

# Blok 11

## Lichtbeelden

### Blok 11

### Maak je eigen camera

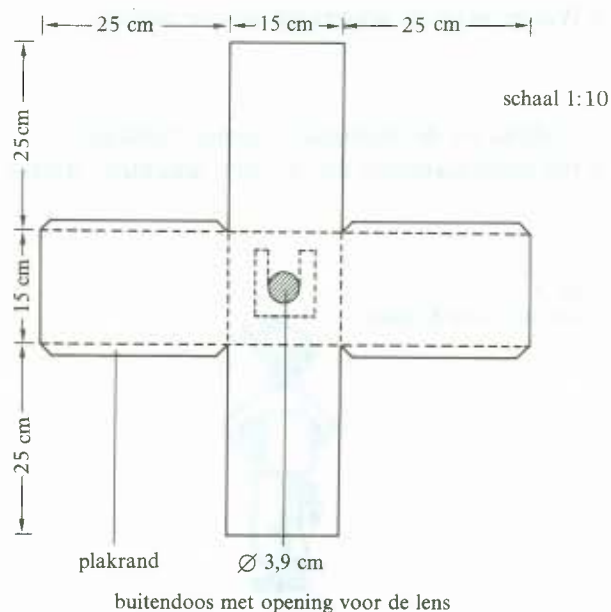
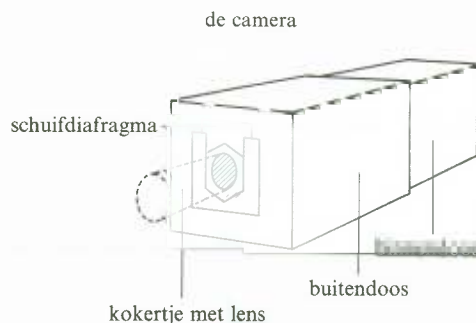
In het eerste blok optica heb je kennis gemaakt met het verschijnsel licht. Je hebt ontdekt hoe het komt dat we voorwerpen kunnen zien en op welke manier een spiegel een beeld vormt van een voorwerp. In dit blok onderzoeken we de werking van een ander optisch

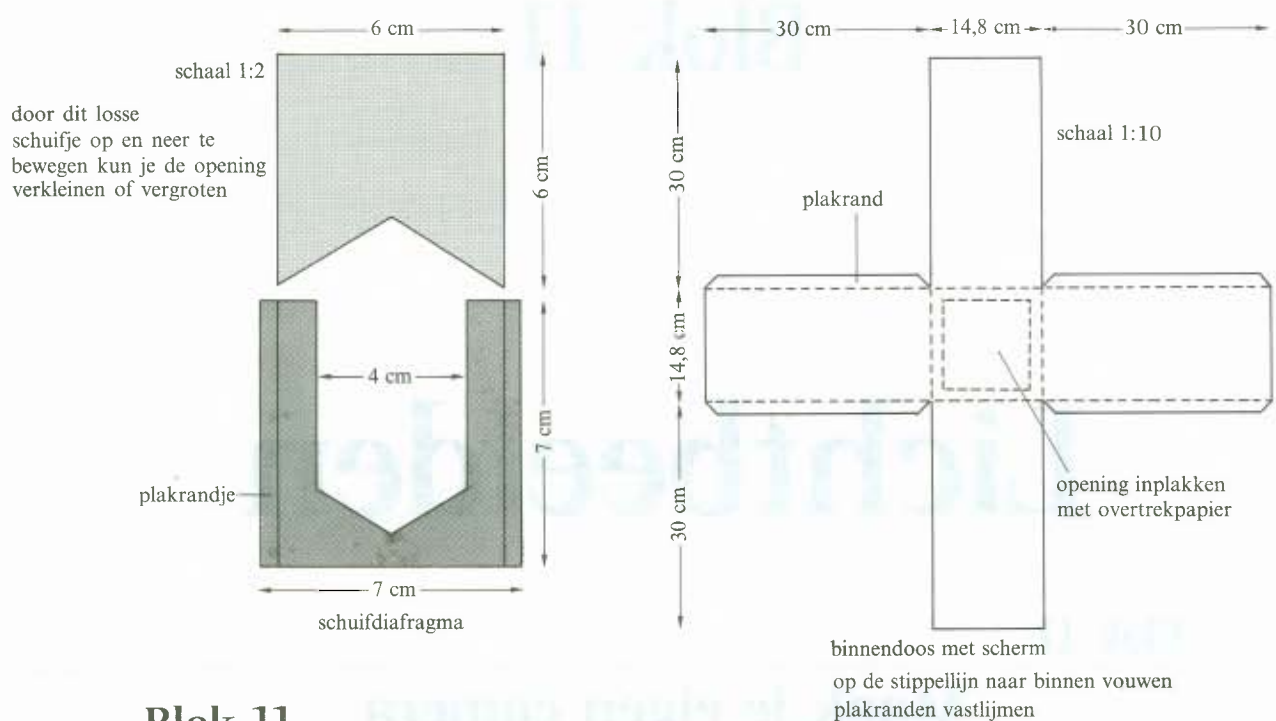
instrument: de lens. Daarbij maken we onder andere gebruik van een camera zoals deze vroeger werd gebruikt. Als je zo'n camera maakt, kun je zelf een aantal proeven uitvoeren.

