

Blok 7 | Optika (1)



Blok 7 Optika 1

Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
Maak je eigen kamera	5
P 1. Licht, schaduw en spiegels	7
P 2. De kamera	9
P 3. De lens	11
T 1. Licht, schaduw en spiegels	13
T 2. De kamera	14
T 3. De lens	16
W 1. Licht, schaduw en spiegels	17
W 2. De kamera	17
W 3. De lens	18

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken is:
P 1, T 1, W 1, P 2, T 2, W 2, P 3, T 3, W 3.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. De begrippen die je bent tegengekomen in dit blok	20
H 2. De eigenschappen van de lens	22
H 1. Antwoordblad	24
H 2. Antwoordblad	25

Hieronder staan de extra stof bladen, die je kunt doen na dit blok.
Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de catalogus voor de extra stof.

Extra stof bij je eigen lesmateriaal

92. Spiegeling	26
94. Lichtmeting met een L.D.R.	27
97. De afstandsmeter	29
98. Zons- en maansverduisteringen	30
99. Reflektoren	31
123. Beeldkonstruktie bij een bolle lens	34

Extra stof die in de klas aanwezig is

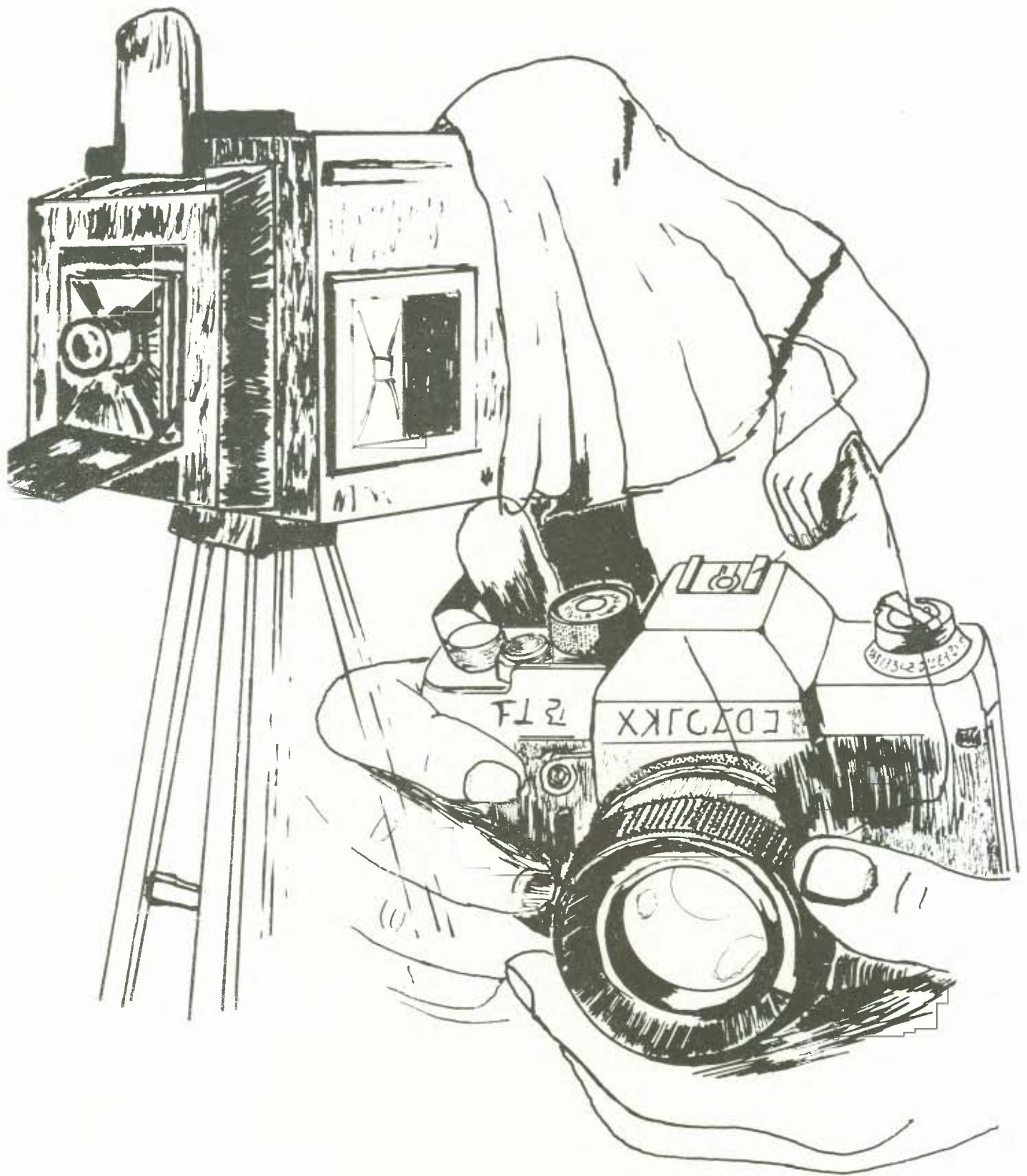
110. Fotografie.	
112. Spelen met spiegels en lenzen.	

Blok 7 Leerdoelen

Wat moet je kunnen aan het eind van blok 7

	Te vinden in:
1 Je moet weten hoe schaduwbeelden ontstaan en hoe je ze kunt tekenen.	P 1
2 Je moet weten hoe de grootte van een schaduwbeeld verandert als je de afstand tussen voorwerp en lichtbron verandert.	P 1
3 Je moet weten welke konklusie je uit het ontstaan van schaduwbeelden kunt trekken over de voortplanting van lichtstralen.	P 1, T 1
4 Je moet weten hoe het komt dat je voorwerpen kunt zien.	P 1, T 1
5 Je moet weten welke twee soorten van terugkaatsing we onderscheiden.	P 1, T 1
6 Je moet de regel voor spiegelende terugkaatsing kennen.	P 1, T 1
7 Je moet weten hoe een kamera zonder lens werkt.	P 2, T 2
8 Je moet weten waar een diafragma voor dient.	P 2, T 2
9 Je moet weten hoe het beeld bij een kamera zonder lens verandert, als je een diafragma gebruikt.	P 2, T 2
10 Je moet weten wat we onder goede beeldvorming verstaan.	P 2, T 2
11 Je moet kunnen verklaren waarom het beeld bij een kamera zonder lens onscherp is en bij een kamera met lens scherp.	P 2, T 2
12 Je moet kunnen verklaren waarom het beeld bij een kamera op zijn kop staat.	P 2, T 2
13 Je moet weten wat we onder beeldsafstand b en wat we onder de voorwerpsafstand v verstaan.	T 2, P 2, P 3
14 Je moet weten hoe b verandert als je een bollere lens neemt (en v gelijk blijft).	P 2, T 2
15 Je moet weten wat het betekent dat een bolle lens een konvergerende werking heeft.	P 2, T 2
16 Je moet weten wat we onder de brandpunten en wat we onder de brandpuntsafstand van een lens verstaan.	P 3, T 3
17 Je moet weten hoe je de plaats van het brandpunt van een lens bepaalt.	P 3, T 3
18 Je moet weten wat we onder de sterkte S van een lens verstaan en in welke eenheid we hem uitdrukken.	T 3
19 Je moet S kunnen uitrekenen als f gegeven is en omgekeerd.	T 3, W 3
20 Je moet weten dat naarmate de lens boller is, dat de brandpuntsafstand kleiner is.	P 3, T 3
21 Je moet weten wat we onder de hoofdas en onder het optisch middelpunt van een lens verstaan.	P 3, T 3
22 Je moet weten wat met de beeldsafstand (b) gebeurt, als je de voorwerpsafstand (v) verandert.	T 2
23 Je moet weten wat met de beeldsafstand (b) gebeurt als je de voorwerpsafstand (v) verandert.	P 2, T 2
24 Je moet weten dat licht zich voortplant met een zeer grote snelheid. Dit is de grootste snelheid, die ooit is gemeten.	T 1
25 Je moet weten hoe evenwijdig invallende lichtstralen gebroken worden door een holle lens.	T 3, P 3

Maak je eigen kamera

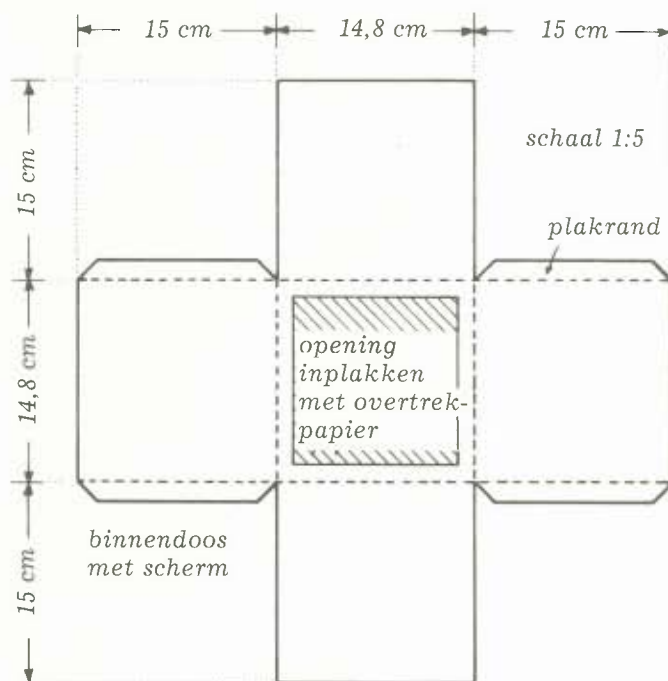
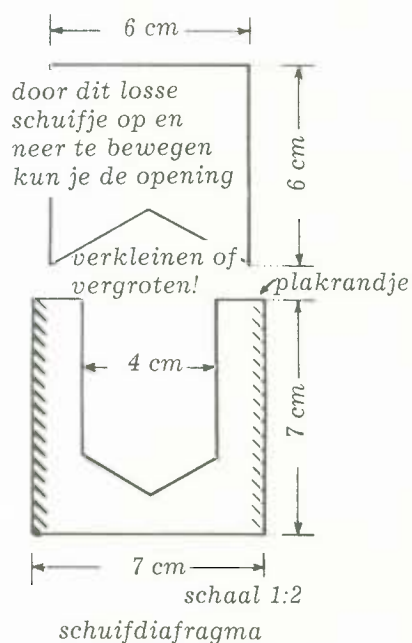
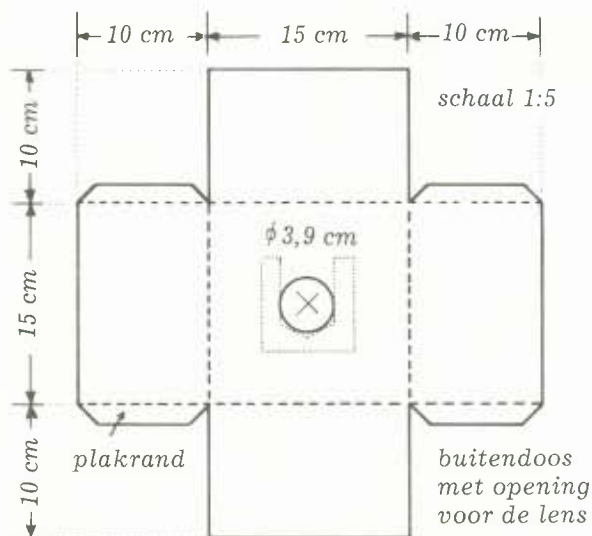
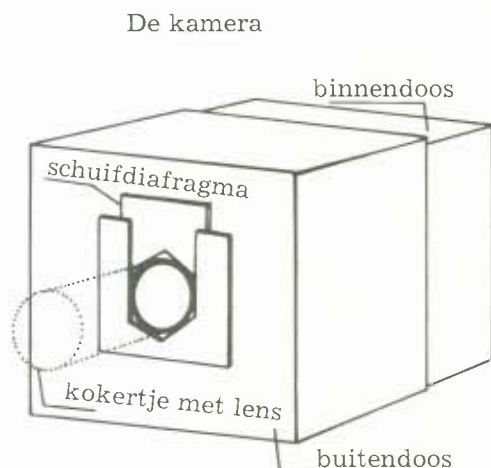


In dit blok zul je kennis maken met licht en leren wat je met licht allemaal kunt doen. Daarbij gebruiken we in P 2 een kamera zoals deze heel vroeger werd gebruikt. Je kunt deze zelf maken en dan in P 2 gebruiken. Op de volgende bladzijde vind je een beschrijving hoe je hem moet maken. Maak hem maar vast, dan is hij klaar als je hem nodig hebt.

Veel plezier.

Hoe kun je de kamera maken?

De kamera bestaat uit twee dozen van stevig karton, die in elkaar kunnen worden geschoven. De binnendoos bevat een scherm van kalkeer- of overtrekpapier. De buitendoos heeft een opening die je kan verkleinen. Een „diafragma” heet dat. In de opening moet een p.v.c.-pijpje of een koker van een w.c.-rol passen. Hierop kan met plakband een lens geplakt worden. Als hij af is kan je hem ook zonder lens door de opening heel klein maken met het diafragma.



Op de stippellijnen naar binnen vouwen
Plakranden vastlijmen

Blok 7 Praktikum

P 1 Licht, schaduw en spiegels

Licht en donker - daardoor wordt onze dag bepaald. Zonlicht geeft warmte, waardoor leven op aarde mogelijk is. Licht van de zon en van allerlei kunstmatige lichtbronnen, komt in onze ogen terecht en zorgt ervoor dat wij kunnen zien. Omdat licht zo belangrijk is, gaan we er eens nauwkeurig naar kijken. Hoewel het misschien vreemd lijkt, doen we dat door eerst te kijken naar schaduwen.

Schaduwen, zijn daar nog soorten in?

1

Zet op 1 à 2 meter afstand van een lamp een scherm neer of een stuk papier.

Houd je hand in de lichtbundel, vrij dicht bij het scherm (situatie 1).

Kijk goed naar het schaduwbeeld.

Houd je hand daarna vrij dicht bij de lamp (situatie 2).

Vergelijk situatie 1 met situatie 2. Let daarbij op:

a. de grootte van het beeld

b. de scherpte van het beeld

c. de vorm van het beeld

d. Is het beeld overal even zwart?

2

a. Een lampje straalt naar alle richtingen licht uit.

Teken in het plaatje hiernaast (door de lichtstralen te verlengen) waar de schaduw van het voorwerp op het scherm ontstaat.

b. In werkelijkheid straalt het lampje ontelbaar veel lichtstralen uit. In de tekening zie je ook dat je de plaats van de schaduw al met twee lichtstralen kunt vinden. Doe dat eens in de volgende tekening.

In de tekeningen zijn de lichtstralen met rechte lijnen aangegeven. Waarschijnlijk vind je dat zo gewoon dat je er nooit bij stilstaat. Toch is het belangrijk om te onthouden.

Licht beweegt zich rechtlijnig voort

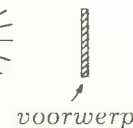
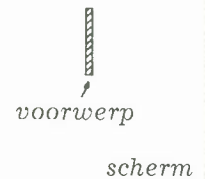
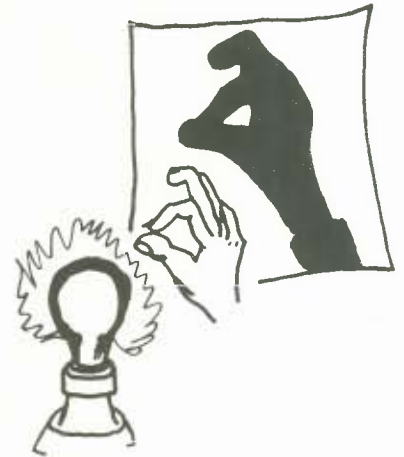
3

We kunnen dit nog wat beter bekijken. Laat de lichtbundel van een diaprojektor door een glazen bak met rook schijnen. Als je in de diaprojektor een „gaatjes” dia stopt, ontstaan er allemaal verschillende kleine bundels, die we **lichtstralen** noemen. In een tekening geef je die lichtstralen dan met rechte lijnen aan. Een lichtbundel geef je aan door alleen de randen te tekenen.

