

Blok 11 | Optika 1



Blok 11 | Optika 1

Basisstof

Maak je eigen kamera 5/6

P 1

Licht, schaduw en spiegels 7

P 2

De kamera 8

P 3

De lens 11

T 1

Licht, schaduw en spiegels 14

T 2

De kamera 15

T 3

De lens 17

W 1

Licht, schaduw en spiegels 19

W 2

De kamera 19

W 3

De lens 20

De volgorde waarin je het beste de paragrafen kunt doorwerken en leren is:

P 1, T 1, W 1,

P 2, T 2, W 2,

P 3, T 3, W 3.

Herhaalstof

H 1

De begrippen die je bent tegengekomen in dit blok 22

H 2

De eigenschappen van de lens 23

H 1

Antwoordblad 26

H 2

Antwoordblad 27

Extra stof die in je lesmateriaal is opgenomen

93

Verder met een bolle lens 28

95

Reële en virtuele beelden 30

96

Vraagstukkenblad over '93 en 95' 33

97

De afstandmeter 36

98

Zons- en maansverduistering 37

Extra stof die je in de klas kunt vinden

94

Lichtmeting met een l.d.r.

99

Reflektoren

100

Gekromde spiegels

110

Fotografie

112

Spelen met spiegels en lenzen.

Wat je moet kunnen aan het eind van blok 11

	Te vinden in
1 Je moet weten hoe schaduwbeelden ontstaan en hoe je ze (schematisch) 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 wat een camera obscura is.	P 2, T 2
8 Je moet weten waar een diafragma voor dient.	P 2, T 2
9 Je moet weten in welke twee opzichten camera obscura-beelden veranderen bij gebruik van een diafragma.	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 camera obscura onscherp is en bij een kamera met lens scherp.	P2, 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 beeldpuntafstand b en wat we onder de voorwerpafstand verstaan.	T 2, P2, 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 brandpuntafstand 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 een bollere lens een kleinere brandpuntafstand heeft.	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 we onder een konvergerende en wat we onder een divergerende bundel verstaan.	P 3, T 2
23 Je moet weten wat met de beeldafstand b gebeurt als je de voorwerpafstand verandert.	P 3, T 2, T 3
24 Je moet weten wanneer stralen uit één lichtpunt L , door een bolle lens wèl in één beeldpunt worden verenigd, en wanneer niet meer.	P 3, T 3

25

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).

26

Je moet weten dat licht zich met een zeer grote snelheid voortplant en dat dit de grootste snelheid is, die ooit is gemeten.

27

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 voorwerpaafstand groter is dan de brandpuntafstand.

Te vinden in:

P 3, T 3

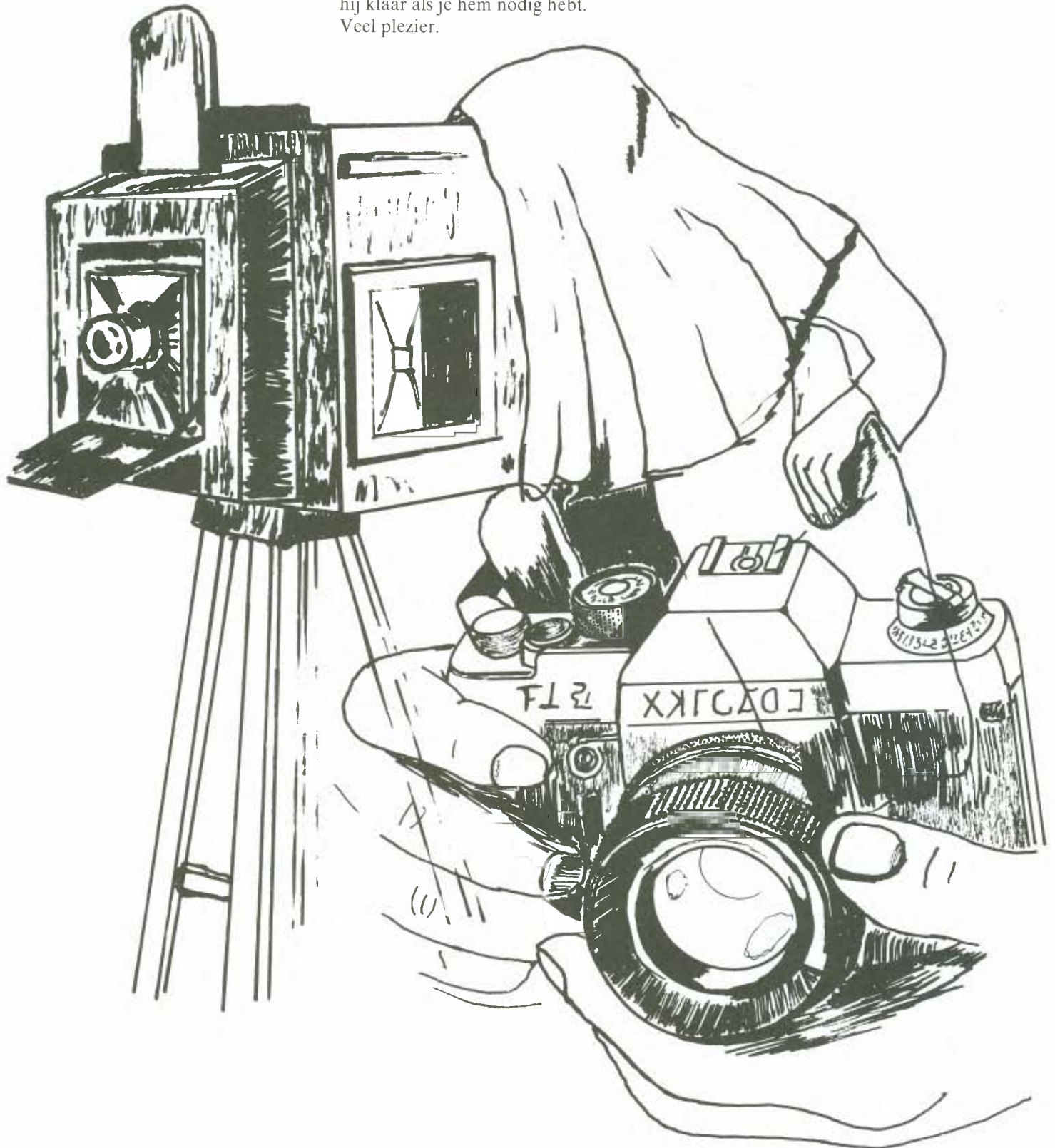
T 1

P 3, T 3, W 3

Maak je eigen kamera

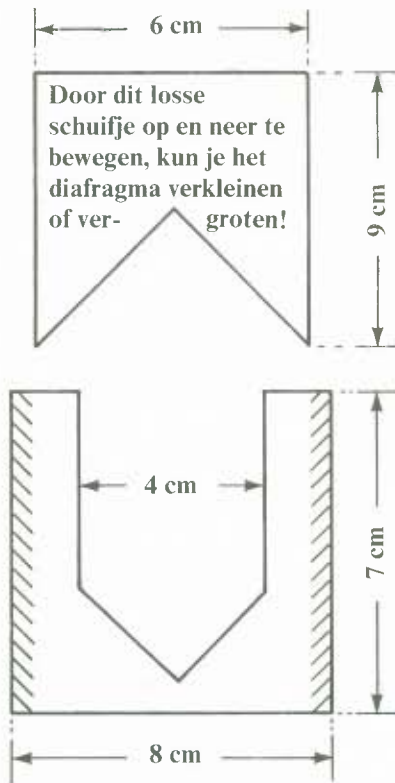
In dit blok zul je kennis maken met licht en leren wat je met licht zoal kunt doen. Daarbij gebruiken we in **P 2** een kamera zoals deze heel vroeger werd gebruikt.