#### Hoe kun je de camera maken?

De camera bestaat uit twee dozen van stevig karton die in elkaar geschoven kunnen worden. De binnendoos bevat een scherm van overtrekpapier. De buitendoos heeft een opening die je kunt verkleinen. We noemen dat een diafragma. Je kunt de camera ook met een lens gebruiken door vóór het diafragma een kokertje met een vergrootglas te schuiven.

fig. 1  
Bouwtekening van de camera.





## Blok 11

### P1

## De fotocamera

We kunnen de dingen om ons heen zien door het licht dat ze zelf uitzenden of terugkaatsen. Ons oog vormt van die voorwerpen een beeld. Een fotocamera lijkt wat het principe betreft op ons oog. In dit practicum gaan

we na hoe zo'n beeld gevormd wordt bij een camera. Als camera gebruiken we twee dozen, die in elkaar geschoven kunnen worden. De werktekening van deze camera staat aan het begin van dit blok.

### Camera zonder lens

- 1 Voor deze proef kun je de zelfgemaakte camera gebruiken. De verstelbare opening voorin noemen we het diafragma.  
Zet het diafragma helemaal open en richt de camera op een voorwerp buiten.
- a Wat zie je op de achterkant van de camera?

Verklein nu de diafragma-opening steeds meer.

- b Het beeld verandert dan in twee opzichten. Welke?

fig. 2  
Hier sta je voor de camera.



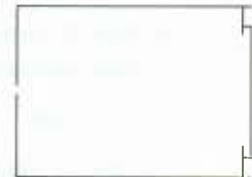
We hebben je getekend voor de camera zonder lens (figuur 2). Teken de lichtbundel die vanuit het puntje van je neus via de opening in de camera valt. Om de bundel te tekenen moet je de twee randstralen tekenen. Teken ook de lichtbundel die vanaf de punt van je voet in de camera valt.

c Waarom staat het beeld op zijn kop?

d Waarom is het beeld onscherp?

fig. 3

*Je staat nu voor een camera met een kleinere opening.*



We hebben je opnieuw getekend voor de camera (figuur 3). De opening van de camera is nu kleiner. Teken weer een lichtbundel vanuit het puntje van je neus en van je voet.

e Welk voordeel heeft een kleinere opening?

f Welk nadeel heeft een kleinere opening?

Uit de proeven met de camera zonder lens kun je de volgende conclusie trekken:

g Vul aan:

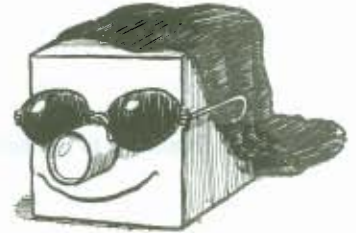
Met een camera zonder lens wordt een punt (bijvoorbeeld het puntje van je neus) afgebeeld als een

We kunnen een goed verduisterd klaslokaal gebruiken als een grote camera. Een klein gaatje in het gordijn is het diafragma. Als we achter het gaatje een doorzichtig scherm plaatsen, ontstaat op het scherm een beeld.

## Camera met lens

Een brilleglas of een vergrootglas noemen we een lens. Lenzen kunnen van glas zijn, maar ook van kunststof. Verder kunnen ze verschillende vormen hebben. Er zijn bolle lenzen (in het midden dikker dan aan de zijkanten)

en holle lenzen (in het midden dunner dan aan de zijkanten). In dit practicum werken we met een bolle lens.