Wanneer zie je gebruiksvoorwerp?

4

Verduister het lokaal zo goed mogelijk en gebruik een diaprojektor die een smalle bundel licht geeft. Een voorwerp buiten de lichtbundel kun je moeilijk zien, vooral als het donker gekleurd is. In de lichtbundel zie je het veel beter. Probeer zo nauwkeurig mogelijk op te schrijven hoe dat komt.



Kun je in een w.c. of kelder zonder ramen voorwerpen zien als je het licht niet aandoet?

En als ze wit gekleurd zijn, of met reflekterende verf bestreken?

Maak nu de volgende zin af: je kunt voorwerpen alleen zien, als:

Hoe wordt licht teruggekaatst?

5

Zet twee meter van een lamp een wit scherm. Zet een spiegel tegen het scherm aan (zie tekening). Schakel de lamp aan. Schrijf op welk verschil je ziet tussen spiegel en scherm.

6

Waar moet je gaan staan om de spiegel fel verlicht te zien?

7

Ga zo staan dat je de spiegel donker ziet en laat iemand met een plantenspuit een heel fijne waternevel op de spiegel spuiten. Wat zie je nu gebeuren?

In het laatste geval kaatst de spiegel het licht niet alleen terug in de richting waarin je bij proef 6 moest gaan staan, maar ook in andere richtingen. We noemen dit **diffuse terugkaatsing**. Diffuus betekent gespreid. Het scherm, en bijna alle andere dingen om ons heen kaatsen diffuus het opvallende licht terug in ons oog, zodat we ze vanuit alle hoeken kunnen zien.

De droge spiegel, een wateroppervlak, gladde metalen voorwerpen, kaatsen een lichtbundel in één bepaalde richting terug - dat heet **spiegelende terugkaatsing**.

Een regel voor spiegelende terugkaatsing.

8

Maak met behulp van een lichtkastje met een spleet ervoor een smalle lichtbundel. De bundel laat je loodrecht op het spiegeltje vallen, dat je op een stuk papier hebt staan.

Teken deze lijn op het papier.

We noemen deze lijn de normaal.

Plaats nu het lichtkastje een beetje opzij. Doe dit zo, dat de lichtbundel het spiegeltje op dezelfde plaats treft als voorheen.

Je ziet dan ook de teruggekaatste straal op het papier.

Gebruik je geodriehoek en meet de hoeken aan weerszijden van de normaal.

De hoek tussen de normaal en de invallende straal is graden.

De hoek tussen de normaal en de teruggekaatste straal is graden.

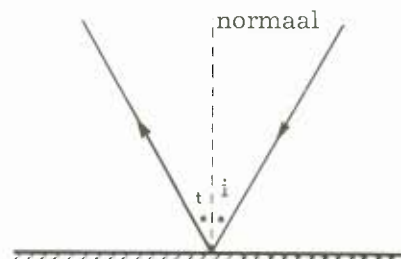
9

Herhaal de proef maar laat de lichtbundel dan wat schuiner op de spiegel vallen. Hij moet wel weer op dezelfde plaats de spiegel treffen.

De hoek tussen de normaal en de invallende straal is graden.

De hoek tussen de normaal en de teruggekaatste straal is graden.

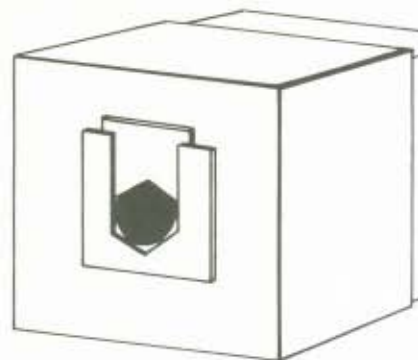
Schrijf je konklusie op uit 8 en 9:



i: hoek van inval
t: hoek van terugkaatsing

P 2 De kamera

Wij kunnen de dingen om ons heen zien door het licht dat zij zelf uitzenden of terugkaatsen. Ons oog vormt van die voorwerpen een beeld. Een kamera lijkt wat het principe betreft op ons oog. We zullen nu nagaan hoe zo'n beeld bij de kamera wordt gevormd. Als kamera gebruiken we twee dozen die in elkaar kunnen worden geschoven. Een werktekening staat aan het begin van dit blok.



kamera zonder lens

1

Kamera zonder lens

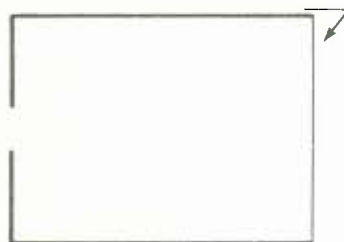
Voor deze proef heb je de zelfgebouwde kamera nodig. In het vervolg noemen we de verstelbare opening voorin het **diafragma**.

- Zet het diafragma helemaal open en richt de kamera op een voorwerp buiten. Wat zie je aan de achterkant van de kamera?
- Verklein nu de opening steeds meer. Het beeld verandert dan in twee opzichten. Welke?
- Hieronder sta ik voor een kamera zonder lens. Teken de lichtbundel die vanuit het puntje van mijn neus via de opening in de kamera valt. Om een bundel te tekenen, moet je in elk geval 2 lichtstralen tekenen. Teken ook de lichtbundel die vanaf de punt van mijn voet in de kamera zonder lens valt.



dit ben ik!

scherm van overtrekpapier

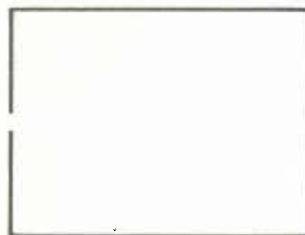


doorsnee-tekening kamera

- Waarom staat het beeld op zijn kop?
Waarom is het beeld onscherp?
- Hieronder vind je dezelfde situatie weer getekend. De opening van de kamera is nu kleiner. Teken weer een lichtbundel vanuit het puntje van mijn neus en van mijn voet.



dit ben ik!



het gaatje is nu kleiner!

Welk voordeel heeft deze kleinere opening?

Welk nadeel heeft deze kleinere opening?

Konklusie: Met een kamera zonder lens wordt een punt (bijvoorbeeld het puntje van je neus) afgebeeld als een

2

Kamera met lens

Brilleglazen noemen we ook wel lenzen.

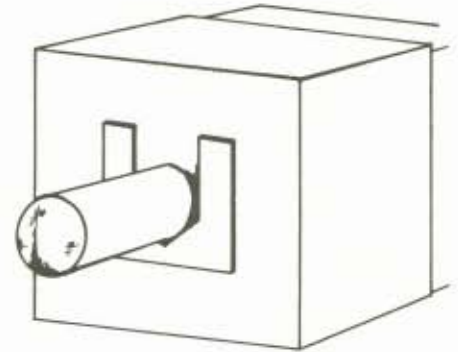
Brilleglazen kunnen van glas zijn, maar ook van kunststof.

Ze kunnen ook verschillende vormen hebben. Zo kun je werken met bolle lenzen (in het midden dikker dan aan de zijkanten) en met holle lenzen (in het midden dunner dan aan de zijkanten).

In dit praktikum werk je met een **bolle lens**.

Bevestig in de opening het pijpje waarop een lens geplakt is.

- a. Probeer door de doos in en uit te schuiven een scherp beeld te krijgen van een voorwerp buiten. Welke voordelen biedt deze kamera boven de kamera zonder lens?



kamera met lens

Konklusie: Met een kamera met lens wordt een voorwerp afgebeeld dan met een kamera zonder lens.

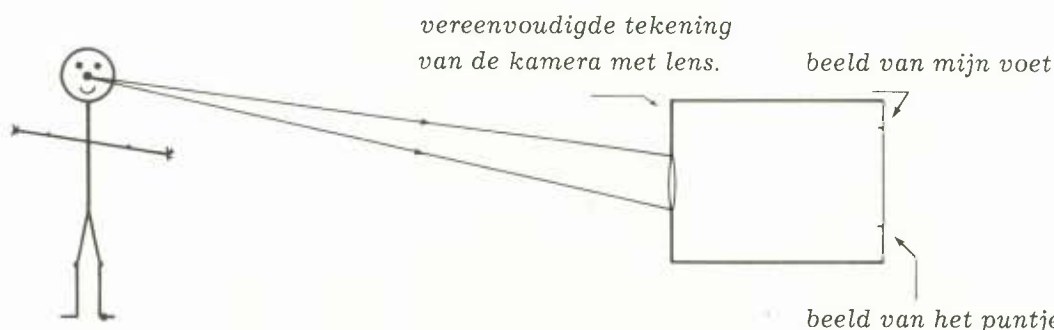
- b. Meet de afstand van lens tot beeld op: De afstand heet de **beeldsafstand b**.
Schat de afstand van voorwerp tot lens: Deze afstand heet de **voorwerpsafstand v**.
- c. Richt nu je kamera op een voorwerp vlakbij. Zorg ervoor dat dit goed verlicht is. Wat zie je als je de instelling van de kamera niet verandert?

Moet je nu de afstand lens-beeld (de beeldsafstand b) groter of kleiner maken om weer een scherp beeld te krijgen?

- d. Vervang je lens door een sterkere (= bollere) lens.
Neem hetzelfde voorwerp als bij a, en stel je kamera scherp in.
De afstand beeld-lens is nu cm.
Wat verandert er als je een sterkere lens gebruikt, als je let op

1. de grootte van het beeld?
2. de scherpte van het beeld?
3. de afstand van beeld tot lens?

- e. Hieronder sta ik weer. Nu voor de kamera met lens.
Het puntje van mijn neus zie je als scherpe punt afgebeeld.
Het hele beeld is scherp. Blijkbaar wordt elk punt van mij ook als punt afgebeeld.
De lichtbundel vanaf het puntje van mijn neus naar de lens heb ik al getekend.
Maak de loop van deze stralen verder af.
Teken (met een andere kleur) op dezelfde manier een lichtbundel vanuit mijn voet naar het scherm.



P 3 De lens

In P 2 heb je gewerkt met een kamera met lens. Je hebt daar scherpe beelden gezien van voorwerpen op een scherm.

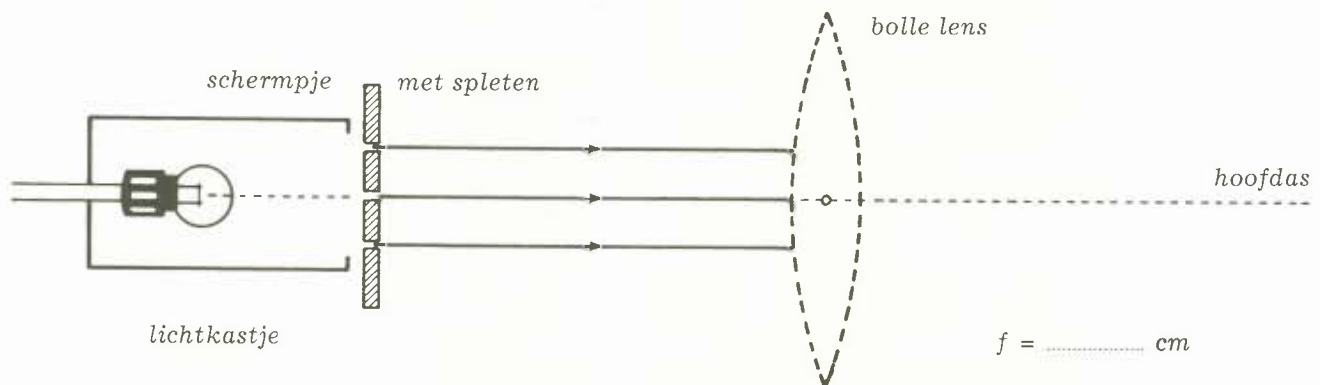
In dit praktikum ga je de lens verder onderzoeken.

Teken de aangegeven opdrachten eerst op het tekenvel, dat je van je leraar krijgt. Neem aan het eind van elke proef je tekening van het tekenvel over in je lesmateriaal.

1

Het brandpunt van een bolle lens

- Maak met een lichtkastje en een schermplaat met 3 of 5 spleten een bundel van 3 of 5 **evenwijdige** lichtstralen.
- Plaats een bolle lens in de lichtstralen.
- Het punt waar de lichtstralen van de bundel samenkomen heet het **brandpunt F** van de lens. De stippellijn die door het midden van de lens gaat, heet de **hoofdas** van de lens (zie tekening).
- Meet de afstand van het midden van de lens tot het brandpunt. Deze afstand heet de **brandpuntsafstand (f)** van de lens. Meet de brandpuntsafstand van de lens, die je gebruikt.
 $f = \dots\dots\dots$ cm.
- Neem hieronder het resultaat van deze proef over van je tekenvel.

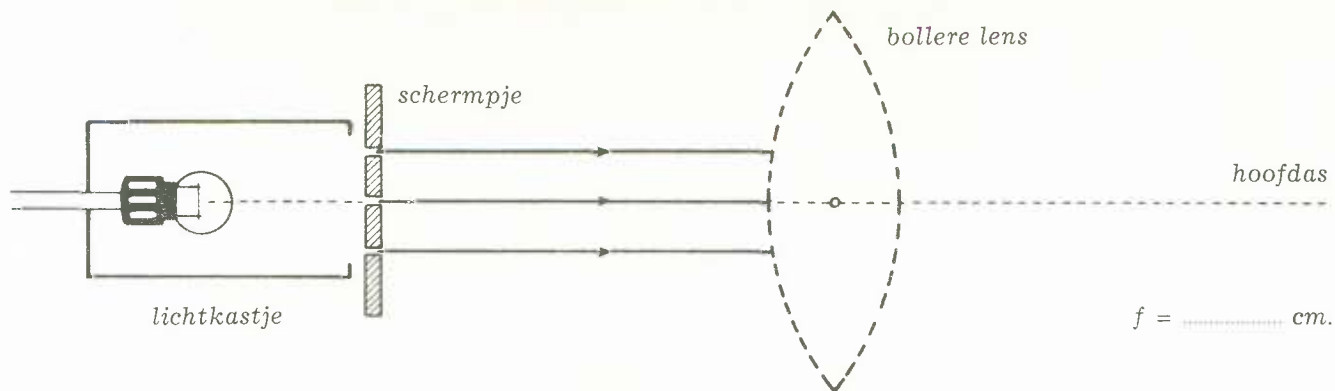


- Doe dezelfde proef nog eens, maar nu laat je het licht van rechts naar links door de lens gaan. Zijn er verschillen? $\dots\dots\dots$

2.

Het brandpunt van een bollere lens

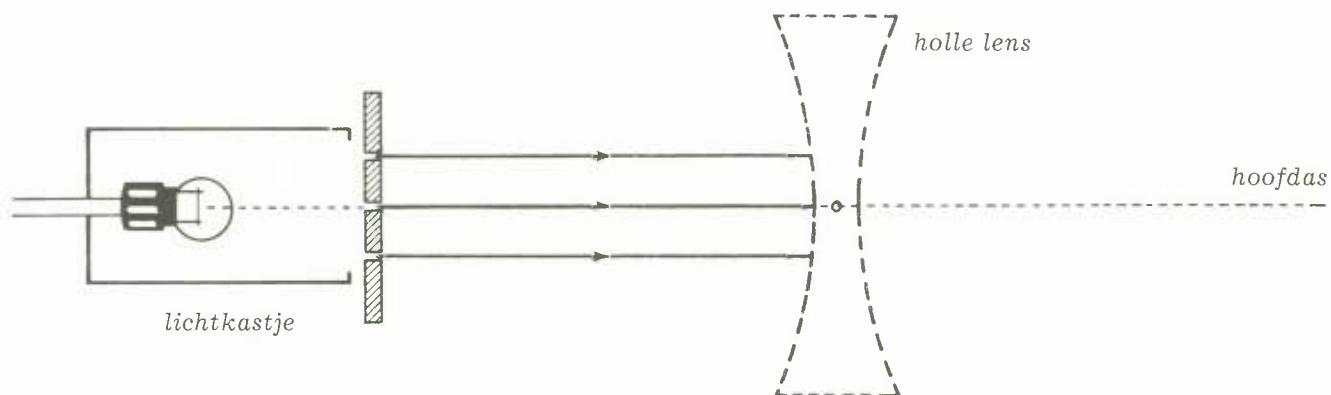
- Zie 1 a.
- Plaats nu een bollere lens in de lichtstralen.
- Teken het brandpunt F.
- Meet ook nu weer de brandpuntsafstand f van de lens.
 $f = \dots\dots\dots$ cm.
- Neem op de volgende bladzijde het resultaat van deze proef over van je tekenvel.