Je kunt deze zelf maken en dan in **P 2** gebruiken. Op de volgende bladzijde vind je een mooie beschrijving hoe je hem moet maken. Maak hem maar vast, dan is hij klaar als je hem nodig hebt. Veel plezier.

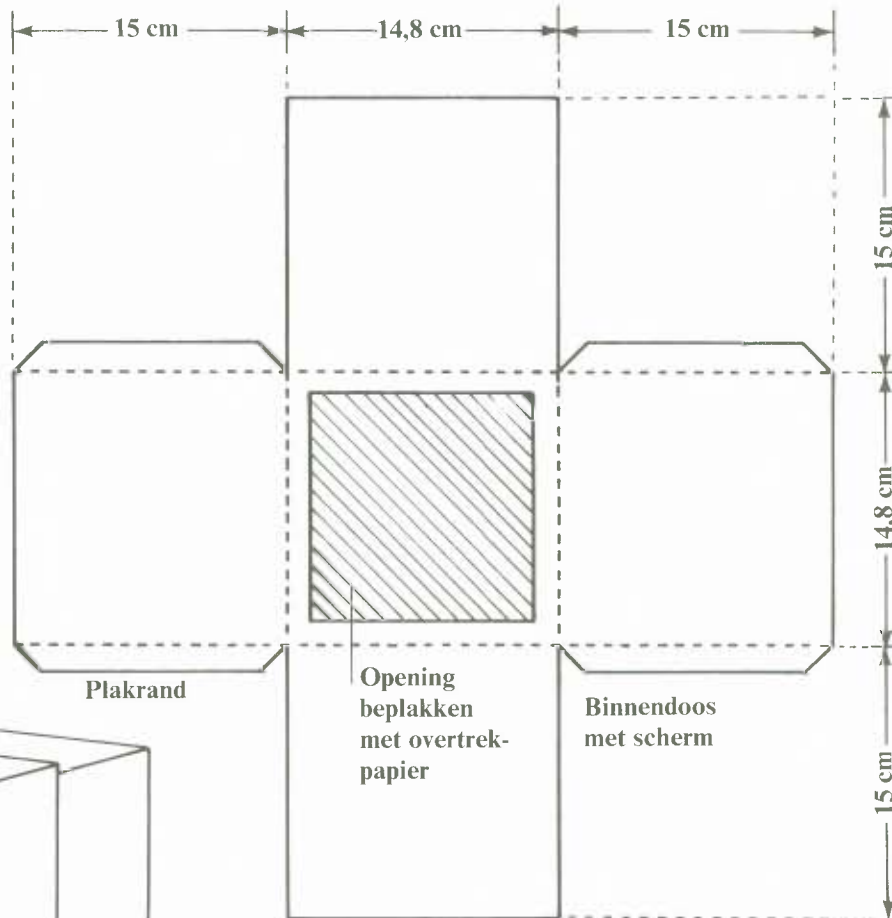
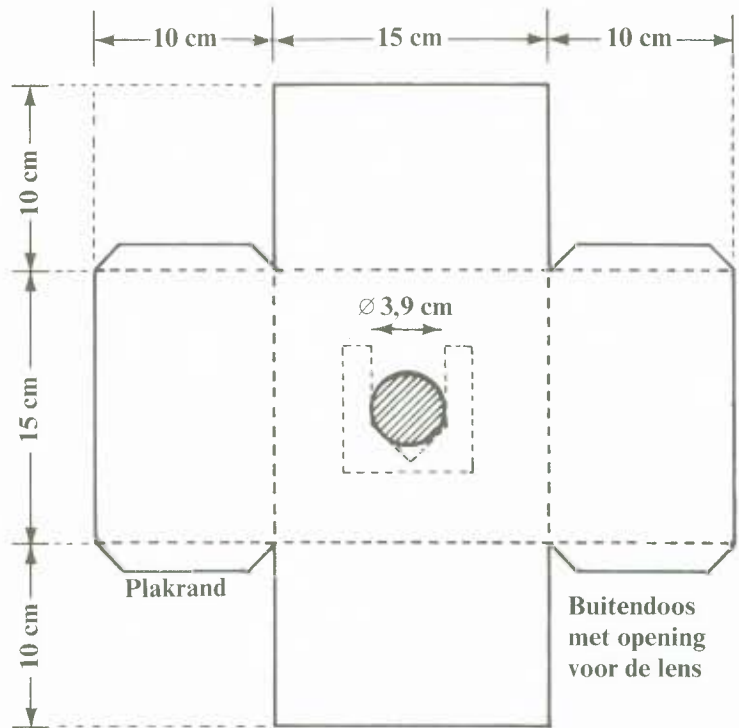
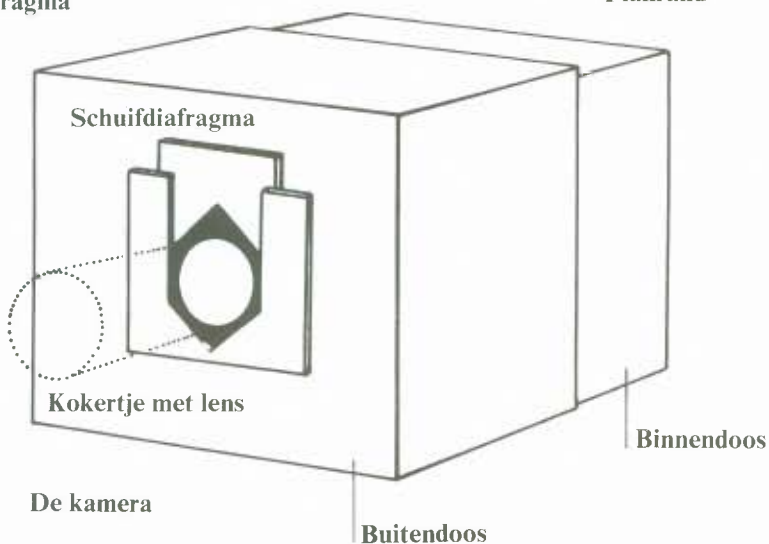