- 2 We schuiven een lens voor de opening van de camera. Probeer op het scherm een scherp beeld te krijgen van een voorwerp buiten door de doos in en uit te schuiven.

- a Welke voordelen biedt een camera met lens boven een camera zonder lens?

---

---

- b Meet de afstand van de lens tot het beeld op het scherm. Deze afstand noemen we de beeldafstand  $b$ .

$b =$  \_\_\_\_\_ cm

- c Schat de afstand van het voorwerp tot de lens. Deze afstand noemen we de voorwerpsafstand  $v$ .

$v =$  \_\_\_\_\_ m

- d Richt de camera nu op een voorwerp vlakbij. Kies een voorwerp, dat goed verlicht wordt.

Wat zie je als je de instelling van de camera niet verandert? \_\_\_\_\_

Stel de camera scherp door de binnendoos in of uit te schuiven.

- e Vul in:

Om een scherp beeld te krijgen moet je de beeldafstand  $b$  (afstand lens-beeld) \_\_\_\_\_ maken.

- f Meet de beeldafstand.

$b =$  \_\_\_\_\_ cm

- g Meet de voorwerpsafstand.

$v =$  \_\_\_\_\_ cm

Vervang de lens door een sterkere (bollere) lens. Maak vanaf dezelfde plaats een scherp beeld van hetzelfde voorwerp.

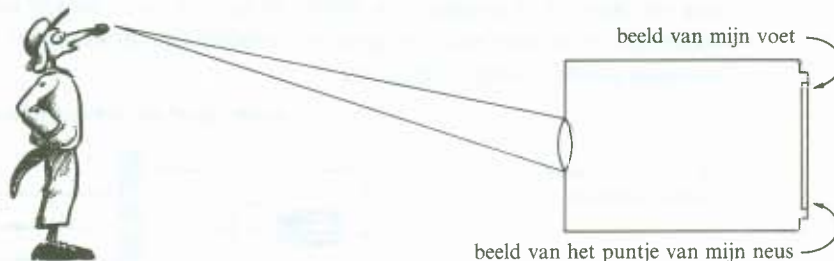
- h Meet de beeldafstand.

$b =$  \_\_\_\_\_ cm

- i Wat verandert er als je een sterkere lens gebruikt, als je let op:

- de grootte van het beeld? \_\_\_\_\_
- de scherpte van het beeld? \_\_\_\_\_
- de beeldafstand? \_\_\_\_\_

fig. 4  
Daar sta je weer; nu voor  
een camera mét lens.



- 3 Daar sta je weer (figuur 4). Nu voor een camera mét lens. Het puntje van je neus zie je als een scherpe punt afgebeeld. Het hele beeld is scherp. Blijkbaar wordt ieder punt afgebeeld als een scherp punt.

De lichtbundel vanaf het puntje van je neus naar de lens is al getekend. Ook de plaats van het beeld van je neus is in de tekening aangegeven.

- a Maak de loop van de stralen verder af.
  - b Teken (met een andere kleur) op dezelfde manier de lichtbundel vanaf je voet naar het scherm.
- Uit de proeven met de camera mét lens kun je de volgende conclusies trekken:

- c Vul aan:

1 Met een camera met lens wordt een punt afgebeeld als een .....

2 De plaats van het beeld hangt af van .....

en .....

## Blok 11

### P2 Stralengang door een lens

In het vorige practicum hebben we gewerkt met een camera met lens. Je hebt toen op een scherm scherpe beelden gezien van voorwerpen. In dit practicum ga je de lens verder onderzoeken. Daarbij gebruik je een lichtkastje of een optische rail met een lamphouder en

een lens.

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

## Het brandpunt van een bolle lens

- 1 Uit het lichtkastje komt een bundel lichtstralen.

Verander de vorm van de lichtbundel door de lens (of de lamp) te verschuiven.

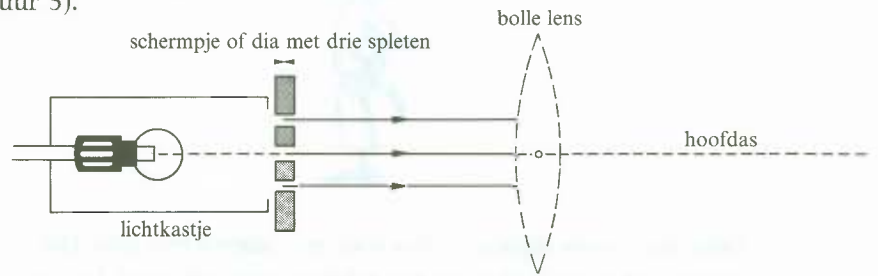
Welke drie soorten lichtbundels kun je maken?

