

- Stel de optische opstelling op zoals aangegeven in *Opstelling 5.3*:



Opstelling 5.3

- Het belichtingstoestel bevindt zich op de "0" en de "+150" convexe lens op 21 - 25 cm, en het scherm op ongeveer 65 cm.
- Schakel het belichtingstoestel in en bekijk het beeld op het scherm.

- Pas de positie van het scherm aan tot het scherpste beeld wordt verkregen.
- Noteer de posities van het object, de lens en het scherm en bereken de object- en beeldafstanden u en v . Bereken de theoretische vergroting M als v/u .
- Meet met een metrische liniaal de hoogte van het "F"-object op het belichtingstoestel. Noem het h_o .
- Meet de hoogte van het beeld met behulp van de schermschaal. Noem de hoogte h_i .
- Bereken $M = h_i/h_o$ en vergelijk deze met de waarde die bij de eerste metingen is verkregen.
- Verplaats de lens naar verschillende posities op de bank en herhaal de metingen om schattingen voor verschillende waarden van M te verkrijgen.
- Herhaal de procedure voor de "+100" convexe lens.



4 Brandpuntafstand van een holle lens (OPTIONEEL)

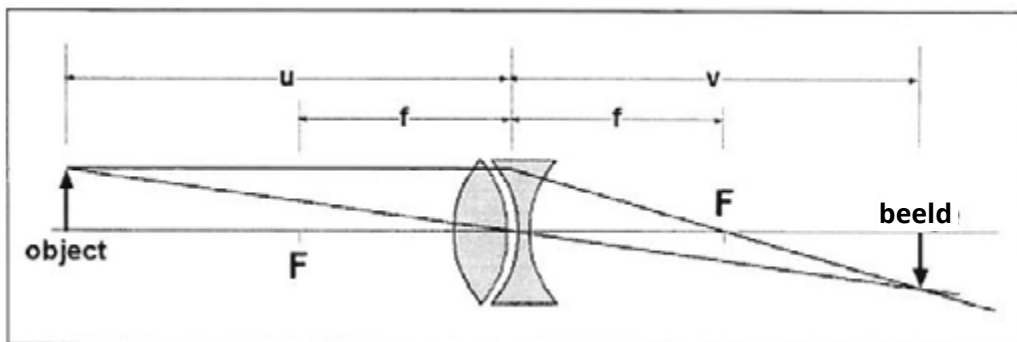


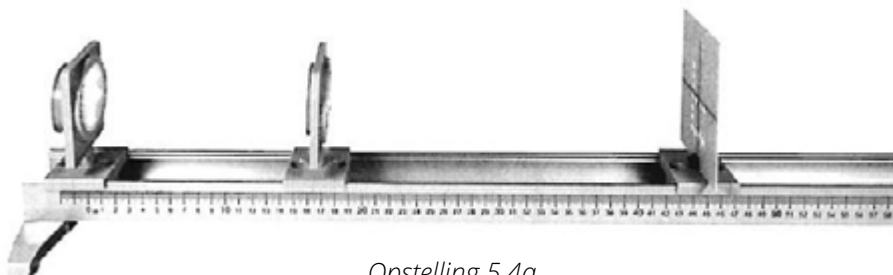
Diagram 5.4

Een holle lens buigt lichtstralen af en kan geen echt beeld vormen. Om de brandpuntsafstand, h , te meten, is het een handige methode om deze lens te combineren met een bolle lens met een kortere brandpuntsafstand, f_1 , om een samengestelde lens te vormen die nog steeds convergeert en een echt beeld kan vormen, zoals in diagram 5.4 is weergegeven. Door deze gecombineerde brandpuntsafstand, f , en de brandpuntsafstand van de convexe lens alleen te meten, kan de brandpuntsafstand van de holle lens worden berekend met behulp van de formule voor de brandpuntsafstand van een samengestelde lens:

$$1/f = 1/f_1 + 1/f_2$$

Bepaling van de brandpuntafstand van de bolle lens alleen:

- Stel de optische opstelling op zoals aangegeven in *Opstelling 5.4a*, met het belichtingstoestel op "0", de "+100" convexe lens op 15 - 17 cm, en het scherm op ongeveer 50 cm.