Vergelijk proef 1 en 2. Vul aan: Een bollere lens heeft een brandpuntsafstand.

3 De holle lens

- Zie 1a
- Plaats een holle lens in de lichtstralen.
- De evenwijdig invallende lichtstralen worden door een holle lens.
- Neem hieronder het resultaat van deze proef over van je tekenvel.



Konklusie: De evenwijdig invallende lichtstralen worden door een bolle lens
De evenwijdig invallende lichtstralen worden door een holle lens

Blok 7 Theorie

T 1 Licht, schaduw en spiegels

Overdag is het licht en daarom kunnen we de dingen om ons heen zien. 's Avonds doen we lampen aan om te kunnen blijven zien. Hoe komt het eigenlijk dat we dingen kunnen zien als we er naar kijken? Als we die vraag precies zouden moeten beantwoorden, blijkt pas hoe moeilijk dat is - we moeten weten hoe het oog werkt, hoe daarna de signalen doorgaan naar de hersenen en wat er daar verder mee gebeurt. Toch is één ding duidelijk: een voorwerp kun je alleen zien als er licht op valt. Valt er licht op dat niet in ons oog kaatst, dan lijkt dat voorwerp donker. Meestal staan er wel „lichtere” voorwerpen omheen, zodat we het donkere voorwerp toch „zien” omdat het afsteekt, zoals de spiegel in de proef.

Uit die proef hebben we geleerd dat er twee manieren van terugkaatsing zijn:

1. Diffuse terugkaatsing

Een voorwerp weerkaatst licht dat er op valt in alle richtingen. Dit doen bijna alle voorwerpen om ons heen - óók bijvoorbeeld de spiegel met waterdruppels.

3. Spiegelende terugkaatsing

Gladde oppervlakken zoals glas, metaal, spiegels of wateroppervlakken kaatsen een lichtbundel maar in één bepaalde richting terug.

Bij spiegelse terugkaatsing geldt de regel die je in proef 8 en 9 van P 1 hebt gevonden: de hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal is even groot als de hoek tussen de normaal en de teruggekaatste lichtstraal (zie tekening hiernaast).

De **normaal** is de lijn loodrecht op de spiegel.

Korter gezegd:

de hoek van inval = de hoek van terugkaatsing

of nog korter:

$$\angle i = \angle t$$

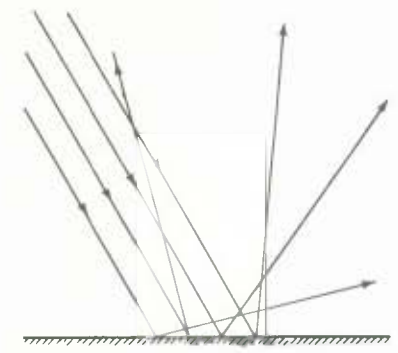
Voorwerpen die in een lichtbundel staan, werpen ook een schaduw op achterliggende vlakken. Dat toont al aan dat licht zich volgens rechte lijnen verplaatst of voortplant. Allerlei verschijnselen zoals stralen zonlicht in een mistig bos, autokoplampen tijdens mist of lichtbundels van een projektor in een rokerige bioscoop laten dat ook duidelijk zien.

Als er staat dat licht zich voortplant, denk je al snel aan een beweging. Heel lang dacht men dat de snelheid van het licht onmeetbaar groot was. In 1672 echter heeft een sterrekundige uit Denemarken (Rømer) ontdekt dat de snelheid van het licht wel meetbaar is. Hoewel hij toen nog niet de goede waarde vond, zat hij er ook weer niet erg ver naast.

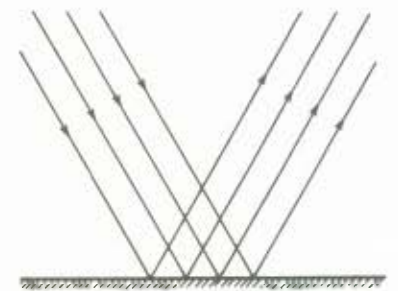
Tegenwoordig weten we dat het licht zich met een snelheid van 300.000 km/s verplaatst.

Men heeft nooit een grotere snelheid gemeten.

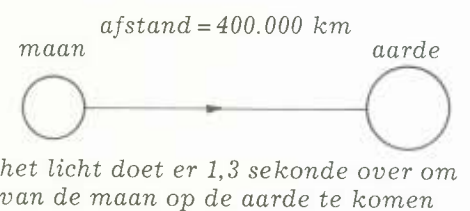
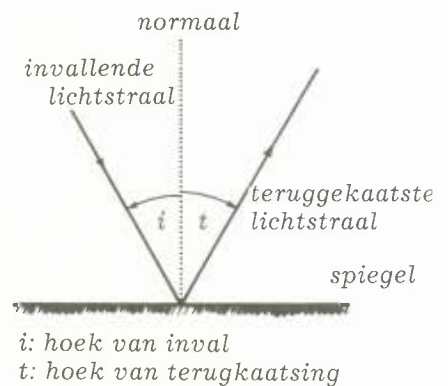
Einstein heeft aan het begin van deze eeuw zelfs aangetoond dat het ook onmogelijk is om sneller te gaan dan het licht. Die theorie is heel beroemd geworden en heet de relativiteitstheorie.



Diffuse terugkaatsing



Spiegelende terugkaatsing



T 2 De kamera

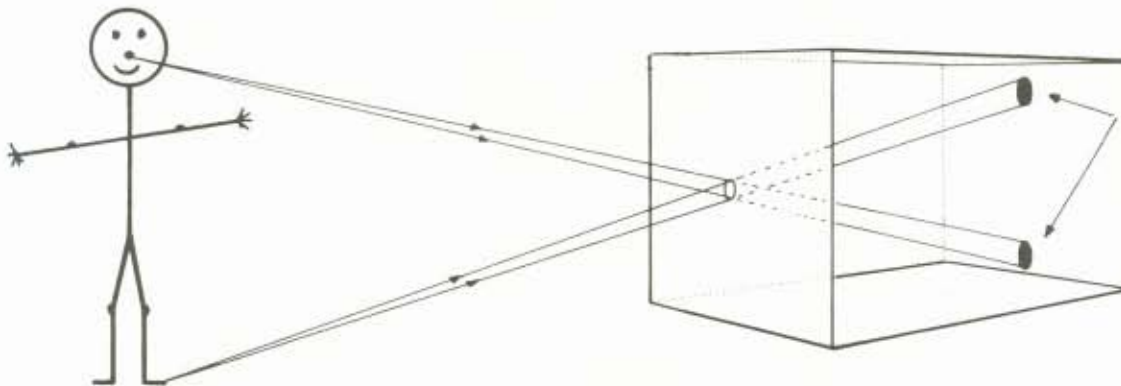
1

Tijdens de les heb je gezien dat je een beeld van een bepaald voorwerp kan krijgen door het licht dat het voorwerp uitzendt of terugkaatst op te vangen. Bij een kamera zonder lens gebeurt dat nog vrij primitief. Je krijgt dan ook geen scherp beeld. Hieronder is nog eens de stralengang getekend.

Een kamera zonder lens wordt ook wel camera obscura genoemd. In het latijn betekent camera „kamertje” en obscurus betekent „donker”.

Je moet wel beseffen dat de persoon voor de kamera het op hem vallende licht in **alle** richtingen terugkaatst. Slechts een zeer klein lichtbundeltje valt vanuit elk punt van de persoon in de kamera! Aan de hand van de tekening kun je zien dat elk **punt** als **vlekje** wordt afgebeeld.

Het topje van zijn neus wordt een vlek. Het puntje van zijn schoen wordt ook een vlek. Het beeld is **onscherp**.



*lichtvlekjes
op het scherm*

Met een verstelbare opening, een **diafragma**, kan het doorgelaten lichtbundeltje smaller worden gemaakt.

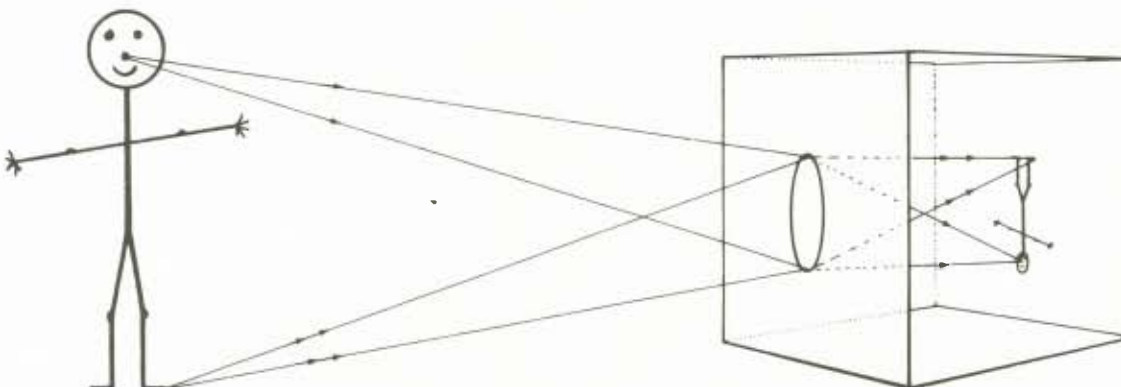
Het vlekje wordt kleiner, het beeld wordt iets scherper. Toch blijven het vlekjes! Het nadeel bij een kleine opening is dat er minder licht in de kamera valt. Het beeld wordt minder lichtsterk.

2

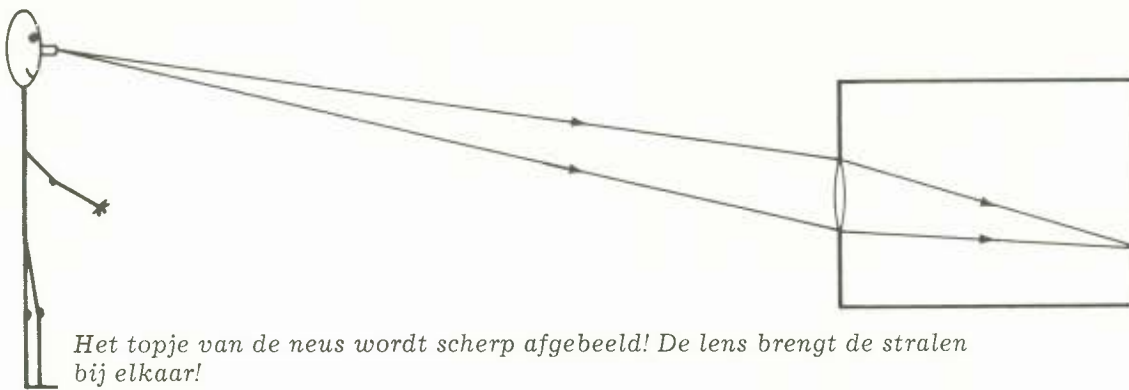
Een lens bestaat uit glas of een bepaald soort kunststof.

Een lens die in het midden dikker is dan aan de zijkanten noemen we een bolle lens.

Met een bolle lens kun je het licht samenbrengen naar één punt. Denk maar een brandglas! We noemen dat **konvergeren**. De lens zorgt ervoor dat het licht in de kamera niet verder uiteenloopt maar juist naar elkaar toe. De vlekjes worden punten. Als de kamera goed is ingesteld, vinden we een **scherpe** afbeelding op de achterwand.



met lens



Je ziet dat het voorwerp door de lens omgekeerd wordt afgebeeld. Van opzij ziet het afbeelden van de neus er als hierboven uit.

Als je een voorwerp dat dichterbij staat, weer scherp wilt afbeelden op het scherm, moet je de afstand lens-scherm vergroten.

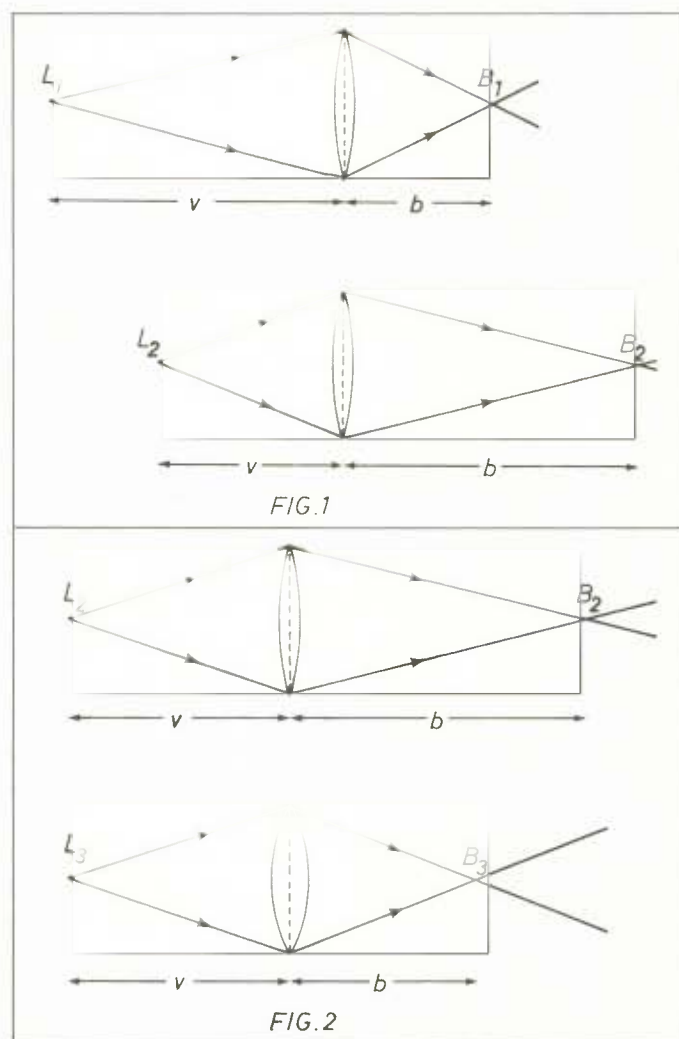
Blijkbaar geldt voor een bolle lens:

Als de **voorwerpsafstand v** kleiner wordt, wordt de **beeldsafstand b** groter.

Als de **voorwerpsafstand v** groter wordt, wordt de **beeldsafstand b** kleiner. Je kunt dat aan de hand van de volgende voorbeelden begrijpen.

In figuur 1 zie je dat voorwerp L_2 dichterbij de lens staat dan voorwerp L_1 . De lichtstralen uit L_2 lopen sterker uiteen dan bij L_1 .

De lens heeft meer moeite om de stralen uit L_2 bij elkaar te brengen. Het beeld B_2 ligt dan ook verder van de lens vandaan dan beeld B_1 .



Gebruik je nu een bollere (= sterkere) lens (lens 2) dan ligt het beeld weer dichterbij de lens (zie figuur 2).

De bollere lens brengt het licht dichterbij de lens bij elkaar.

We zeggen dat de bollere lens het licht meer konvergeert.

T 3 De lens

In P 3 hebben we ontdekt welke eigenschappen een bolle lens heeft. We lieten daartoe bijzondere lichtstralen en lichtbundels op de lens vallen en keken dan hoe de stralen verder liepen. Dit verschijnsel noemen we lichtbreking.

De belangrijkste ontdekkingen die je gedaan hebt zijn:

1

Een lens heeft twee **brandpunten**.

Evenwijdige lichtstralen die loodrecht op de lens vallen, komen altijd samen in één punt, het **brandpunt F**.

De afstand van F tot het midden van de lens heet **brandpuntsafstand f** (zie figuur 1 en 2). De brandpuntsafstand is dus een eigenschap van de lens zelf, waaraan je niets kunt veranderen.

2

Een bollere lens heeft een kleinere brandpuntsafstand (zie figuur 3). Zo'n lens noemt men sterker. Hij konvergeert sterker.