## 2 Maak een bundel evenwijdige lichtstralen.

Leg een lens op de aangegeven plaats op het tekenvel. De lijn die loodrecht op de lens staat en door het midden van de lens gaat, noemen we de hoofdas (figuur 5).

fig. 5

Op de lens valt een evenwijdige lichtbundel.



Laat de bundel evenwijdig aan de hoofdas op de lens vallen. Het punt waar de lichtstralen van de bundel na het passeren van de lens samenkomen, heet het brandpunt F van de lens.

- Teken op het tekenvel de lichtbundel die uit de lens komt.
- Meet de afstand van het midden van de lens tot het brandpunt. Deze afstand noemen we de brandpuntsafstand  $f$  van de lens

$f =$  ..... cm

Neem het resultaat van deze proef van je tekenvel over in figuur 5.

Laat nu de lichtbundel van de andere kant op de lens vallen door het tekenvel met de lens een halve slag te draaien.

- Teken op het tekenvel de bundel die uit de lens komt.
- Geef opnieuw het brandpunt aan en meet de brandpuntsafstand.

$f =$  ..... cm

- Wat valt je op als je beide brandpuntsafstanden met elkaar vergelijkt?

## Het brandpunt van een bollere lens

### 3 Herhaal de metingen uit proef 2 met een bollere lens.

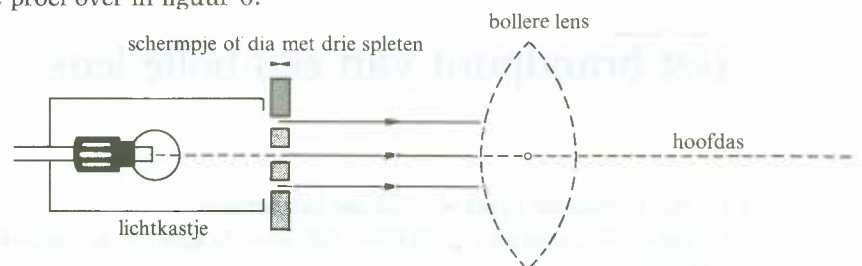
- Teken de lichtbundels op het tekenvel.
- Geef op het tekenvel de plaats van beide brandpunten aan en meet de brandpuntsafstanden.

$f_1 =$  ..... cm en  $f_2 =$  ..... cm

Neem het resultaat van deze proef over in figuur 6.

fig. 6

Een evenwijdige lichtbundel valt op een bollere lens.



- Vergelijk de resultaten van deze proef en van proef 2.

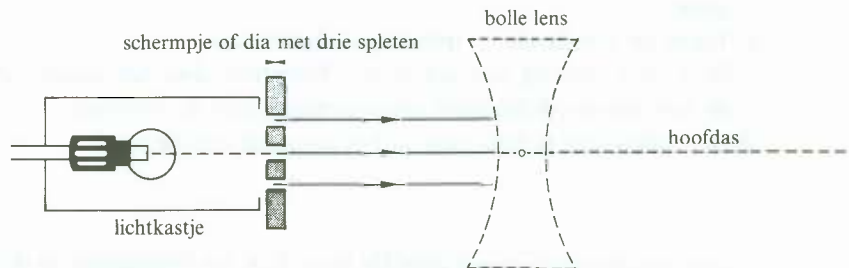
Vul aan: Een bollere lens heeft een ..... brandpuntsafstand.

## De holle lens

- 4 Laat de evenwijdige lichtbundel op een holle lens vallen.  
a Teken op het tekenvel de lichtbundel die uit de lens komt.

fig. 7

Een evenwijdige bundel valt op een holle lens.



Neem het resultaat van deze proef over in figuur 7.

- b Wat valt je op als je de stralengang door een holle lens en een bolle lens met elkaar vergelijkt?

### c Conclusie

Vul aan:

1 Als een bundel evenwijdige lichtstralen op een bolle lens valt, dan lopen de lichtstralen na het passeren van de lens

2 Als een bundel evenwijdige lichtstralen op een holle lens valt, dan lopen de lichtstralen na het passeren van de lens

## Drie bijzondere lichtstralen

Je hebt in de voorgaande proeven gezien hoe een bundel evenwijdige lichtstralen door een lens wordt gebroken. Maar hoe vormt een lens nu een scherp beeld van een voorwerp? Dat onderzoek je met de stralen-

gang van de drie bijzondere lichtstralen door de lens. Later zullen we deze lichtstralen gebruiken om het beeld van een voorwerp te construeren.