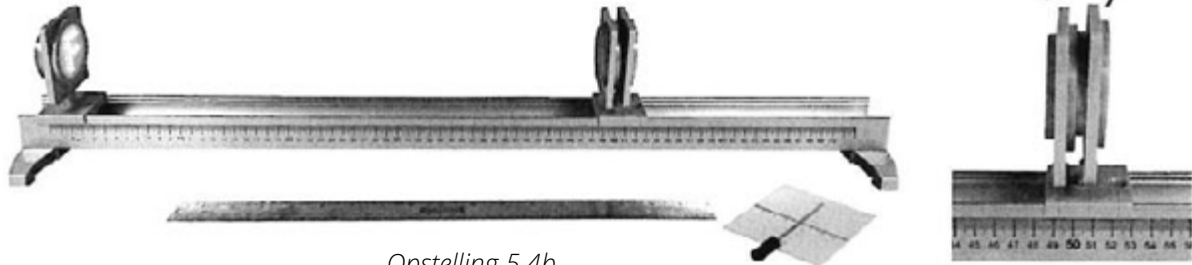


Opstelling 5.4a

- Schakel het belichtingstoestel aan en bekijk het beeld op het scherm.
- Pas de positie van het scherm aan tot het scherpste beeld wordt verkregen.

- Noteer de posities van het object, de lens en het scherm en bereken de object- en beeldafstanden u en v . Bereken de brandpuntsafstand f_1 met behulp van de formule voor lenzen.
- Herhaal de meting voor verschillende posities van de bolle lens om een aantal waarden voor f_1 te verkrijgen en neem het gemiddelde van de resultaten.

Bepaling van de brandpuntsafstand van de bolle lens alleen:



- Voeg de holle lens toe aan de opstelling, zo dicht mogelijk bij de bolle lens, zoals getoond in *Opstelling 5.4b*. Merk op dat de effectieve positie van de lens nu het midden van de twee-lens combinatie is, zodat de te gebruiken positie halverwege tussen de twee referentiemarkertekens ligt ("50.0" cm in de bovenstaande voorbeeldafbeelding)
- Zet de gecombineerde lenzen op ongeveer 50 cm.
- Het gecombineerde lensstelsel is slechts zwak convergerend, zodat de lengte van het scherpgestelde systeem veel groter is - meer dan de lengte van de bank - zodat de schermpositie voor een scherp beeld voorbij het uiteinde van de bank ligt.
- Bepaal de nieuwe positie van het scherpste beeld door het scherm voorbij de bank te houden en de afstand tot de lenscombinatie aan te passen.
- Wanneer u het scherpste beeld hebt gevonden, houdt u het scherm stil in die positie. (Het is handig om iets te gebruiken om het scherm vast te houden, zoals een balletje boetseerlei, in plaats van te proberen het stil te houden.)
- Meet de nieuwe waarde van u op de weegschaal
- Om de nieuwe waarde van v te meten, gebruikt u een metrische liniaal om de afstand van het scherm voorbij het einde van de bankschaal te bepalen en telt u die afstand op bij de afstand van de lenscombinatie vanaf het einde van de bankschaal.
- Bereken de brandpuntsafstand f van de gecombineerde lens met behulp van de lensformule.
- Herhaal de meting voor verschillende posities van de gecombineerde lens en neem het gemiddelde van de resulterende waarden van f .
- Gebruik de beschikbare gecombineerde lenzenformule $1/f_2 = 1/f - 1/f_1$ om de brandpuntsafstand van de holle lens te berekenen, f_2 . (Merk op dat de brandpuntsafstanden van holle lenzen conventioneel negatieve waarden zijn).

5 Parallax

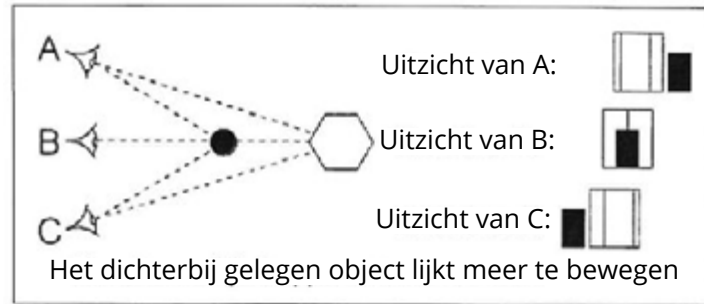
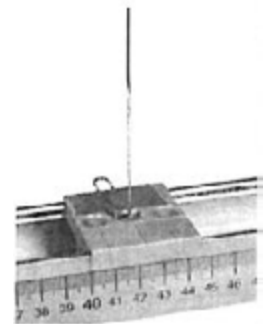