De sterkte van een lens wordt dus groter, als de brandpuntsafstand kleiner wordt.

Als iets sterker wordt, zijn we gewend dat het bijbehorende getal groter wordt.

Daarom spreken we voor de sterkte van een lens de volgende relatie af:

$$\text{sterkte} = \frac{1}{\text{brandpuntsafstand}}$$

In formulevorm wordt dit:

$$S = \frac{1}{f} \text{ (f in meter)}$$

Deze nieuwe grootheid, de lenssterkte, drukken we uit in dioptrie.

Voorbeeld: Een lens heeft een f van 40 cm (= 0,40 m).

$$\text{Dan wordt de sterkte van de lens } S = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ dioptrie}$$

De sterkte van een lens is groot, als het aantal dioptrie groot is. Vooral opticiens geven op deze manier de lenssterkte aan.

3

Een lens heeft een hoofdas en een optisch middelpunt O (zie figuur 4).

4

De afstand van een voorwerp L tot het optisch middelpunt O heet **voorwerpsafstand v**.

De afstand van het beeld B tot het optisch middelpunt O heet **beeldsafstand b** (zie figuur 5).

De beeldsafstand en de voorwerpsafstand kun je veranderen door de lens naar of van het voorwerp te schuiven.

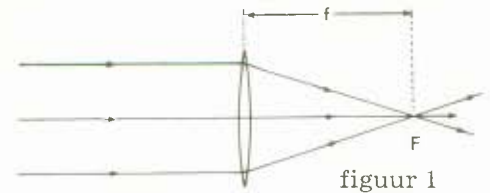
De brandpuntsafstand van een lens is **niet** te veranderen.

5

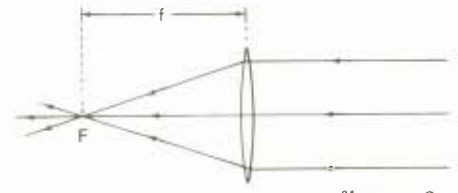
Voor de eenvoud zullen we in een tekening voortaan de bolle lens voorstellen door een lijn met een + teken er boven (zie figuur 6).

6

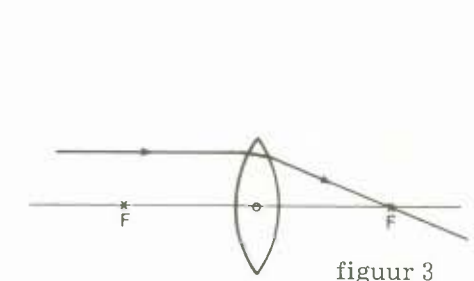
In P 3 heb je ook kennis gemaakt met de holle lens. Op dit moment hoef je alleen maar te weten dat een holle lens de inkomende stralen verder uit elkaar laat lopen. Voor de eenvoud zullen we in een tekening de holle lens voorstellen door een lijn met een - teken er boven (zie figuur 7).



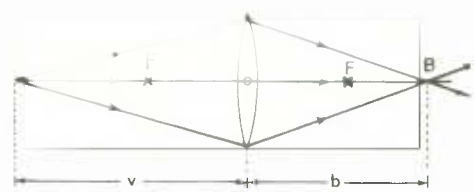
figuur 1



figuur 2



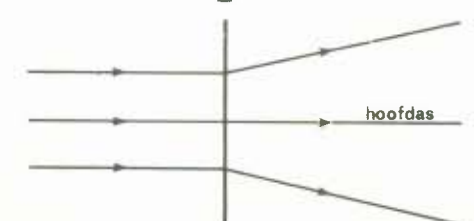
figuur 3



figuur 5



figuur 6



figuur 7

Blok 7 Werkblad

W 1 Licht, schaduw en spiegels

1

Wat zie je in 't „donker” beter: een fles melk of een donkerbruine broek? Verklaar eens hoe dat komt.

2

Maak met een tekening duidelijk, wat we bedoelen met de begrippen:

- de hoek van inval;
- de hoek van terugkaatsing;
- de normaal.

3

In T 1 kun je lezen hoe groot de snelheid van het licht is.

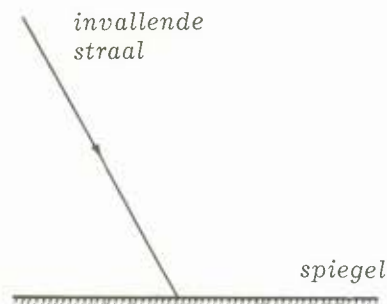
Zoek eens op hoever de zon van ons vandaan staat.

Reken dan eens uit hoe lang het zonlicht onderweg is naar de aarde.

4

Meet in de tekening hiernaast de hoek van inval met je geodriehoek.

Teken ook de teruggekaatste straal.



5

Waarom moet het achterspatbord van je fiets voor een deel wit geschilderd zijn?

6

Hoe komt het dat we de maan kunnen zien?

7

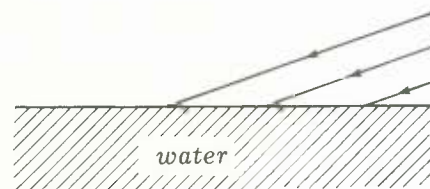
Toen de Amerikaanse astronauten op de maan waren, duurde het op zeker moment 1,3 seconde, voordat de radiogolven hun stemgeluid op de aarde brachten.

Ook radiogolven bewegen zich voort met de snelheid van het licht.

Bereken hoe ver de maan op dat moment van de aarde af stond.

8

Boven een spiegelend meer gaat de zon onder. Een aantal lichtstralen die op het water vallen zijn getekend. Teken zelf hoe de stralen terugkaatsen.



W 2 De kamera

1

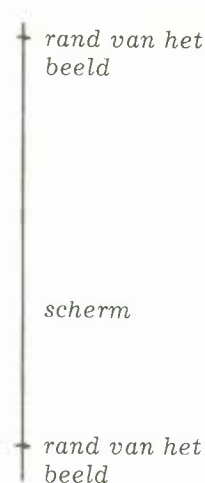
Wat bedoelen we met de begrippen:

- een scherp beeld;
- voorwerpsafstand;
- beeldsafstand;
- konvergeren van licht;
- divergeren van licht;
- diafragma.

2

In T 2 heb je gezien hoe een voorwerp (het poppetje) wordt afgebeeld door een lens. Iets soortgelijks kom je hieronder tegen.
Een dia staat 12 cm voor een lens. Op een scherm op 1,2 m van de lens is een scherp beeld zichtbaar.

- Teken hoe de stralenbundel uit het bovenste punt van de dia het scherm bereikt. De randen van het beeld zijn al aangegeven!
- Teken (met een andere kleur) hoe het onderste punt van de dia wordt afgebeeld op het scherm.



3

Welke van de volgende beweringen is waar?

Als je bij een kamera zonder lens het diafragma verkleint,

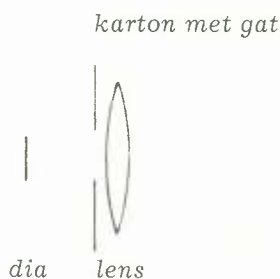
- wordt het beeld groter;
- wordt het beeld kleiner;
- blijft het beeld evengroot.

Als je het niet meer weet, moet je je kamera nog maar eens pakken.

4

In de opstelling van vraag 2 plaatsen we voor de lens een stukje karton met een rond gat erin.

Teken de rand van het beeld op het scherm. Denk aan vraag 3!



Als je je kamera met lens nog hebt, kun je deze proef doen.

W 3 De lens

1

Wat bedoelen we met de begrippen:

- voorwerpsafstand;
- beeldsafstand;
- brandpuntsafstand;
- hoofdas;
- optisch middelpunt;
- brandpunt;
- dioptrie.

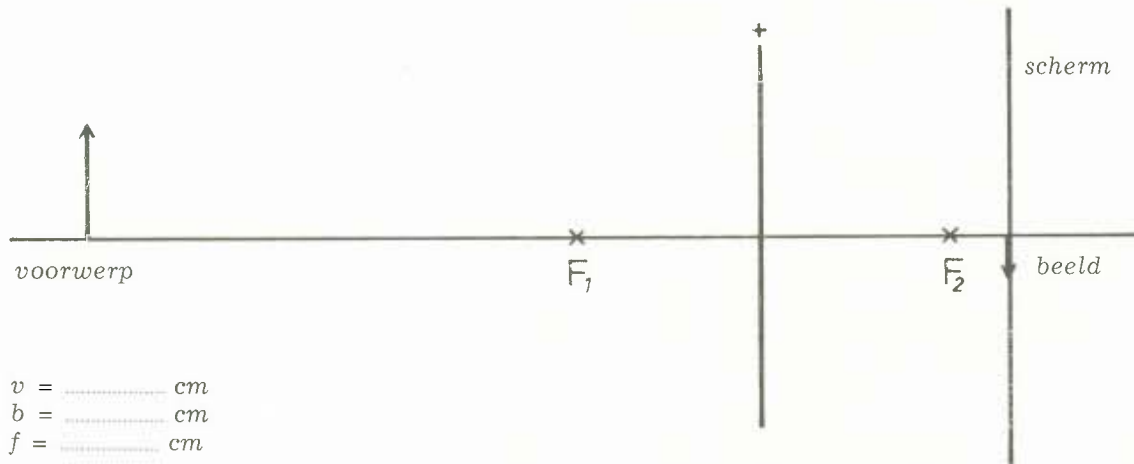
2

Wat is het verschil tussen de brandpuntsafstand van een lens en een beeldsafstand?

3

In de tekening hieronder zie je dat een voorwerp (het pijltje) door een lens wordt afgebeeld op een scherm.

Meet de voorwerpsafstand, beeldsafstand en brandpuntsafstand.



4

a. Van een brilleglas is de sterkte 2 dioptrie.

Hoe groot is de brandpuntsafstand van dit brilleglas?

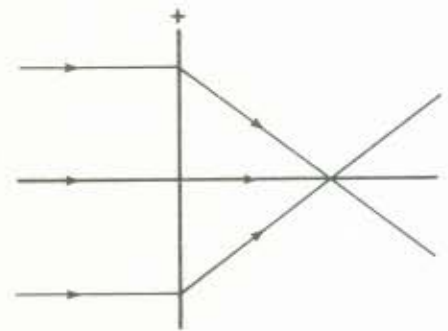
b. Een ander brilleglas heeft een brandpuntsafstand van 20 cm.

Hoe groot is de sterkte van dit brilleglas? (Let op de juiste eenheden!)

5

In de tekening hiernaast zie je dat de evenwijdige invallende lichtstralen gebroken worden door de bolle lens.

Wat is de sterkte van deze lens?



6

Als jij zelf of één van je familieleden een bril hebt, kun je het brilvoorschrift van de oogarts eens opzoeken.

Op dit voorschrift vind je de sterkte van lenzen. Als de sterkte negatief (-) is, dan betreft het een holle lens.

Bereken van de brilleglazen de brandpuntsafstand.

Blok 7 Herhaalblad

H 1 De begrippen die je bent tegen gekomen in dit blok

In dit eerste blok over optika ben je een groot aantal nieuwe begrippen tegengekomen.

Het gevaar is dan ook groot dat je een aantal van deze begrippen met elkaar verwart, of je vergeet er een aantal. Om goed te kunnen werken met lenzen en spiegels moet je deze nieuwe begrippen goed kennen.

De spiegel

Als er licht op een voorwerp valt, wordt dit teruggekaatst. Er zijn twee manieren van terugkaatsing:

1. **diffuse terugkaatsing.**
2. **spiegelende terugkaatsing.**

Hiernaast staan twee tekeningen, waarbij lichtstralen op een voorwerp vallen. Aan de teruggekaatste stralen kun je zien wat voor soort terugkaatsing het is.

Opdracht 1

Geef bij beide tekeningen aan welke terugkaatsing daar staat afgebeeld.

Opdracht 2

Hiernaast staat een tekening van een spiegel met een invallende lichtstraal.

Geef in tekening aan hoe de teruggekaatste straal loopt.

Teken de normaal.

Meet de hoek van inval

Hoe groot is de hoek van terugkaatsing?

De lens

Als er lichtstralen op een lens vallen, worden ze gebroken.

Dit betekent dat het licht door de lens heen gaat en aan de andere kant van de lens een andere richting heeft dan voorheen.

Zo kun je met een bolle lens lichtstralen samenbrengen in één punt. Dit noemen we **konvergeren**.

Met een lens kun je van een voorwerp een **scherp beeld** maken op een scherm. Elk punt van het voorwerp is scherp terug te vinden in het beeld op het scherm.

Voordat je nog wat gaat experimenteren met een lens moet je eerst de volgende opdrachten maken.

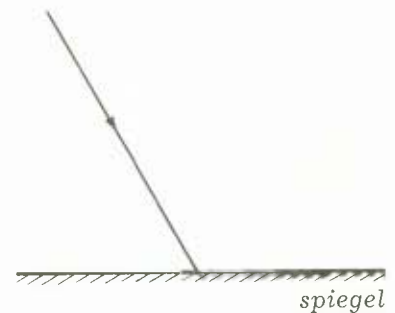
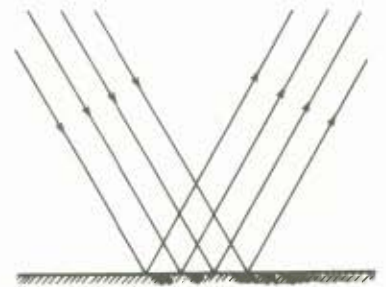
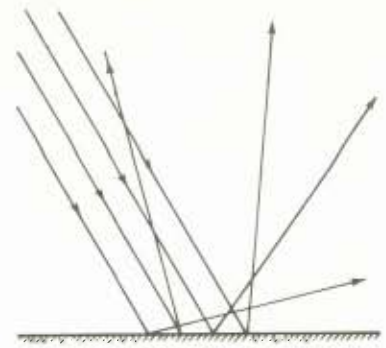
Opdracht 3

Geef in de hiernaast getekende lens het **optisch middelpunt** aan.

Geef in de tekening hiernaast ook de **hoofdas** aan.

Een **voorwerpsafstand** is

Een **beeldsafstand** is

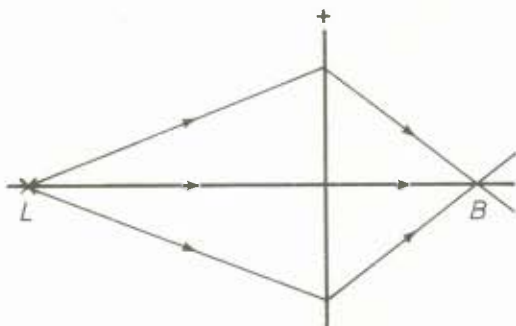


Opdracht 4

Hieronder vind je een tekening waarin de lichtstralen uit voorwerp L door de lens gebroken worden en samenkomen in punt B.

De voorwerpsafstand (v) is cm.

De beeldsafstand (b) is cm.



Opdracht 5

Een dia wordt in een projektor gestopt en op een scherm geprojecteerd.

Hoe moet je hier de beeldsafstand meten?

Proef

Je gaat in deze proef de brandpuntsafstand van een lens meten en daarna de sterkte van de gebruikte lens berekenen.

Het brandpunt van een lens vind je door een aantal lichtstralen evenwijdig aan de hoofdas op de lens te laten vallen.

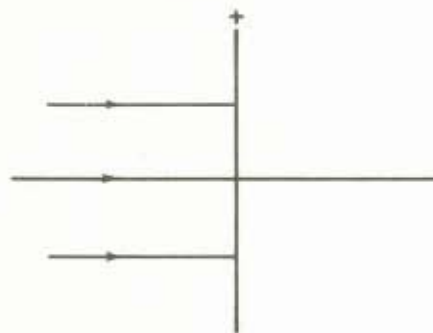
Deze evenwijdige lichtstralen worden door de lens gebroken en komen bij elkaar in het **brandpunt** van de lens.

Iedere lens heeft een bij die lens behorende brandpuntsafstand.

Een kleine brandpuntsafstand betekent een sterke konvergentie van de evenwijdig invallende stralen. We spreken dan van 'een sterke lens'.