- 5 Gebruik je tekenvel en een lens waarvan je de ligging van de brandpunten al bepaald hebt. Geef op het tekenvel de plaats van beide brandpunten aan.

Leg de lens op de aangegeven plaats en laat één lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas op de lens vallen.

Je kunt van een bundel evenwijdige lichtstralen één lichtstraal maken door de rest van de bundel af te dekken. Je kunt ook een schermje of een dia met één spleet gebruiken.

- a Teken de invallende en de uitgaande lichtstraal.  
Herhaal de meting met een andere lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas.
- b Wat valt je op?

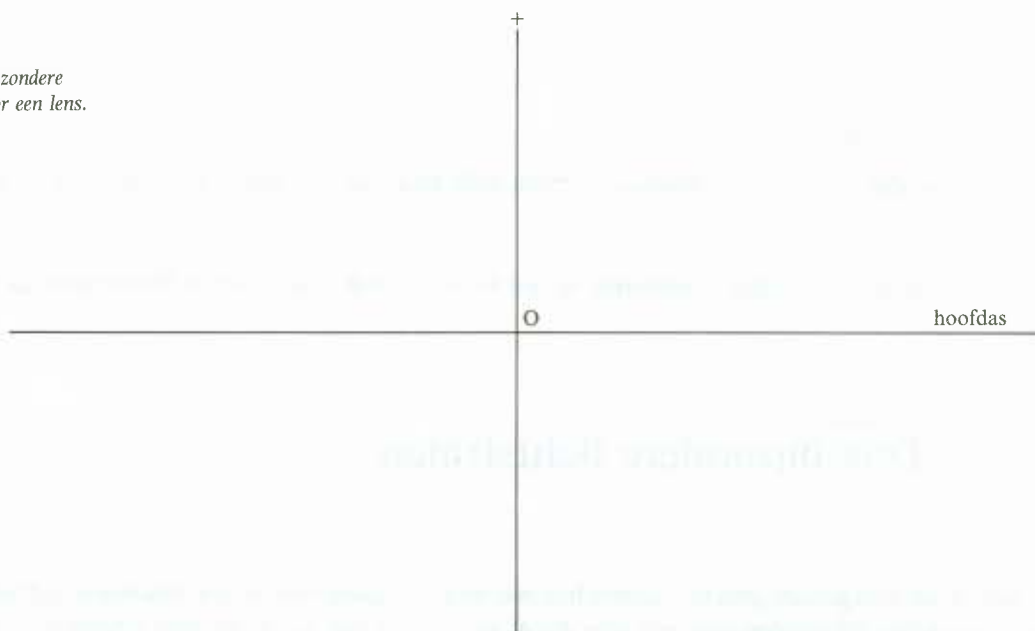
Laat de lichtstraal vanaf dezelfde kant over de hoofdas door de lens gaan.

- c Teken de invallende en uitgaande lichtstraal.  
Herhaal de meting met een andere lichtstraal door het midden van de lens (nu een lichtstraal *niet* evenwijdig aan de hoofdas).
- d Hoe lopen deze lichtstralen na het passeren van de lens?

Laat de lichtstraal vanaf dezelfde kant door het brandpunt op de lens vallen.

- e Teken de invallende en uitgaande lichtstraal.  
Herhaal de meting met een andere lichtstraal door het brandpunt.
- f Hoe lopen deze lichtstralen na het passeren van de lens?

fig. 8  
Breking van bijzondere  
lichtstralen door een lens.



Neem de resultaten van deze proef over in figuur 8.

- g *Conclusie*  
Vul aan:

- 1 Een straal evenwijdig aan de hoofdas gaat na breking door de lens \_\_\_\_\_
- 2 Een straal door het midden van de lens gaat na breking door de lens \_\_\_\_\_
- 3 Een straal door het brandpunt gaat na breking door de lens \_\_\_\_\_

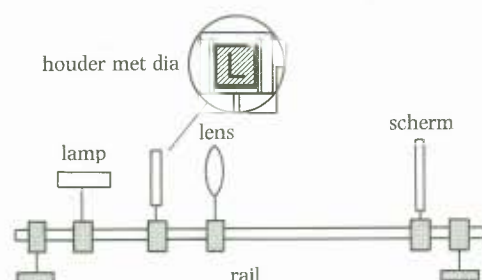
Als je een dia wilt bekijken, maak je meestal gebruik van een diaprojector. De diaprojector maakt van de dia een vergroot beeld op een scherm. We gaan nu de werking van een diaprojector onderzoeken door zelf een eenvoudige projector te bouwen.