Diagram 5.5

Wanneer twee voorwerpen op verschillende afstanden door een waarnemer worden bekeken, hangt hun schijnbare relatieve positie af van het gezichtspunt van de waarnemer. *Diagram 5.5* laat zien hoe twee objecten op drie verschillende posities er voor een waarnemer uitzien. Het linker deel van het diagram toont het bovenaanzicht en de werkelijke posities van de objecten. Als het oog van de waarnemer van A naar C beweegt, lijken beide voorwerpen te bewegen, maar het dichterbij staande voorwerp lijkt meer te bewegen. Dit verschijnsel wordt parallax genoemd. De enige situatie waarin de twee hemellichamen niet ten opzichte van elkaar lijken te bewegen, is wanneer zij zich beide op dezelfde afstand van de waarnemer bevinden. In dat geval lijken ze samen te bewegen. Parallax kan worden gebruikt om de posities van afbeeldingen te bepalen door tegelijkertijd naar de afbeelding en een beweegbare marker te kijken en de positie van de marker te vinden waar ze samen lijken te bewegen.

- Maak een beweegbare markeerstift door een deel van een grote paperclip recht te trekken om een verticale "staaf" en een geluste "voet" te maken, zoals rechts afgebeeld, en deze met plakband aan een ruiter vast te maken zodat de verticale "staaf" precies in het midden van de ruiter staat (zodat u de referentielijn kunt gebruiken om de positie van de "staaf" te meten).
- Stel de optische opstelling op zoals afgebeeld in *Opstelling 5.5*, met het belichtingstoestel op "0", de "+100" convexe lens op 21-25 cm, en de marker op ongeveer 45 cm.



Opstelling 5.5



- Schakel het belichtingstoestel aan.
- Ergens tussen de lens en het uiteinde van de bank zal een echt beeld van het voorwerp worden gevormd.
- Bekijk de opstelling vanaf het einde van de optische bank voorbij de marker, beweeg uw hoofd van links naar rechts en kijk of het beeld of de marker meer lijkt te bewegen.
- Pas de positie van de marker aan tot u een positie vindt waar het beeld en de marker als een geheel lijken te bewegen.
- Houd het scherm naast de marker (van opzij, tegen de marker aan) en bevestig dat op dat punt een scherp, echt beeld verschijnt.

6 De astronomische (brekings)telexcoop

Een astronomische telescoop wordt gebruikt om een groter beeld van een ver object (maan, planeet, ster) waar te nemen dan met het blote oog kan worden verkregen. Het virtuele beeld dat in het oculair te zien is, is alleen groter dan het direct waargenomen beeld, niet groter dan het object zelf. Een convexe lens met lange brandpuntsafstand wordt gebruikt om een verkleind, omgekeerd, reëel beeld te vormen van het verre voorwerp dicht bij het brandpunt van de lens. Dit beeld wordt bekeken door een convexe lens met een korte brandpuntsafstand om een vergroot, omgekeerd, virtueel beeld van het object te vormen. De stralenpaden zijn weergegeven in *Diagram 5.6*.

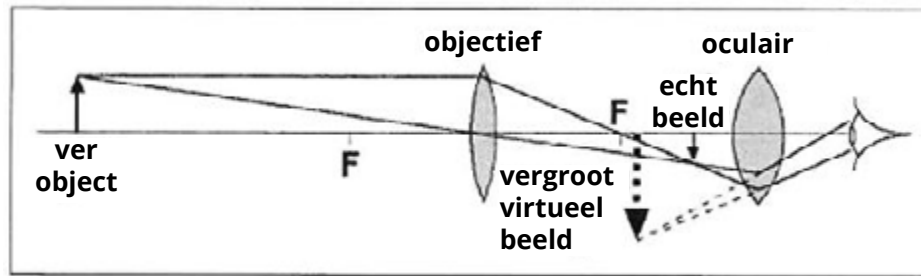


Diagram 5.6

- Stel de optische opstelling in zoals getoond in *Opstelling 5.6* met gebruikmaking van de "+100" en "+200" convexe lenzen, met de "+100" lens (het oculair) op "O" en de "+200" lens (het objectief) op ongeveer 30 cm



Opstelling 5.6

- Houd het oculair dicht bij uw oog en richt de bank door een geschikt raam op een verafgelegen, goed verlicht voorwerp, zoals een boom.
- Pas de positie van de objectieflens aan totdat u een duidelijk beeld krijgt van het object in de verte.
- Let op de schijnbare grootte van het omgekeerde beeld, kijk dan rechtstreeks naar het object en zie dat het kleiner lijkt. De vergrotingskracht van de refractietelescoop wordt gegeven door de verhouding tussen de brandpuntsafstand van het objectief en de brandpuntsafstand van het oculair. In dit geval is de waarde ongeveer 2.
- Vervang de objectieflens door de "+150" lens.
- Kijk opnieuw naar het object in de verte en stel het objectief zo in dat een scherp beeld wordt verkregen. Er zal een grote verandering optreden in de stand van het objectief die nodig is voor een scherp beeld (Waarom?) De vergrotingsfactor is nu ongeveer 1,5. Let op de verandering van het gezichtsveld en de beeldkwaliteit