De sterkte van een lens is te berekenen uit de brandpuntsafstand met behulp van de formule:

$$S = \frac{1}{f} \text{ (dioptrie) met } f \text{ in meter}$$



Doe nu de proef waarin je de brandpuntsafstand van een lens bepaalt, zoals hierboven is beschreven.

De brandpuntsafstand (f) is cm.

Opdracht 6

Neem eens aan dat je twee lenzen hebt, waarvoor geldt:

$$f_1 = 0,2 \text{ m en } f_2 = 0,4 \text{ m.}$$

Uit deze gegevens weet je dat lens 1 sterker/zwakker is dan lens 2, omdat f_1 kleiner is dan f_2 .

Je kunt dit nog controleren door de sterkte van beide lenzen te berekenen.

$$S_1 = \dots \text{ dioptrie; } S_2 = \dots \text{ dioptrie.}$$

Opdracht 7

De sterkte van de door jou gebruikte lens is dioptrie.

Opdracht 8

Iemand doet de volgende bewering:

Het brandpunt van een lens is eigenlijk niets anders dan een bijzonder beeldpunt.

Probeer duidelijk te maken hoe jij over deze bewering denkt.

H 2 De eigenschappen van de lens

In het praktikum over de lens heb je een aantal eigenschappen van de lens leren kennen

De belangrijkste zijn:

1

Een lens heeft twee brandpunten (F_1 en F_2) en een optisch middelpunt (O) gelegen op de hoofdas.

2

Lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas invallen gaan na breking door één punt (F_1 of F_2).

3

Een bollere lens heeft een kleinere brandpuntsafstand.

4

Als je de voorwerpsafstand kleiner maakt, wordt de beeldsafstand groter.

In dit herhaalblad ga je een aantal proeven doen om deze eigenschappen nog eens te bekijken.

Proef 1

- Neem een lichtkastje en zet er een scherpje voor met 3 of 5 spleten.
- Zorg ervoor dat de lichtstralen evenwijdig aan elkaar lopen. Laat deze evenwijdige lichtstralen op een bolle lens vallen (loodrecht).

Wat zie je?

- Hoe heet het punt, waar de lichtstralen samenkomen?

Hoe groot is de brandpuntsafstand van deze lens?

Proef 2 (gebruik een bollere lens dan bij proef 1)

- Neem een lichtkastje en zet er een scherpje voor met 3 of 5 spleten.
- Zorg er voor dat de lichtstralen evenwijdig aan elkaar lopen. Laat deze evenwijdige lichtstralen op de bollere lens vallen (loodrecht).

Wat zie je?

- Hoe groot is de brandpuntsafstand van deze bollere lens?

Konklusie uit proef 1 en 2: (niet opzoeken!)

Proef 3

Let op: deze proef kun je op twee manieren doen.

De beschrijvingen van beide proeven vind je hieronder.

Vraag aan je leraar welke proef je kunt gaan doen.

Manier 1

- Gebruik dezelfde lens als bij proef 1. Gebruik het lichtkastje nu zò, dat de stralen er uit elkaar lopend uitkomen (vraag aan je leraar hoe dit moet!). De gloeidraad in het lichtkastje wordt nu het voorwerp dat je gaat afbeelden.
- Plaats een bolle lens in de bundel zo, dat de afstand lampje tot lens **3 × zo groot** is als de brandpuntsafstand van deze lens.
De voorwerpsafstand v = cm.
De beeldsafstand b = cm.
- Plaats de bolle lens nu zò in de bundel, dat de afstand lampje tot lens **2 × zo groot** is als de brandpuntsafstand.
De voorwerpsafstand v = cm.
De beeldsafstand b = cm.

Konklusie uit proef 3

Als je de voorwerpsafstand **kleiner** maakt, wordt de beeldsafstand

Manier 2

- a. Gebruik een kaars, een bolle lens op een statief en een scherm.

Lees op de lens af hoe groot de brandpuntsafstand is.

$f =$ cm.

- b. Plaats de kaars zò voor de lens, dat de afstand kaars - lens **3 × zo groot** is als de brandpuntsafstand van de lens.

Schuif nu achter de lens met het scherm net zo lang, totdat je een scherp beeld vindt van de kaars.

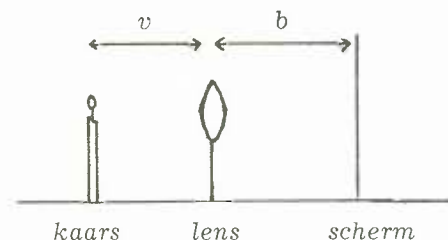
De voorwerpsafstand $v =$ cm.

De beeldsafstand $b =$ cm.

- c. Plaats de bolle lens nu zò voor de kaars, dat de afstand kaars - lens **2 × zo groot** is als de brandpuntsafstand.

De voorwerpsafstand $v =$ cm.

De beeldsafstand $b =$ cm.



Konklusie uit proef 3

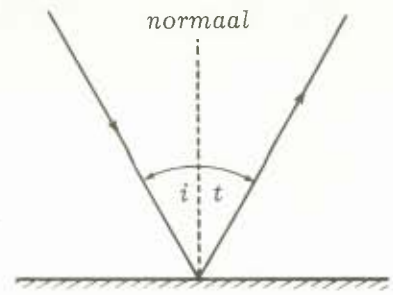
Als je de voorwerpsafstand **kleiner** maakt, wordt de beeldsafstand.

Blok 7 Antwoordblad

H 1 De begrippen die je bent tegengekomen in dit blok

Opdracht 1

Bovenste tekening is diffuse terugkaatsing.
Onderste tekening is spiegelende terugkaatsing.

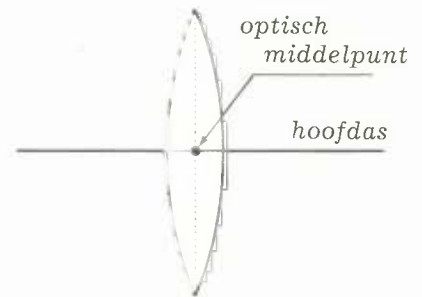


Opdracht 2

De hoek van inval (i) is 30 graden.
De hoek van terugkaatsing (t) is 30 graden.

Opdracht 3

Een voorwerpsafstand is de afstand van een voorwerp tot het optisch middelpunt van de lens.
Een beeldsafstand is de afstand van een beeld tot het optisch middelpunt van de lens.



Opdracht 4

$v = 4,0$ cm.
 $b = 2,0$ cm.

Proef

$f = \dots\dots\dots$ cm, vraag aan je leraar of het antwoord klopt.

Opdracht 5

Het beeld komt op het scherm dus de beeldsafstand is de afstand van het scherm tot de lens in de projektor.

Opdracht 6

Lens 1 is sterker omdat f_1 kleiner is dan f_2 .
 $S_1 = 5$ dioptrie; $S_2 = 2,5$ dioptrie.

Opdracht 7

$S = \dots\dots\dots$ dioptrie, vraag aan je leraar of het antwoord klopt.

Opdracht 8

De bewering is juist.
Met elke lens kun je oneindig veel beeldpunten maken.
Het hangt er helemaal vanaf waar het lichtpunt staat.
Ook als de lichtstralen evenwijdig aan de hoofdas invallen, ontstaat er een beeldpunt. Dit **beeldpunt** heeft echter een **aparte naam** gekregen, namelijk **brandpunt**.

H 2 De eigenschappen van een lens

Proef 1

- b. De stralen komen bij elkaar in één punt, het brandpunt (F) van de lens.
- c. Dit punt heet het brandpunt.
De afstand van het brandpunt tot het middelpunt van de lens is de brandpuntsafstand.

Proef 2

- b. de stralen komen weer bij elkaar in een punt.
- c. de brandpuntsafstand is kleiner dan bij proef 1.

Konklusie uit proef 1 en 2

Bij een bollere lens komen de evenwijdig invallende stralen dichter bij de lens bij elkaar.

De brandpuntsafstand van een bollere lens is kleiner.

Proef 3

- b.
- c.

Konklusie uit proef 3

Als je de voorwerpsafstand (v) **kleiner** maakt, wordt de beeldsafstand (b) **groter**.

92 Spiegeling

Inleiding

1. Ga eens na welke verschillende soorten spiegels je kent en voor welk doel ze gebruikt worden. Let ook op de stand van de spiegels.
2. Waar bevindt zich bij een vlakke spiegel zoals die bijvoorbeeld bij je thuis gebruikt wordt het eigenlijke spiegeliende oppervlak?
Houd eens een pen of een potlood dichtbij een vlakke spiegel. Je ziet dan behalve één duidelijk spiegelbeeld nog een aantal spiegelbeelden, alleen veel minder duidelijk. Hoe ontstaan die spiegelbeelden?
3. Aan welke voorwaarden moet een spiegeliend oppervlak in ieder geval voldoen?
Glazen ruiten in huizen bijvoorbeeld, voldoen aan die voorwaarde. Treedt daar spiegeling op? Wanneer is die spiegeling het beste waar te nemen?

Het spiegelbeeld

We gaan het beeld zoals dat door een spiegel wordt gevormd eens wat nader onderzoeken.

Proef

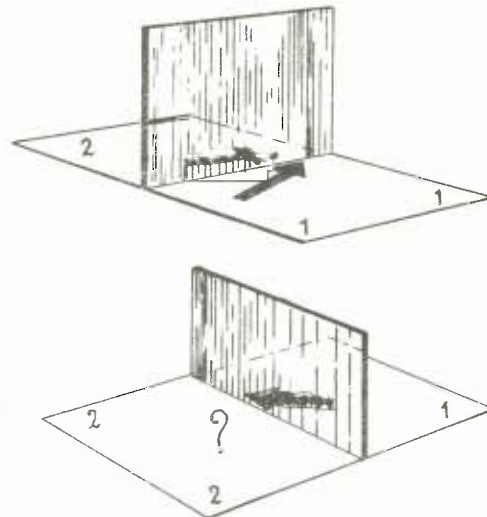
Leg een vel zwart papier op tafel. Teken met wit krijt een pijl op het papier. Zet een glazen plaat loodrecht op het vel papier, zodat je de pijl en het spiegelbeeld van de pijl tegelijk kunt zien.

Kijk over de glasplaat heen of erachter ook iets van het spiegelbeeld te zien is. Toch neem je het beeld van de pijl achter de glazen plaat waar. (We noemen zo'n beeld dat je wel ziet maar er eigenlijk niet is een virtueel beeld. Dit in tegenstelling tot het beeld dat je zag achter op het scherm van je kamera zonder lens. Zo'n beeld noemen we een reëel beeld).

Toch kun je ook de plaats van zo'n virtueel beeld vaststellen. Ga als volgt te werk:

Kijk goed naar het spiegelbeeld en teken dan met een krijtje achter de glazen plaat het beeld wat je ziet over. Je geeft duidelijk aan waar de glazen plaat staat en haalt hem daarna weg.

Bekijk nu goed de vorm en de plaats van het beeld en het voorwerp (= de eerst getekende pijl).



Konklusies

1. Het beeld is groter dan/kleiner dan/even groot als het voorwerp;
2. De afstand van een punt van het voorwerp tot de spiegel is groter dan/kleiner dan/even groot als de afstand van het overeenkomstige punt in het beeld tot de spiegel.

Probeer met deze opstelling het volgende geheimschrift te ontcijferen (met de glazen plaat op de stippellijn).

p e e a i r u j j e e g h i s h i t a e !

o q x w n b k n b b j d n b b w c l f w k n

De beeldvorming (zie ook T 1 uit dit blok)

Om er achter te komen hoe die beeldvorming bij een spiegel tot stand komt, gaan we eerst eens na hoe een lichtstraal verder gaat die tegen een spiegeliend oppervlak kaatst. Je kunt dit nagaan met de op de volgende bladzijde beschreven proef.

De proef met de spelden

Leg op je tafel een vel wit papier. Trek een lijn op het papier, evenwijdig langs één van de kanten. Deze lijn noemen we de spiegellijn. Zet een vlakke spiegel **loodrecht** op het papier, zodanig dat de lijn op het papier de plaats van het spiegelande oppervlak aangeeft en het beeld van speld 1 en speld 2 links naast de spiegel vallen.

Prik twee spelden schuin achter elkaar voor de spiegel. Prik een derde en vierde speld zó, dat als je langs de eerste twee spelden kijkt, je in de spiegel de derde en vierde speld in hun verlengde ziet liggen.

Trek een lijn langs de eerste twee spelden en ook langs de laatste twee. Als je het goed gedaan hebt, snijden de lijnen elkaar op de plaats waar zich de spiegellijn en dus het spiegeland oppervlak bevindt.

Trek in het snijpunt van de twee lijnen een lijn loodrecht op het spiegeland oppervlak, deze lijn wordt de normaal op het spiegeland oppervlak genoemd.

De lijn langs de derde en vierde speld geeft aan hoe een lichtstraal van de vierde speld naar de spiegel liep; dit noemen we de invallende lichtstraal.

De lijn langs de eerste en tweede speld geeft dan aan hoe deze lichtstraal werd teruggekaatst; dit noemen we de teruggekaatste lichtstraal.

Meet nu de hoek van inval:

dat is de hoek tussen de normaal en de invallende lichtstraal.

Meet ook de hoek van terugkaatsing:

dat is de hoek tussen de normaal en de teruggekaatste lichtstraal.

Herhaal de proef voor een grotere en een kleinere hoek van terugkaatsing.

Konklusie

De hoek van inval en de hoek van terugkaatsing zijn

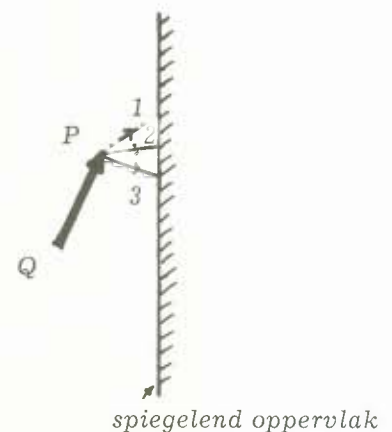
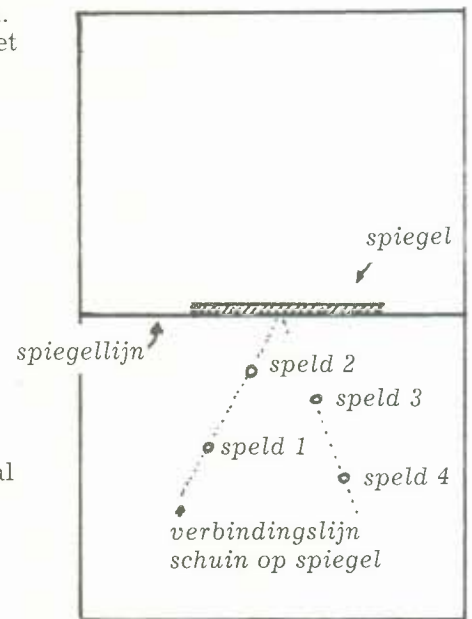
Nu je op de grond van de proef tot een konklusie bent gekomen, kun je eens proberen of je kunt bewijzen dat het beeld P' van een punt P op die plaats moet liggen waarvan je reeds proefondervindelijk hebt vastgesteld dat het daar moet liggen.

Teken op een groot vel papier de tekening hiernaast 5x zo groot over.

Konstrueer van lichtstraal 1 de teruggekaatste straal (denk hierbij aan de regel: hoek van inval = hoek van terugkaatsing).

Teken achter (rechts van) de spiegel het verlengde van de teruggekaatste straal een eindje gestippeld door. Doe dit ook voor de lichtstraal 2 en 3.

Dan zal blijken dat de drie teruggekaatste stralen elkaar in één punt achter de spiegel snijden. Het lijkt net of de drie stralen uit dat punt afkomstig zijn. Dit punt is het beeldpunt P' van punt P. Doe hetzelfde ook voor punt Q. Je vindt dan het beeldpunt Q' van punt Q. Als je nu P verbindt met Q' dan vind je het beeld van de gehele pijl.