Daarvoor heb je nodig:

- een positieve lens (bijvoorbeeld  $f = 10 \text{ cm}$ );
- een lichtbron;
- een scherm;
- een 'dia' met bijvoorbeeld de letter L;
- en een rail met schaalverdeling.

1. Bouw de opstelling, zoals die getekend is in figuur 9. Zet het scherm ongeveer 70 cm van de dia.

fig. 9  
Het model van een dia-  
projector.



Bij een diaprojector wil je dat het beeld van de dia groter is dan de dia zelf.

- a** Probeer nu met je zelfgemaakte projector een scherp beeld te maken van de letter L op het scherm. Doe dit door de lens te verschuiven. Bij deze projectie is het duidelijk dat het voorwerp (de belichte dia) en het beeld verschillende afmetingen hebben. Om duidelijk aan te geven hoe verschillend de afmetingen zijn, wordt in de natuurkunde het begrip vergroting gebruikt. Daarmee wordt bedoeld hoeveel maal het beeld groter is dan het voorwerp. Als symbool voor de vergroting gebruiken we de letter  $N$ .
- b** Meet zo nauwkeurig mogelijk de hoogte van de letter L op de dia.

De grootte van het voorwerp = \_\_\_\_\_ cm.

- c Meet op het scherm hoe groot de hoogte is van het beeld.

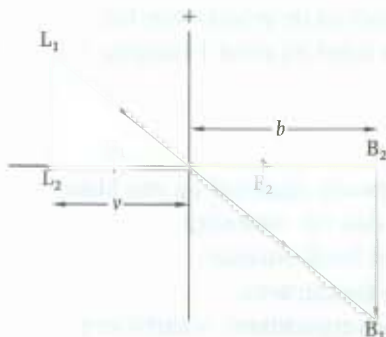
De grootte van het beeld = \_\_\_\_\_ cm.

- d Meet ook de voorwerpsafstand (afstand dia-lens) en de beeldafstand (afstand lens-scherm).

$v =$  \_\_\_\_\_ cm en  $b =$  \_\_\_\_\_ cm

In de tekening (figuur 10) is de hoogte van de letter aangegeven met de pijl  $L_1L_2$  en het gevormde beeld met  $B_1B_2$ .

fig. 10  
Voorwerp en beeld bij de  
diaprojector.



Voor de duidelijkheid hebben we slechts één bijzondere lichtstraal getekend.

- e Controleer zelf de plaats van het beeld door een tweede constructiestraal te tekenen.

In jouw geval was de vergroting

$$N = \frac{B_1 B_2}{L_1 L_2} = \frac{\text{----- cm}}{\text{----- cm}} = \text{-----}$$

Noteer de waarden die je hebt gemeten in de tabel bij meting nr. 1.  
(Alles noteren in cm.)

lens:  $f = \text{-----}$

meting nr.	$B_1 B_2$	$L_1 L_2$	$\frac{B_1 B_2}{L_1 L_2}$	$v$	$b$	$\frac{b}{v}$
1	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Vul in de laatste kolom ook de uitkomst in van  $\frac{b}{v}$

Wat valt je op?

- 2 Maak de afstand tussen de lens en de dia groter door de lens te verschuiven. Zorg steeds voor een scherp beeld op het scherm.

- a Wat gebeurt er met de beeldafstand als de voorwerpsafstand toeneemt?

- b Wat gebeurt er met de grootte van het beeld als de voorwerpsafstand toeneemt?

- c Bepaal de plaats van de dia, waarbij voorwerp en beeld even groot zijn (nauwkeurig meten!).

- d Meet de voorwerpsafstand en de beeldafstand en noteer deze in de tabel bij proef 1 (meting 2).

Voer nog twee metingen uit waarbij sprake is van een vergroot beeld.

- e Meet de voorwerpsafstand, de beeldafstand en de grootte van het beeld. Noteer de gemeten waarden in de tabel bij proef 1 (meting 3 en 4).