7 De Galileï-telescoop

De Galileï-telescoop, die oorspronkelijk was ontworpen voor de astronomie, wordt nu gebruikt voor aardse waarnemingen. Zijn compacte lengte maakt hem bruikbaar voor gebruiksvoorwerpen zoals operabrillen en eenvoudige verrekijkers. De stralenpaden zijn weergegeven in *Opstelling 5.7*. Net als bij de astronomische telescoop kan een convexe objectief met een lange brandpuntsafstand een reëel, omgekeerd beeld vormen van een verafgelegen object (bij "P.E.B." - Positie van het Reële Beeld in *Diagram 5.7*). Een concaaf objectief wordt echter dicht bij het objectief geplaatst dan het reële beeld (dat wil zeggen, op minder dan v afstand.) Dit oculair onderschept de lichtstralen op hun weg naar het reële beeld en verspreidt ze, zodat het reële beeld nooit wordt gevormd. In plaats daarvan kan een rechtopstaand virtueel beeld worden waargenomen dat groter lijkt dan het object in de verte.

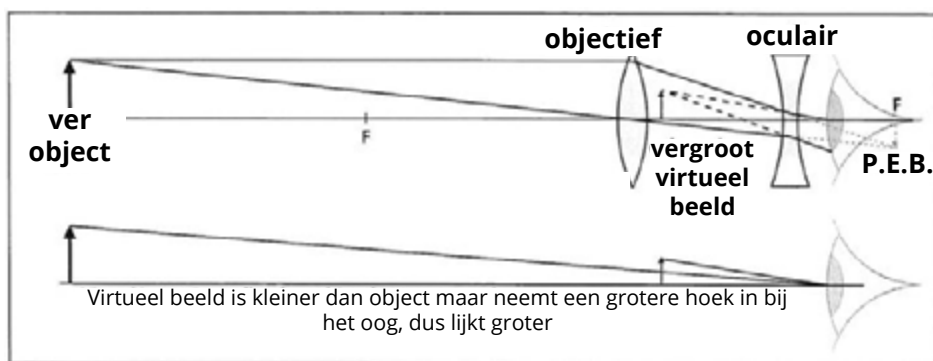
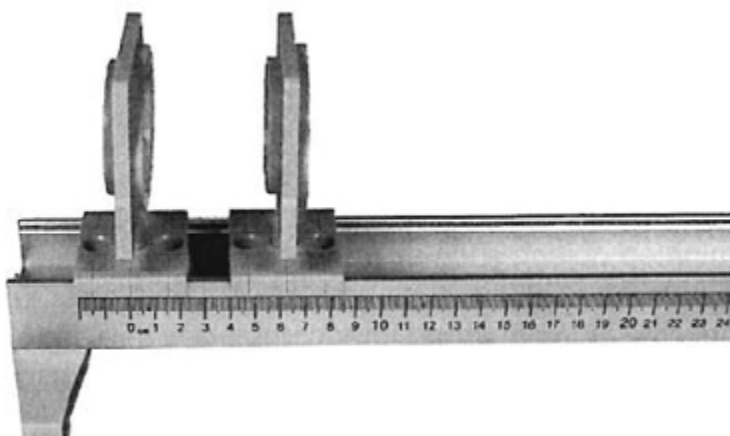


Diagram 5.7

- Stel de optische opstelling op zoals in *Opstelling 5.7* met de "+200" convexe lens en de "-150" concave lens, met de "50" lens (het oculair) op "0" en de "+200" lens (het objectief) op ongeveer 10 cm.



Opstelling 5.7

- Houd het oculair dicht bij uw oog en richt de bank door een geschikt raam op een verafgelegen, goed verlicht voorwerp, zoals een boom.
- Pas de positie van de objectieflens aan totdat u een duidelijk beeld krijgt van het object in de verte.
- Let op de schijnbare grootte van het rechtopstaande beeld, kijk dan rechtstreeks naar het object en merk op dat het kleiner lijkt. De vergrotingskracht van de refractietelescoop wordt gegeven door de verhouding tussen de brandpuntsafstand van het objectief en de brandpuntsafstand van het oculair. In dit geval is de waarde ongeveer 1,3.
(Een hogere vergroting zou een langere objectieffocus, een kortere oculairfocus of beide vereisen).