94 Lichtmeting met een LDR

Als je in de felle zon loopt doet het licht vaak pijn aan je ogen. Blijkbaar valt er dan te veel licht in je ogen en dat geeft een gewaarwording van pijn. We zeggen dan dat de felheid of **intensiteit** van het licht te groot is. Zo is in de schemer de lichtintensiteit juist klein; je ziet dan niet zo veel. Het oog is dus een zintuig waarmee je intensiteit van het licht kan meten. 'Meten' is misschien een te groot woord: je kan globaal aangeven of het lichter of donkerder wordt, maar niet hoeveel lichter of donkerder.

I. De lichtgevoelige weerstand

De intensiteit van het licht kan je wel goed meten met een **LDR = lichtgevoelige weerstand**. Als je licht op een LDR laat vallen wordt de elektrische weerstand kleiner, de LDR geleidt de stroom dan beter.

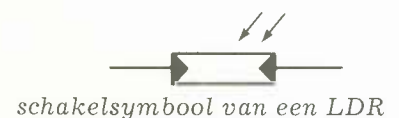
a. Vraag eerst op welke spanning de LDR moet worden aangesloten!

PAS OP VOOR DOORBRANDEN!

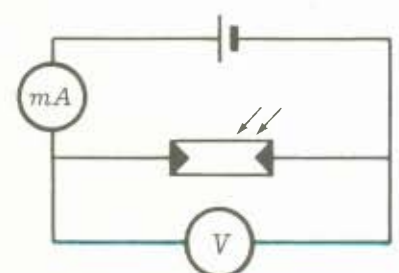
Sluit daarna de LDR aan op een spanningsbron, neem ook een stroom- en spanningsmeter in de schakeling op. Zie hiernaast.



zo ziet een LDR er meestal uit



schakelsymbool van een LDR



Wat gebeurt er met de stroomsterkte? En dus met de weerstand van de LDR?

Als je aan dit blad maar één les wilt besteden, kies dan tussen onderdeel II (reflektie) en onderdeel III (absorptie).

II. Reflektie (terugkaatsing)

Licht dat op voorwerpen valt kan worden teruggekaatst, doorgelaten (doorzichtig) of geabsorbeerd. We zullen nu met de LDR de mate van terugkaatsing onderzoeken. Dit is vooral belangrijk bij reflectoren (schijnwerper, koplampen e.d.).

- a. Laat een smalle lichtbundel onder een hoek van 45° op de **gladde** zijde van een blokje perspex vallen en ga met de LDR na of er licht wordt teruggekaatst. Houd de LDR dan zo dat het teruggekaatste licht op de gevoelige kant van de LDR valt. Meet steeds de stroomsterkte en de hoek waaronder het licht wordt teruggekaatst. Zie hiernaast. Vul de onderstaande tabel in.
- b. Doe de meting ook eens met de ruwe zijde van het blokje.

hoek van terugkaatsing θ	stroom I (gladde kant)	stroom I (ruwe kant)
0°		
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		
90°		

- c. Je kan dezelfde proef ook doen met enkele andere oppervlakken, zoals wit of zwart papier, spiegel, metaal.

Vragen en opdrachten over reflectie

1

Verwerk de resultaten van proef IIa. en b. in het hiernaast staande diagram. Teken twee grafieken waarbij de stroom vertikaal en de hoek van terugkaatsing t horizontaal wordt uitgezet.

2

Welke verschillen merk je op en hoe zijn die te verklaren?

III. Absorptie

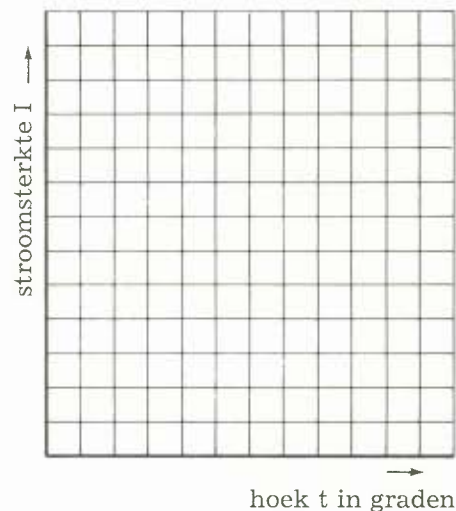
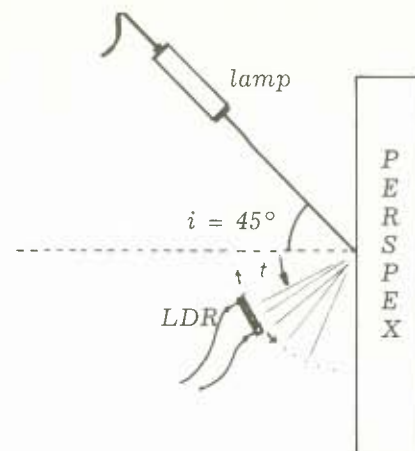
Maak met behulp van een lichtkastje een smalle lichtbundel. Zet de LDR in de bundel op ongeveer 10 cm van de lichtbron.

Plaats nu één voor één de blokjes perspex tussen de lichtbron en de LDR en meet steeds de stroomsterkte.

Zet je gegevens in de tabel hiernaast.

Vragen en opdrachten over absorptie

Zie proef III. Teken in het onderstaande diagram de grafiek van de stroom I (vertikaal) tegen het aantal blokjes n.



aantal blokjes N	stroom I

3

Hoe kan je aan de grafiek zien dat er steeds minder licht wordt doorgelaten?

4

Ga na of geldt dat bij $2 \times$ zoveel blokjes de stroom $2 \times$ zo klein wordt.

5

Hoeveel mm perspex is nodig om de stroom te halveren?

Als we aannemen dat dan de helft van het opvallende licht wordt geabsorbeerd en dus het licht voor de helft wordt doorgelaten, kunnen we deze afstand de halveringsdikte noemen.

6

Welk percentage licht wordt steeds door één blokje perspex doorgelaten?

7

Bekijk eens een mikroskoop. Beneden zit een draaibaar spiegeltje. Waarvoor dient dat? Kan het niet zonder spiegeltje?

8

Probeer eens na te gaan welk percentage van het opvallende licht door zonnebrillen wordt geabsorbeerd.

Maak een onderscheid tussen polaroid en gewoon glas of plastik.

97 Het maken van een afstandmeter

In een aantal fototoestellen is de mogelijkheid aanwezig om door de zoeker kijkend de afstand in te stellen. Je ziet dan vaak in het midden van het beeld een rondje, waarin een gedeelte van het te fotograferen voorwerp iets verschoven is ten opzichte van de rest.

Door nu aan de afstandinstelling van de lens te draaien is het mogelijk om een gaaf doorlopend beeld te verkrijgen, wat inhoudt dat dan de juiste afstand is ingesteld.

Met het toestel dat hieronder beschreven wordt kan je op een iets vereenvoudigde manier er achterkomen hoe dat scherp stellen in z'n werk gaat.

Het toestel bevat twee spiegels:

- Een gewone spiegel (sp. 2), die draaibaar is. Hier zit een wijzer aan die langs een schaalverdeling loopt.
- Een halfdoorlatende spiegel (sp. 1). Je kan hier eventueel een gewoon stukje glas voor nemen, bijvoorbeeld een objektglaasje voor een mikroskoop.

De werking van het toestel is als volgt:

We kunnen het voorwerp direkt door spiegel 1 heen zien., Het licht valt dan via weg 1 in ons oog.

We kunnen het voorwerp direkt door spiegel 2 heen zien. Het licht valt dan via weg 2 in ons oog.

In het algemeen zullen de twee beelden die hierdoor in ons oog ontstaan niet samenvallen. Door spiegel 2 te verdraaien is het nu mogelijk om beide beelden precies te laten vallen.

Als we dit nu doen bij bekende afstanden, bijvoorbeeld 5 meter, en dan bij de wijzer de afstand zetten, kunnen we een schaalverdeling maken. Dit noemen we ijken.

We kunnen dan de afstandmeter op een onbekende afstand instellen en zo aflezen wat die afstand is.

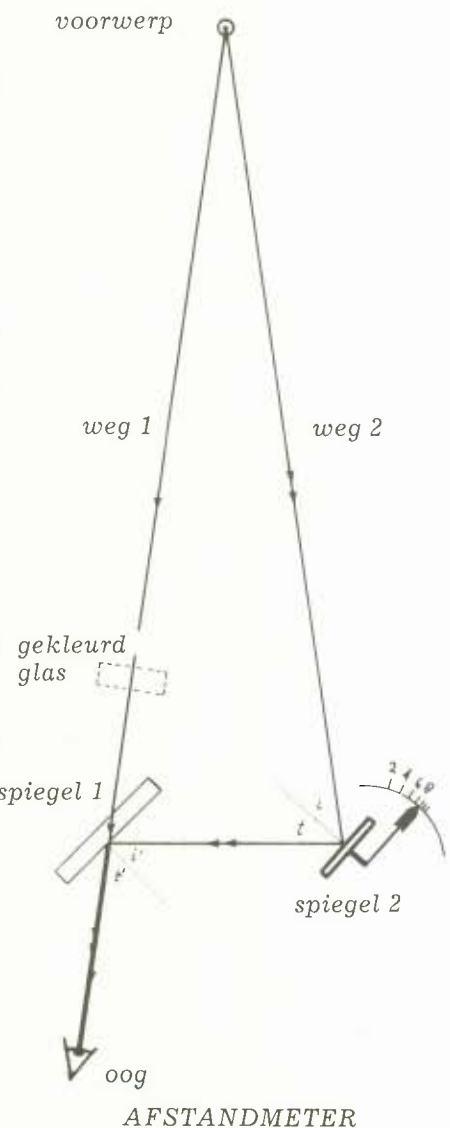
Als de beelden erg veel in helderheid verschillen is het mogelijk een gekleurd stukje glas of plastik voor spiegel 1 te plaatsen.

Het bouwen van de afstandmeter

Neem een tripex latje van $38 \times 2,5 \times 1$ cm (lxbxh).

Maak een schuine inkeping aan de bovenkant en zet daar de halfdoorlaatbare spiegel in.

Zet op 19 cm afstand het draaibare spiegeltje.



Je kunt dit bijvoorbeeld vastmaken aan een spijker, waaraan ook de wijzer voor het aflezen is gesoldeerd.

Aan het triplex plaatje kun je dan nog een stuk papier vastmaken, waarop je de schaalverdeling kunt maken.

Opdrachten

1

Maak een schaalverdeling door de afstanden van voorwerpen te meten, waarvan je de afstand al kent.

2

Meet vervolgens de lengte van je bank, de lengte van het lokaal en nog een paar afstanden.

3

Wat kun je doen aan je afstandmeter om hem voor grotere afstanden nauwkeuriger te maken?

98 Zons- en maansverduisteringen

Het gebeurt maar heel zelden, dat er in Nederland een volledige zonsverduistering plaatsvindt. Als dat gebeurt dan staat dat al lang van te voren in de krant. Het is voor veel mensen namelijk een heel belangrijke gebeurtenis - voor sterrekundigen, biologen, natuurkundigen en waarschijnlijk ook voor astrologen, dat zijn mensen die de toekomst uit de stand van de sterren voorspellen. Al deze wetenschappers kunnen op het moment van de zonsverduistering dingen bestuderen die je normaal niet kunt waarnemen. De dieren- en plantenwerelden neemt aan dat het avond wordt, en reageert daarop door bijvoorbeeld stil te worden. Er steekt een wind op door de plaatselijke afkoeling. Sterrekundigen kunnen het licht van de corona en chromosfeer heel makkelijk waarnemen, omdat de directe straling, die normaal alles „overstemt”, nu is afgeschermd.

Gedeeltelijke zonsverduisteringen komen in Nederland vaker voor dan totale. Hierbij bedekt de maan, van ons uit gezien, maar een gedeelte van de zon.

Proef 1

Het is niet zo moeilijk een zonsverduistering redelijk na te bootsen. Dat kun je op de volgende manier doen:

Neem een opaal gloeilamp (melkglas 25 W) en hang op 50 cm afstand een wit stuk papier (zie tekening hiernaast).

Hang daar tussenin een pingpongballetje aan een touwtje op 30 cm van de lamp. De lamp stelt de zon voor, het balletje de maan, het papier een deel van de aarde. Natuurlijk niet in de goede verhoudingen!

Op het aardoppervlak zie je het schaduwbeeld van de maan. Maak van die schaduw een tekening!

Het valt je waarschijnlijk op dat er in de schaduw een cirkelvormig, donker stuk zit, met daaromheen een lichtere rand. We noemen die stukken kernschaduw en halfschaduw.

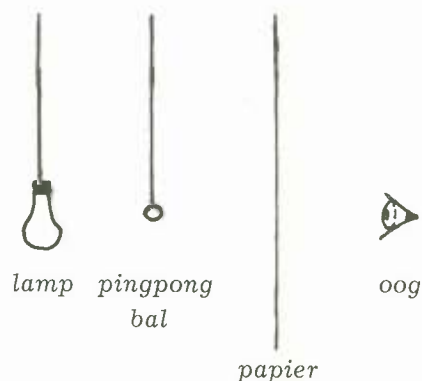
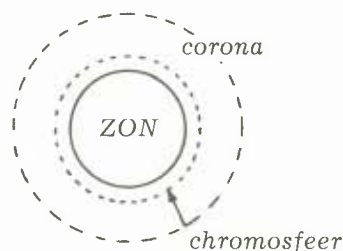
Maak nu in het halfschaduwgebied een gaatje van $\frac{1}{2}$ à 1 cm diameter, men kijk daardoor naar de pingpongbal en de lamp.

Teken in je schrift wat je ziet! Welk soort zonsverduistering zie je vanaf diè plaats op aarde?

Als je het papier verschuift zodat het gaatje in het kernschaduwgebied terecht komt, kun je daardoor nu zien, dat er op het kernschaduwgebied helemaal geen licht valt - op die plaats is de zonsverduistering volledig. Zoals je merkt komen kernschaduw- en halfschaduwgebieden niet alleen bij zonsverduisteringen voor, maar ook bij gewone schaduwen van lampen.

Opdracht 1 en 2

Kijk maar in de hiernaast staande tekening, waarin een lamp de schaduw van een kartonnetje op een scherm geeft.



1

Teken de schaduw die door L_1 van het karton op het scherm gevormd wordt.

Doe hetzelfde voor L_2 .

Geef nu het kernschaduw- en het halfschaduwgebied aan.

Zet een stip waar je net de bovenste helft van de T.L.-buis kunt zien.

2

Als je bij de proef die een zonsverduistering nabootst goed naar de halfschaduw kijkt, kun je zien dat het gebied niet egaal is „verlicht”. Als je bedenkt wat je zag door vanuit de halfschaduw naar de lamp te kijken, kun je dan verklaren waarom een halfschaduwgebied **niet** egaal grijs **kàn** zijn?

Proef 2: een maansverduistering

Met een oude tennisbal, een breinaald, een pingpongballetje en een diaprojektor is heel snel een model te maken van een maansverduistering.

Steek de breinaald door de tennisbal en buig hem dan om.

Buig 4 à 5 cm vanaf de punt de breinaald weer om en lijm op die punt een pingpongballetje, waarin je eerst een gaatje hebt gemaakt.

Zorg er door iets meer of minder buigen voor, dat de beide balletjes op één lijn komen, zoals op de tekening.

Door de breinaald rond te draaien, terwijl je de aarde en maan in de bundel van de diaprojektor houdt, ontstaat vanzelf een maansverduistering.

Opdracht 3 en 4

3

Hoelang duurt het, voor de maan één keer rond de aarde is gedraaid? Zoek het eventueel op in een boek.

4

Hoe vaak per jaar zal er dus een maansverduistering moeten zijn? Misschien lukt het je om in een boek te vinden, waarom er toch niet zoveel maansverduisteringen zijn als je zou verwachten. Met je model kun je de echte situatie nabootsen. Schrijf dan op hoe je dat hebt gedaan.

Bij een echte maansverduistering is de maan niét helemaal verduisterd als hij in de schaduw van de aarde zit. Je kunt dan nog een zwak roodachtig verlichte maan zien.