- 3 Bij een fotocamera wordt een groot voorwerp afgebeeld op een klein stukje film. Het beeld wordt dus kleiner dan het voorwerp.

Verschuif de lens zo, dat er een verkleind beeld ontstaat.

- a Meet voorwerpsafstand, beeldafstand en beeldgrootte.

Herhaal de meting voor een andere voorwerpsafstand, waarbij een

verkleind beeld ontstaat.

- b Noteer de gemeten waarden in de tabel bij proef 1 (metingen 5 en 6).

- 4a Bij welke voorwerpsafstand vindt er een overgang plaats van een vergroot naar een verkleind beeld?

- b Welk verband kun je ontdekken tussen de vergroting

$$\frac{B_1 B_2}{L_1 L_2} \text{ en de verhouding } \frac{b}{v} ?$$

Als je de voorwerpsafstanden en de bijbehorende beeldafstanden met elkaar vergelijkt, kun je daar moeilijk een regelmaat in ontdekken. Wel is duidelijk dat de beeldafstand kleiner wordt als de voorwerpsafstand toeneemt.

Toch zouden we graag het verband willen weten tussen de voorwerpsafstand en de beeldafstand. We kunnen dan de beeldafstand berekenen als de voorwerpsafstand bekend is. Misschien kun je het verband ontdekken als je de volgende berekeningen uitvoert.

- 5a Bereken voor ieder  $v$  en bijbehorende  $b$  uit de tabel bij proef 1 de waarden van  $\frac{1}{v}$  en  $\frac{1}{b}$  in 3 decimalen. Noteer de waarden in de volgende tabel. (Alles noteren in cm.)

lens:  $f =$  \_\_\_\_\_

meting nr.	$v$	$b$	$\frac{1}{v}$	$\frac{1}{b}$
1	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____
6	_____	_____	_____	_____

- b Welke conclusie kun je uit de tabel trekken? (Geen paniek als het niet lukt; ook natuurkundigen hebben daar de grootste moeite mee gehad.)

In dit practicum onderzoeken we de beeldvorming bij de fotocamera en bij het oog. We gaan na op welke manier voor een goed beeld wordt gezorgd en proberen te ontdekken welke overeenkomsten en verschillen er

zijn.

Eerst moeten we afspreken wat we onder een 'goed beeld' verstaan. Vandaar de volgende vragen.

1a Waarom is het beeld van een camera obscura zonder lens en met een groot diafragma geen goed beeld?

b Waarom is het beeld van een camera obscura zonder lens en een heel klein diafragma geen goed beeld?

c Waarom is het beeld van een lachspiegel geen goed beeld?

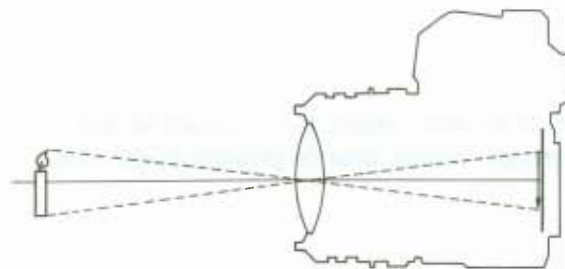
d Welke drie eisen moeten we dus stellen aan een goed beeld?

## De fotocamera

Eerder in dit blok heb je gezien hoe een fotocamera een beeld vormt van een voorwerp. In de tekening (figuur

11) is de camera schematisch weergegeven. De camera vormt een scherp beeld van de kaars.

fig. 11  
Een schematische tekening van een fotocamera.



2a Bepaal in de tekening met behulp van een bijzondere lichtstraal de plaats van het beeld van de kaars.

b Wat weet je van de grootte van het beeld als je deze vergelijkt met de grootte van het voorwerp?

c Op welke manier staat het beeld op de film?

- d Wat weet je van de vorm van het beeld als je deze vergelijkt met de vorm van het voorwerp?

Als we de voorwerpsafstand veranderen, moeten we de camera opnieuw scherp instellen.

- e Op welke manier zorgen we bij de fotocamera voor een scherp beeld?

Een camera moet niet alleen voor een scherp beeld zorgen, maar ook voor een helder beeld. Als er te veel licht op de film valt, wordt deze overbelicht. Bij te weinig licht is de film onderbelicht.