Hoe kun je de kamera bijvoorbeeld maken?

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 gebruiken door de opening heel klein te maken met het diafragma, maar dan geen koker erin!



Schuifdiafragma



Op de stippellijnen naar binnen vouwen.
Plakranden vastlijmen

Licht, schaduw en spiegels

Licht en donker, dat bepaalt onze dag. Zonlicht, maar ook allerlei kunstmatige lichtbronnen zorgen ervoor dat we kunnen zien. Met dat licht kunnen we allerlei dingen doen. We kunnen het door allerlei dingen doen. We kunnen er met de hulp van een fototoestel foto's mee maken. We kunnen met behulp van spiegels licht het hoekje om laten gaan (denk aan de periskop bij een duikboot). Iedere dag lopen we tegen licht aan. Het wordt tijd om te onderzoeken wat licht precies is. In dit blok maken we daar een bescheiden begin mee.

Licht plant zich rechtlijnig voort.

1
Teken in de plaatjes hieronder, waar de schaduw van het voorwerp op het scherm ontstaat.



Je hebt in de tekening de lichtstralen misschien met rechte lijnen aangegeven. Waarschijnlijk vind je die rechtdoorgaande lichtstralen zo gewoon dat je er nooit bij stil staat. We zeggen meestal:

Licht plant zich rechtlijnig voort.

2
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 de randen te tekenen.

Wanneer zie je een voorwerp?

3
Verduister het lokaal zo goed mogelijk en zet ergens een lampje neer dat 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 reflecterende verf bestreken?
Maak nu de volgende zin af:
Je kunt voorwerpen alleen zien, als:

Diffuse en spiegelende terugkaatsing Hoe wordt licht teruggekaatst?