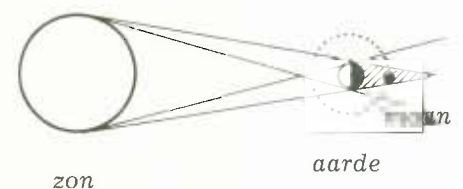
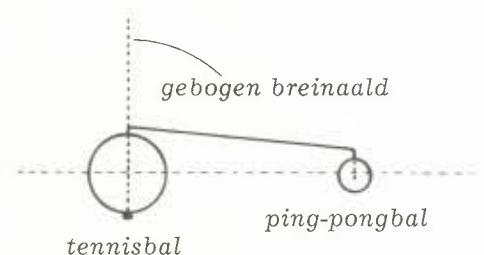
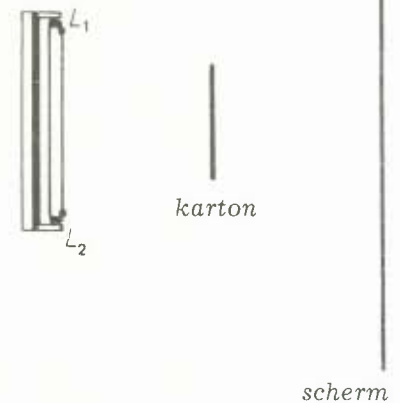
Dat komt omdat er toch nog lichtstralen op de maan terecht komen. Het is zonlicht, dat door de atmosfeer rond de aarde wordt afgebogen.

Opdracht 5

3

Zoek in een encyclopedie de werkelijke afstanden op tussen de zon en de aarde en de maan en de aarde.

Ga na waar de projektor moet staan, opdat de verhouding van afstanden projektor-tennisbal en tennisbal-pingpongbal klopt met de werkelijkheid.



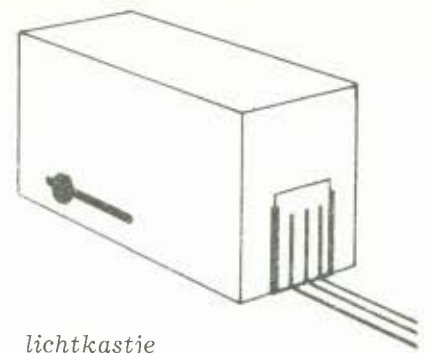
99 Reflektoren

In koplampen van auto's en fietsen en in zaklantaarns wordt gebruik gemaakt van reflectoren om het licht goed naar voren te laten schijnen. Ook bij verlichting in huizen en winkels gebruikt men reflectoren om het licht te bundelen en te richten („spotjes”). Om dergelijke en andere toepassingen van reflectoren beter te kunnen begrijpen, gaan we eerst eens de loop van lichtstralen bekijken bij terugkaatsing tegen een holle en bolle spiegel.

Voor dit onderzoek gebruiken we een lichtkastje, een positieve (cilinder-) lens en twee rond gebogen plaatjes, de ene spiegellend aan de binnenkant - de holle spiegel - en de andere spiegellend aan de buitenkant - de bolle spiegel.

Je plaatst het lichtkastje op een vel papier en je brengt voor het lichtkastje een plaatje met drie gleuven aan, zodat er op het vel papier drie smalle lichtbundels te zien zijn. We noemen dat lichtstralen. Je moet er voor zorgen dat de lichtstralen evenwijdig zijn.

Bij het werken met spiegels en ook lenzen gebruikt men vaak het begrip **hoofdas**. Ook bij bolle en holle spiegels heb je te maken met een hoofdas. Je gaat deze nu eerst bepalen.



lichtkastje

Proef 1. De hoofdas van een bolle en holle spiegel

Je zet de bolle spiegel op het papier neer en laat de drie lichtstralen er op vallen.

Verschuif het lichtkastje net zo lang, totdat de middelste van drie invallende lichtstralen zo wordt teruggekaatst, dat invallende en teruggekaatste straal samenvallen.

Op de plaats waar deze straal over het papier loopt, kun je met een lineaal **de hoofdas** tekenen.

Doe hetzelfde voor een holle spiegel.

Proef 2. Verder met de bolle spiegel

Je zet de bolle spiegel zo neer, dat de lichtstralen evenwijdig aan de hoofdas op het spiegellend oppervlak vallen. Zorg er voor dat de afstand van de lichtstralen tot de hoofdas gemiddeld zo klein mogelijk is.

Je ziet dat de teruggekaatste lichtstralen

Geef met potloodlijnen de loop van de lichtstralen en de plaats van de spiegels aan. Teken ook de hoofdas.

Als je de potloodlijnen die de teruggekaatste lichtstralen weergeven naar achteren verlengt, dan zie je dat ze in één punt samenkomen. Men noemt dit punt, het **brandpunt** van de bolle spiegel.

Het brandpunt ligt evenals bij een lens op de

Proef 3. Verder met de holle spiegel

Vervolgens doe je dezelfde proef met de holle spiegel.

Je ziet nu dat de teruggekaatste lichtstralen

Geef ook hier weer met potloodlijnen de loop van de lichtstralen en de plaats van de spiegels aan.

Teken ook de hoofdas. Het punt waar de teruggekaatste lichtstralen samenkomen heet het **brandpunt** van de holle spiegel. De afstand van het brandpunt tot de spiegel gemeten langs de hoofdas noemt men de **brandpuntsafstand**.

Meet de brandpuntsafstand van de holle spiegel.

Brandpuntsafstand = cm

Opmerking: de lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas lopen komen alleen samen in één punt als de afstand tot de hoofdas niet te groot is. Wanneer de doorsnede van de spiegel niet de vorm van een cirkel maar van een parabool zou hebben, dan komen wel alle lichtstralen evenwijdig aan de hoofdas samen in één punt.,

Plaats nu voor de verticale spleten de positieve cilinderlens waardoor de lichtstralen in één punt samenkomen.

Dit punt kun je beschouwen als lichtbron waar vandaan de stralen komen die op de holle spiegel vallen.

Plaats de spiegel zodanig dat de „lichtbron” op de hoofdas van de spiegel ligt. Schuif net zolang met de spiegel tot de lichtstralen als evenwijdige lichtstralen teruggekaatst worden.

Meet de afstand van de lichtbron tot de spiegel langs de hoofdas.

Afstand lichtbron - spiegel = cm. Vergelijk die afstand met de brandpuntsafstand van de spiegel.

Konklusie



Op grond van welke eigenschap van de loop van lichtstralen had je dit wel kunnen voorspellen?

Toepassingen.

Zoals uit het onderzoek blijkt komen alleen holle spiegels in aanmerking om uit de divergente bundel lichtstralen, zoals die uit een lamp komen, een evenwijdige bundel lichtstralen te maken.

Opdracht 1.

Bekijk de koplamp van je fiets en een zaklantaarn. Ga na waar de holle spiegel zit die als reflektor dient.

Ga na of de bundel die uit de koplamp of uit de zaklantaarn komt evenwijdig is.

Als de bundel niet evenwijdig is, wat is hij dan?

Met behulp van je resultaten uit proef 3 moet je de volgende vraag kunnen beantwoorden:

Zit het lampje dan dichterbij of verder weg dan op de brandpuntsafstand?

Ook in een diaprojektor bevindt zich een holle spiegel als reflektor.

Vraag maar aan je leraar of de amanuensis of hij je dat eens wil laten zien.

Holle spiegels als reflektoren worden niet alleen gebruikt om lichtstralen te weerkaatsen. Misschien ken je wel de zogenaamde elektrische straalkachels. Deze bestaan uit een holle metalen spiegel waarvoor een elektrisch verwarmingselement zit. De warmtestralen die uit het verwarmingselement komen worden teruggekaatst door het oppervlak van de holle spiegel. Ze komen er als bijna evenwijdige, enigszins divergente stralen vandaan. Als het koud is en je gebruikt die kachel, dan voel je de warmte als je in de bundel staat. Als je er vlak naast staat voel je alleen kou.

Ook wat uit hierboven staat, blijkt dat lichtstralen en warmtestralen niet zoveel van elkaar verschillen. Licht kun je zien, warmtestralen alleen voelen, maar beide kun je met een holle spiegel richten.

Zo kunnen bijvoorbeeld zonnestralen heel goed gebruikt worden om iets te verhitten; denk maar aan een brandglas. Maar dat kan natuurlijk ook met een holle spiegel.

De vrijwel evenwijdige lichtstralen afkomstig van de zon die op een holle spiegel terecht komen, zullen na terugkaatsing in de buurt van één punt (het brandpunt) samenkomen.

Neem je een vrij grote holle spiegel en richt je die op de zon, dan kun je op de plaats van het brandpunt een ei bakken. In de Franse Pyreneeën staat een huizenhoge holle spiegel opgesteld waarmee men zonnestralen kan laten konvergeren. Men heeft daarmee op de plaats van het brandpunt een temperatuur van 3500°C kunnen bereiken.

Opdracht 2.

Maak zelf eens met behulp van bijvoorbeeld aluminium-folie een grote holle spiegel. Richt de spiegel op de zon en bepaal de plaats van het brandpunt.

Hang een thermometer zo op dat het reservoir zich bevindt op de plaats van het brandpunt.

Als je het reservoir zwart maakt met roet of verf (mat), dan wordt de warmte beter geabsorbeerd. Scherm de thermometer af tegen directe zonnestraling. Hang een andere maar wel gelijke thermometer vrij op, met eveneens een beroet reservoir.

Ga na hoeveel temperatuurstijging beide thermometers na een bepaalde tijd aangeven.

Zoals licht reflekteert tegen holle spiegels, zo kunnen ook radiogolven tegen holle spiegels reflektoren. Je hebt misschien wel eens die PTT-torens gezien die gebruikt worden om telefoongesprekken via radiogolven over te brengen. Bovenaan bevinden zich een aantal reflektoren. In het brandpunt van zo'n holle spiegel is een zender gemaakt. De radiogolven die de zender uitzendt gaan na terugkaatsing evenwijdig verder. De reflektor staat zo opgesteld dat de evenwijdige bundel radiogolven een reflektor in een toren op een andere plaats treft. Hierdoor komen de radiogolven weer samen in het brandpunt waar een ontvanger opgesteld is.



straalkachel met reflektor

Vraag: Wat zou het voordeel zijn van het uitzenden en ontvangen van radiogolven op deze manier?

Bij radar gebeurt iets dergelijks als hierboven beschreven is voor radiogolven. Een zender in het brandpunt van een holle spiegel zendt radargolven uit. Na terugkaatsing gaan de radargolven evenwijdig verder. Als de golven een voorwerp treffen, worden ze teruggekaatst en komen weer terug. Men kan dan bepalen waar het voorwerp zich bevindt.

Ook in de astronomie gebruikt men holle spiegels als reflektoren. Vanuit het heelal bereikt de aarde o.a. radiostraling. Met behulp van de gegevens uit deze radiostraling verkregen kunnen de astronomen meer te weten komen over de bouw van het heelal. Men richt daartoe een daarvoor geschikte holle spiegel op de ruimte, de radiogolven die evenwijdig aan de hoofdas de spiegel treffen komen samen in het brandpunt waar een ontvanger opgesteld staat. Zo kan men de aard van die straling nagaan.

In Nederland staat een aantal van deze zogenoemde radioteleskopen opgesteld bij Westerbork in Drente.

Het is gebleken dat radiogolven geen massieve holle spiegels nodig hebben om er op terug te kaatsen. Daarom worden de spiegels van radioteleskopen ook wel van fijn gaas gemaakt, waardoor de spiegel veel lichter wordt.

123 Beeldkonstruktie bij een bolle lens

Wat moet je kunnen aan het eind van dit blad

1

Je moet kunnen tekenen hoe stralen na passage door de lens verder lopen als ze invallen:

- evenwijdig aan de hoofdas;
- komend uit de richting van een brandpunt
- op het midden van de lens (het optisch middelpunt).

2

Je moet als de plaats van het voorwerp en de brandpuntafstand van de lens gegeven is, de plaats van het beeld kunnen konstrueren als de voorwerpsafstand groter is dan de brandpuntsafstand.

3

Je moet weten wat met de beeldsafstand b gebeurt als je de voorwerpsafstand verandert.

4

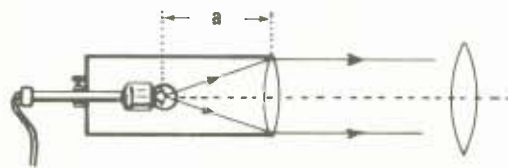
Je moet weten wanneer een bolle lens stralen, afkomstig uit één lichtpunt L , wèl en wanneer niet meer in één beeldspunt verenigt.

A. PRAKTIKUM

In P 2 heb je gewerkt met een kamera met een lens. Je hebt daar scherpe beelden gezien van voorwerpen op een scherm. Hoe zo'n beeld nu met behulp van een lens gevormd wordt ga je in dit praktikum onderzoeken. Net als in P 3 laat je daarbij verschillende lichtbundels en -stralen op een lens vallen en kijkt dan nauwkeurig wat de lens met deze stralen doet. Teken de aangegeven opdrachten op de daarvoor bestemde ruimte op het tekenvel.

Proef 1. Het brandpunt van een lens

- Maak een lichtbundel die uit evenwijdige stralen bestaat, zoals in de tekening is aangegeven. Laat daarbij de bundel over het tekenvel scheren. Korrigeer het niet evenwijdig zijn door de afstand a te veranderen.
- Plaats een schermje met 3 of 5 spleten in de bundel zó dat 3 of 5 'lichtstralen' ontstaan.



- c. Plaats een bolle lens in de stralen zó dat de hoofdas met de middelste straal samenvalt.

Meet de brandpuntsafstand. $f =$ cm.

- d. Bedek nu één of meer spleten en teken de loop van de lichtstralen.
e. Konklusie: een lichtstraal die evenwijdig aan de hoofdas op een lens valt, gaat daarna altijd door

De bij de volgende proeven behorende tekeningen moeten op het daarvoor bestemde tekenvel getekend worden.

Proef 2. Licht afkomstig van één punt van de hoofdas

- a. Verwijder de lens op de lamphouder. We noemen de gloeidraad van het lampje nu voortaan het **lichtpunt L**. De uittredende lichtbundel is niet meer evenwijdig maar
- b. Plaats een bolle lens in de bundel zó dat de afstand lampje tot lens ongeveer $3 \times$ zo groot is als de brandpuntsafstand. Deze afstand heet de voorwerpsafstand v .

$f =$ cm (zie 1c), dus $v =$ cm.

Plaats weer een scherm met 3 of 5 stralen in de bundel.

- c. Teken op het tekenvel de lichtstralen links en rechts van de lens. Het punt waar de lichtstralen door de lens samenkomen heet het **beeldpunt B** van L. Geef in de tekening L en B aan.
- d. Meet de afstand van B tot de lens. Deze afstand heet de **beeldpuntsafstand b**. Beeldafstand $b =$ cm.
- e. Schuif het lampje of de lens zó dat v ongeveer $1\frac{1}{2} f$ is.
- f. Teken op het tekenvel de lichtstralen links en rechts van de lens. Geef B, v en b aan.
- Meet de voorwerpsafstand v . $v =$ cm.
- Meet de beeldpuntsafstand b . $b =$ cm.

Konklusie: als v kleiner wordt, wordt b

- g. Schuif het lampje of de lens nu zó dat $v = f$, dus het lampje komt in het brandpunt op cm van de lens.
- h. Teken op het tekenvel de lichtbundel links en rechts van de lens.

Konklusie:

1

Alle lichtstralen afkomstig uit een lichtpunt L worden na breking door de lens verenigd in een beeldpunt B mits de voorwerpsafstand (v) groter is dan/gelijk is aan/kleiner is dan de brandpuntsafstand (f).