8 De samengestelde microscoop

Een samengestelde microscoop wordt gebruikt om een vergrote afbeelding van een klein dichtbij gelegen voorwerp waar te nemen. Een convexe lens met korte brandpuntsafstand vormt een vergroot, omgekeerd reëel beeld van het voorwerp, en een tweede convexe lens, het oculair, wordt gebruikt om een verder vergroot virtueel beeld van het reële beeld waar te nemen. De trajecten van de stralen zijn weergegeven in *Diagram 5.8*. Het virtuele beeld is niet alleen groter dan het oog rechtstreeks kan waarnemen, het is ook groter dan het voorwerp zelf.

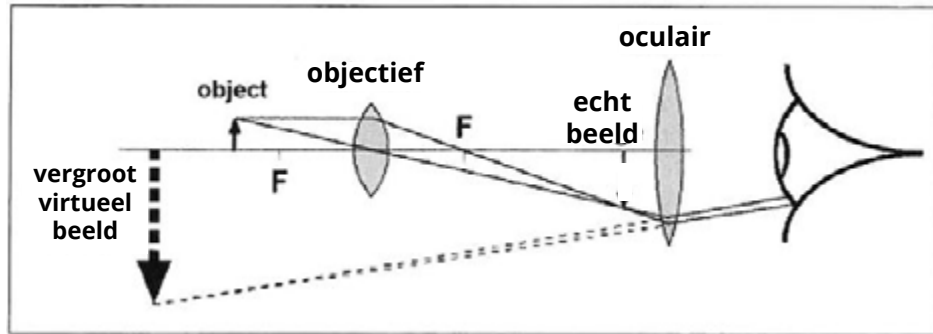


Diagram 5.8

- Stel de optische opstelling op zoals afgebeeld in *Opstelling 5.8a*, met het belichtingstoestel op "0", de "+100" convexe lens op 25 cm, het scherm op ongeveer 60 cm en de "+150" convexe lens op 70 cm.



Opstelling 5.8a

- Schakel het belichtingstoestel aan en pas de positie van het scherm aan om een scherp beeld te verkrijgen. Meet en noteer v , de afstand van het beeld tot de lens "+100".
- Schakel het belichtingstoestel uit en verwijder het, waarbij de ruiter op zijn plaats blijft. Plaats het scherm op de ruiter die zojuist het belichtingstoestel vasthield, zoals getoond in *Opstelling 5.8b*.



Opstelling 5.8b

- Bekijk het scherm door de oculairlens met uw oog ongeveer 10 cm van de lens en gecentreerd - de positie van het oog is belangrijk voor een goed zicht op het beeld.
- U moet een groot, duidelijk omgekeerd beeld van het voorwerp zien. (Pas zo nodig de stand van de objectieflens aan)
- De vergroting M van een samengestelde microscoop wordt gegeven door de verhouding:

$$M = 25v/(f_e \cdot f_o)$$

waarbij f_e en f_o de brandpuntsafstanden van respectievelijk het oculair en de objectieflens zijn. Bereken met behulp van uw waarde van v en de brandpuntsafstanden van de objectieven, bepaald in eerdere experimenten, M voor uw microscoop.

- Vervang de "+150" convexe lens door de "+200" convexe lens zonder de posities van de ruiters te wijzigen. Bekijk het scherm opnieuw zoals voorheen. Wat is er veranderd? Waarom?
- Probeer de twee bolle lenzen te verwisselen en vind nieuwe posities voor het objectief en de lens om als samengestelde microscoop te werken. Waarom werd de oorspronkelijke configuratie gekozen?

ONDERHOUD EN OPSLAG

De onderdelen van de OBSET4 vereisen geen speciaal onderhoud, afgezien van de occasionele vervanging van de AAA-batterijen in het belichtingstoestel, zoals beschreven op pagina 2.

Gebruik voor het schoonmaken van de onderdelen alleen een zachte doek. Gebruik geen oplosmiddelen, aangezien deze de kunststof oppervlakken kunnen beschadigen.

Bewaar de set op een schone, droge plaats, uit de buurt van extreme temperaturen en zonlicht. Dek de set af als u hem opbergt om opeenhoping van stof te voorkomen.

COPYRIGHTVERMELDING

Deze OBSET4 Inleidende handleiding voor werking en experimenten van de Optische Bank Set is auteursrechtelijk beschermd en alle rechten zijn voorbehouden. Toestemming wordt verleend aan alle non-profit onderwijsinstellingen om zo veel exemplaren van dit werk te maken als zij nodig hebben zolang het voor het enige doel is om studenten te onderwijzen. Reproductie van dit werk door wie dan ook voor enig ander doel is verboden.