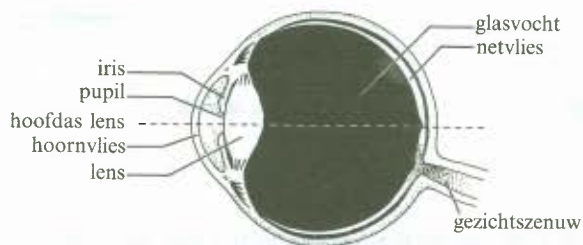
- f Op welke twee manieren kunnen we de hoeveelheid licht regelen die op de film valt?

## Het oog

Het oog vormt op dezelfde manier een beeld als de fotocamera. De belangrijkste onderdelen van het oog die een rol spelen bij de beeldvorming zijn: de ooglens,

het netvlies en de iris met pupil (figuur 12). We gaan nu na hoe het oog een goed beeld vormt.

fig. 12  
Een schematische voorstelling van het oog.



- 3a Welke onderdelen van de fotocamera hebben dezelfde functie als de ooglens, het netvlies en de pupil?  
Noteer dit in de tabel.

oog	camera
ooglens	_____
netvlies	_____
pupil	_____

- b Houd dit boek met gestrekte armen voor je. Beweeg het boek langzaam naar je toe en zorg dat je de letters steeds scherp ziet.  
Wat merk je?

- c Schat de kleinste afstand waarop je de letters gedurende langere tijd nog scherp kunt zien.

..... cm

Als het boek dichterbij komt, wordt de voorwerpsafstand kleiner.

- d Wat zou er dan met de beeldafstand moeten gebeuren?

.....

De afstand tussen de ooglens en het netvlies blijft gelijk. Er zou dus een onscherp beeld moeten ontstaan.

- e Op welke manier zorgt de ooglens toch voor een scherp beeld?

.....

## Accommoderen

Als we naar een punt van een ver gelegen voorwerp kijken, valt er uit dit punt een vrijwel evenwijdige lichtbundel op de ooglens (figuur 13).

fig. 13

Op het oog valt een evenwijdige lichtbundel.



- 4a Teken de loop van de lichtstralen in het oog.

We kijken nu naar een voorwerp dichterbij (figuur 14).

- b Waar komt het beeld te liggen als de ooglens niet verandert?

.....

fig. 14

Als het voorwerp dichterbij komt, verandert de bundel die op het oog valt.



Immers, als de voorwerpsafstand ..... wordt, wordt

de beeldafstand .....

- c Teken in figuur 14 de loop van de lichtstralen in het oog als de lens niet verandert.

Om nu toch een scherp beeld te kunnen zien, moet de lens meer convergeren.

- d Teken in figuur 15 de loop van de lichtstralen als de lens zich heeft aangepast.

fig. 15

De ooglens past zich aan en zorgt zo voor een scherp beeld.



Blijkbaar kan de sterkte van de ooglens veranderen. Daarvoor zorgt een kringspier rond de ooglens. Als deze ontspannen is, is de ooglens het minst bol.

- e Wanneer is het convergerend vermogen van de ooglens het grootst: bij ontspannen of bij gespannen kringspier?

.....

Als de kringspier samentrekt, wordt de ooglens boller. Het boller worden van de ooglens noemen we *accommoderen*.

## Het netvlies

De ooglenz vormt een beeld op het netvlies. Het netvlies is opgebouwd uit lichtgevoelige cellen. Deze cellen zetten lichtprikkels om in elektrische stroompjes. De stroompjes worden via de gezichtszenew naar de her-

senen geleid. Op de plaats waar de gezichtszenew het oog binnenkomt zitten geen lichtgevoelige cellen. We noemen dit de *blinde vlek*.

### 5 Je kunt het bestaan van deze vlek als volgt nagaan.

Houd het linkeroog gesloten. Houd het rechteroog op kleine afstand precies boven het kruisje (figuur 16). Kijk naar het kruisje en beweeg het oog van het kruisje af, tot je het rondje niet meer ziet.

fig. 16

Ontdek de blinde vlek. Bij een bepaalde afstand wordt het rondje onzichtbaar.



Waar bevindt zich dan het beeld van het rondje? .....

### 6 Als je vanuit een donkere kamer in het helle daglicht komt, stelt het oog zich in op de hoeveelheid licht.

a Schrijf op hoe dit gebeurt.

.....

b Je kunt dit controleren door in het donker voor een spiegel te gaan staan en het licht aan te doen.

### 7 Conclusies

a Welke functie heeft de ooglenz?

.....

b Welke functie heeft het netvlies?

.....

.....

c Welke functie heeft de pupil?

.....