2

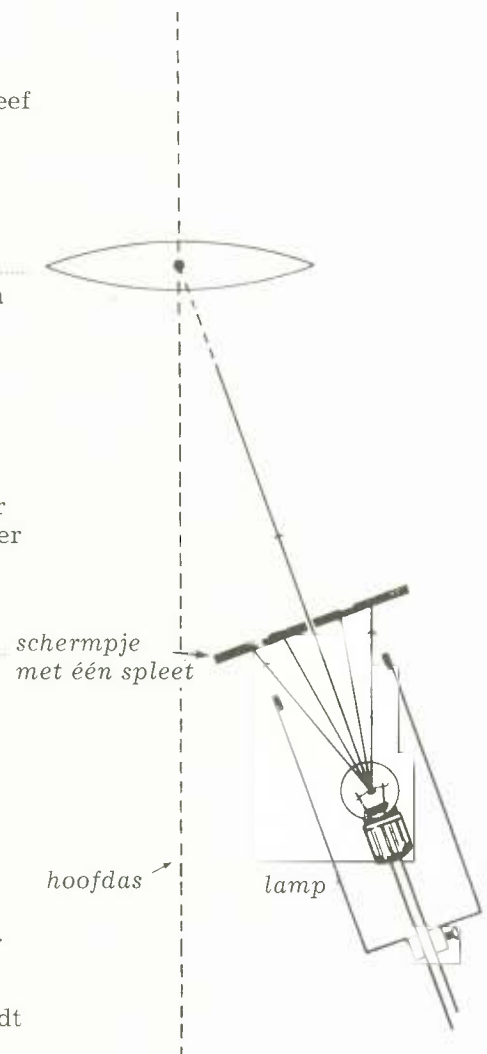
Als $v = f$ lopen de uittredende lichtstralen

Proef 3. Licht afkomstig uit één punt naast de hoofdas.

- a. Plaats het lampje met houder zó als in de tekening hiernaast is aangegeven.
- b. De ene lichtstraal die door de spleet gaat, bereikt de lens in het optisch middelpunt. Teken hoe deze straal verder loopt.
- c. Doe deze proef nog een keer, maar nu in een stand waarbij de lamp iets dichterbij de hoofdas staat. De invallende straal bereikt de lens weer in het optisch middelpunt.

Konklusie:

Een lichtstraal die door het optisch middelpunt van een lens gaat, wordt niet/wel gebroken door de lens.

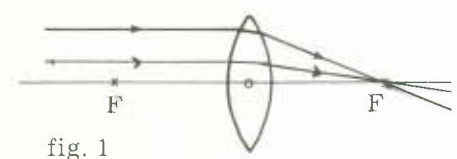


B. THEORIE

Bij de proeven van dit blad heb je misschien het volgende al ontdekt:

1

Een lens heeft een hoofdas en een optisch middelpunt O. Een lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas gaat na breking altijd dóór een brandpunt (fig. 1).



2

Lichtstralen die vanuit een lichtpunt L op de hoofdas vertrekken, worden verenigd in één beeldpunt B (fig. 2). Dit is alleen waar als de voorwerpsafstand v groter is dan de brandpuntsafstand f .

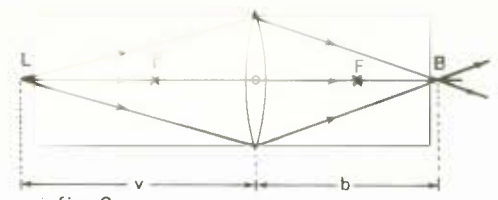


fig. 2

3

Als het lichtpunt L in het brandpunt F staat, zijn de uittredende stralen evenwijdig aan de hoofdas (fig. 3).

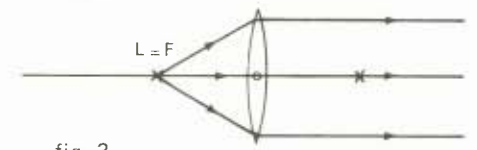
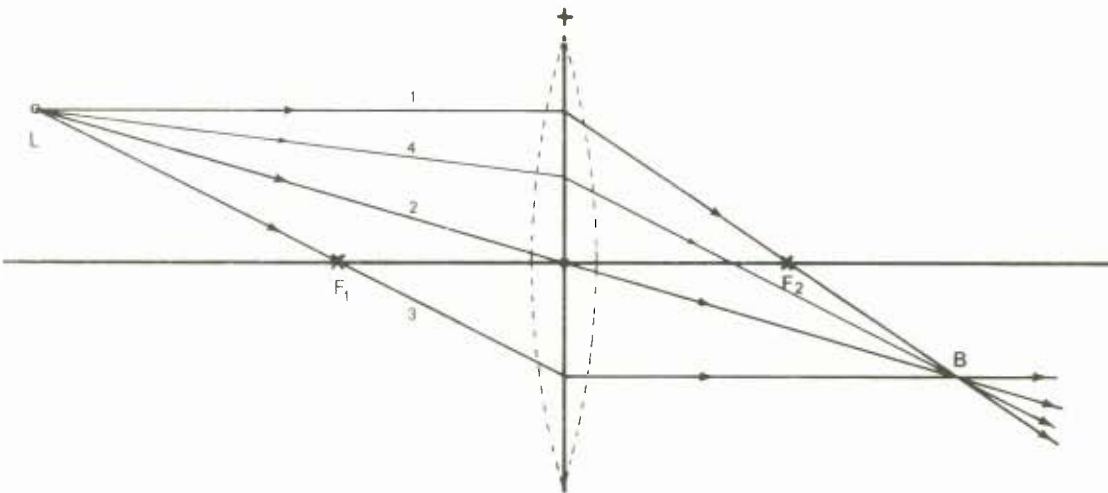


fig. 3

Lichtstralen die vanuit een lichtpunt L naast de hoofdas vertrekken, worden door de lens in een beeldpunt B aan de andere kant van de hoofdas gekonvergeerd.

Hierbij zijn drie bijzondere lichtstralen op te merken:

1. Lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas gaat door rechter brandpunt F_2 (straal 1).
2. Lichtstraal door O gaat ongebroken door (straal 2).
3. Lichtstraal door linkerbrandpunt F_1 gaat evenwijdig aan de hoofdas verder (straal 3).
4. Een willekeurige lichtstraal uit L gaat door het punt B (straal 4).



Om nu te weten te komen hoe een willekeurige lichtstraal uit een lichtpunt L door een lens loopt, ga je als volgt te werk:

1. Je bepaalt hoe de drie bijzondere lichtstralen uit L lopen (de stralen 1, 2 en 3 uit de tekening hier boven).
2. Je weet dan waar het beeldpunt B ontstaat.
3. Teken de willekeurige straal vanuit L naar de lens en vanaf de lens naar het gevonden punt B.

C. OPGAVEN EN VRAAGSTUKKEN

1

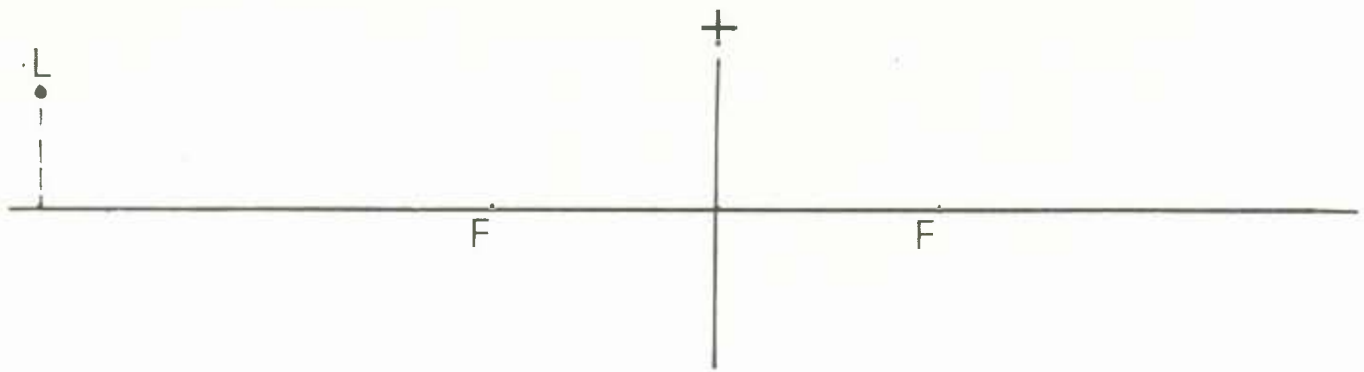
Wat bedoelen we met de begrippen:

- a. Lichtpunt;
- b. Beeldpunt;
- c. Brandpunt.

2

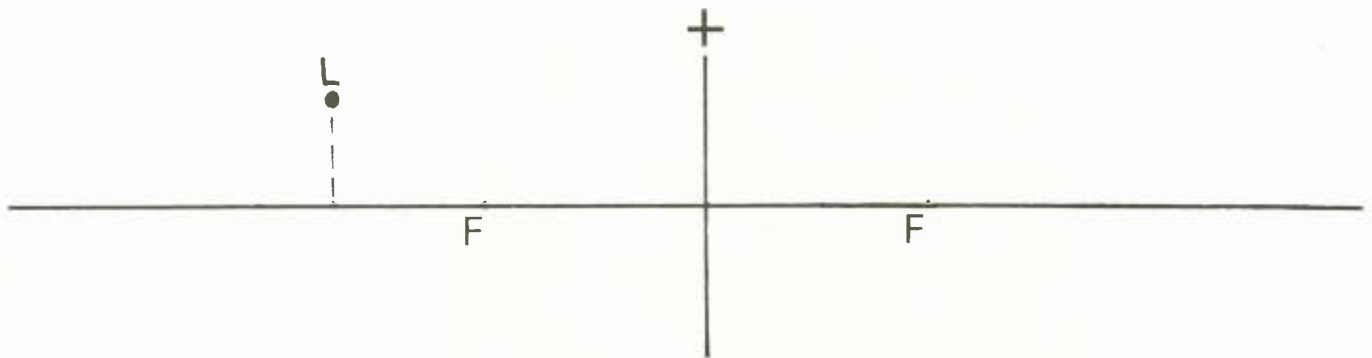
- a. Een lichtpunt L staat voor een lens. Bepaal met behulp van de 3 bijzondere lichtstralen waar het beeldpunt komt.

Meet in deze tekening op: de voorwerpsafstand v = cm.
de beeldpuntsafstand b = cm.



2

- b. Hetzelfde lichtpunt staat nu dichtter bij deze lens. Teken weer met de 3 bijzondere stralen het beeldpunt.



In deze tekening is: $v = \dots\dots\dots$ cm.
 en: $b = \dots\dots\dots$ cm.

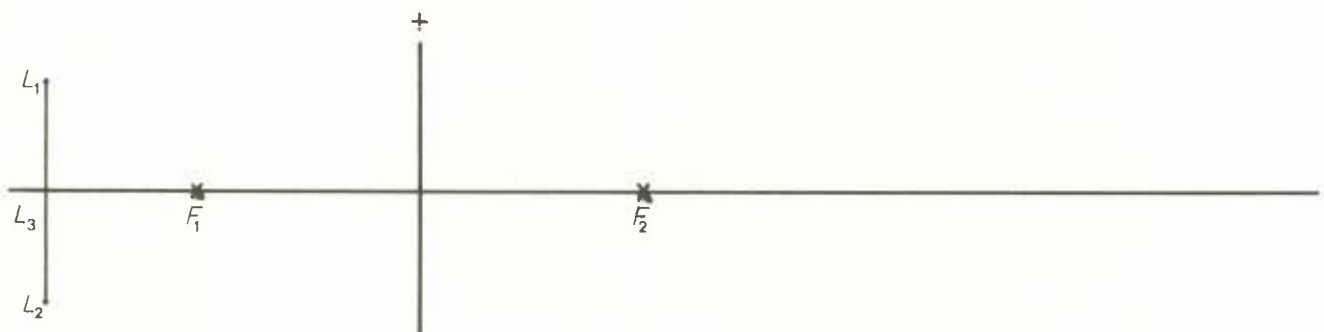
- c. Met behulp van deze 2 tekeningen kan je zelf konkluderen:
 als de voorwerpsafstand v kleiner wordt, zal de beeldpuntsafstand b

.....

3

Om te weten te komen hoe de lichtstralen lopen van een dia die op het scherm geprojecteerd wordt, moet je een aantal stralen tekenen in onderstaande tekening. L_1 L_2 stelt de dia voor. Het licht dat daarvan uitstraalt is afkomstig van de projectielamp, die links de dia verlicht.

1. Teken de drie bijzondere en een vierde willekeurige lichtstraal uit L_1 .
2. Doe het zelfde met een andere kleur voor L_2 .
3. Teken ook het beeld van L_3 .
4. Teken het beeld van de hele dia.

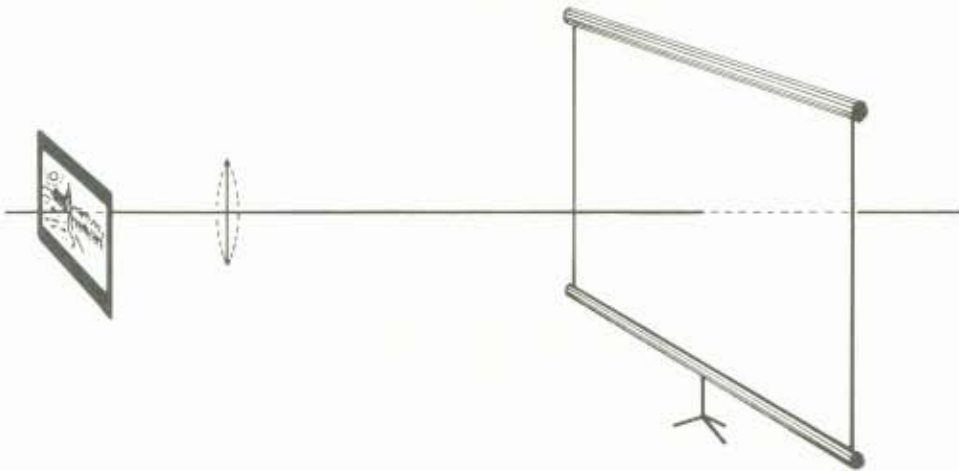


- Als je het beeld op een scherm wilt zien, waar moet je dit dan plaatsen?
- Als de dia iets naar rechts verschoven wordt, hoe moet het scherm dan verplaatst worden? Is het beeld dan groter of kleiner?
- In de praktijk wordt de lens verschoven (in- of uitgedraaid). Vertel wat je met de lens en het scherm moet doen als het beeld te groot is voor het scherm.
- Wat valt je op aan de stand van het beeld vergeleken met de dia?
- Hoe moet je dus een dia in een projector stoppen?
- Wat gebeurt er met het beeld als de onderste helft van de lens wordt afgedekt?

4

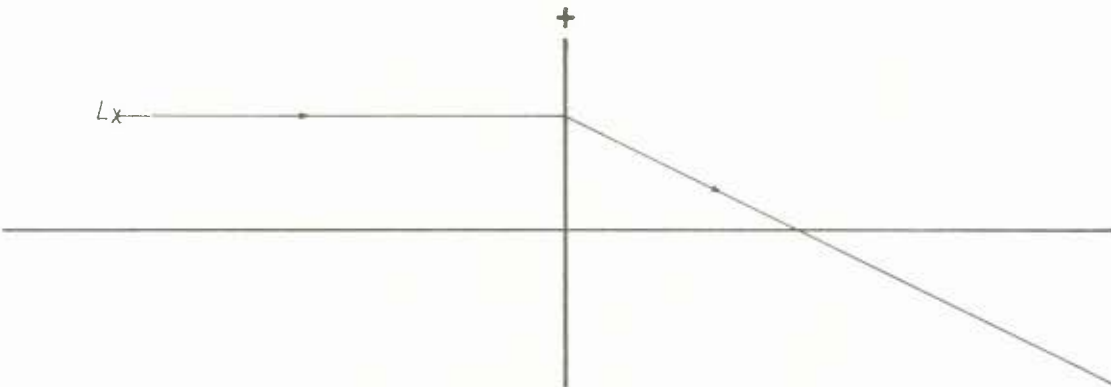
De diaprojektor staat scherp gesteld op het scherm.

Bepaal het beeld van de spits van de kerktoren op het scherm en teken het beeld. Teken de lichtstralen die nog net op de lens vallen en ook hoe ze na breking verder gaan.



5

Bepaal de plaats van het brandpunt van de lens en ook het beeldpunt.



6

Bepaal de plaats van de brandpunten van de lens.