4
Zet in het verduisterde lokaal een wit scherm in een lichtbundel (een meter of twee van de lamp) en tegen het scherm een klein spiegeltje. Schrijf nauwkeurig



op welk verschil je ziet tussen spiegel en scherm.

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

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

De witte vlek op het projektiescherm kun je overal in de klas zien. Het scherm kaatst het licht alle kanten op. We noemen dat **diffuse** terugkaatsing. (diffuus betekent; gespreide).

De spiegel op het projektiescherm kaatst het licht niet gespreid terug. Immers van vele posities uit de klas lijkt het alsof de spiegel helemaal niet verlicht wordt. De spiegel kaatst het licht in één richting terug.

We noemen dat **spiegelende** terugkaatsing.

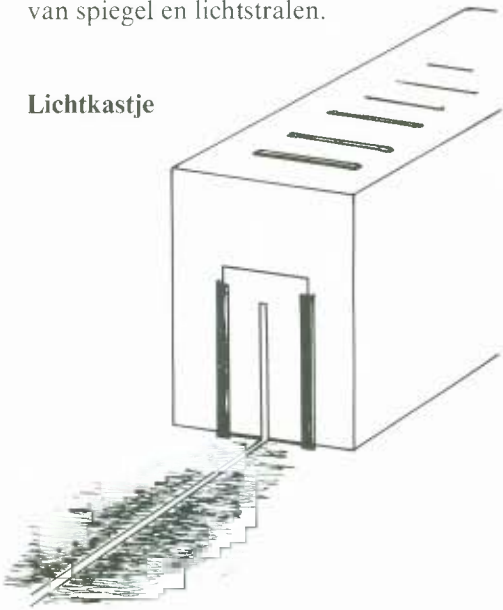
Wanneer je water op de spiegel nevelt, dan kaatst de spiegel het licht ook diffuus terug.

Een regel voor spiegelende terugkaatsing.

5

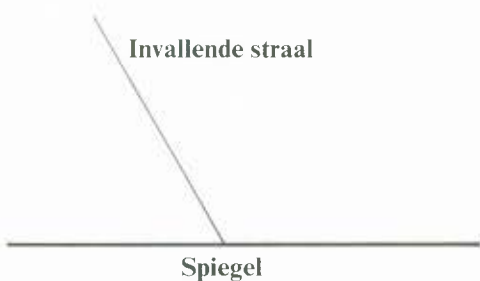
a Maak met behulp van een lamp of een lichtkastje met een spleet ervoor een smalle lichtbundel, die je scherend over een vel papier op een spiegel tje laat vallen. Je ziet dan eveneens de teruggekaatste lichtstraal over het papier schereren. Teken op het papier de plaats van spiegel en lichtstralen.

Lichtkastje

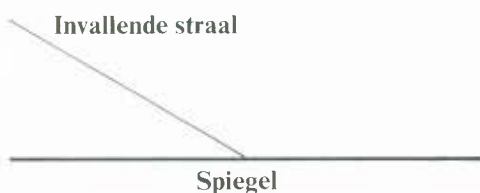


b Herhaal de proef maar laat de lichtstraal wat schuiner op de spiegel vallen. Probeer uit de twee tekeningen te halen welke regel er geldt bij terugkaatsing en schrijf die hieronder op. Gebruik je geo-driehoek.

Neem wat je gezien hebt bij proef 5a en b over in de onderstaande tekeningen.



Proef 5a



Proef 5b

Beeldvorming bij spiegels.

6

Neem een zwart stuk papier. Teken daarop een rechte lijn (ongeveer in het midden). Teken voor de lijn een stip. Zet nu op de lijn een stuk spiegelend glas. (Denk erom geen spiegel, want je moet er doorheen kunnen kijken.) Bekijk nu het spiegelbeeld van de getekende stip. Teken op de plaats waar je het spiegelbeeld ziet een stip (die komt aan de andere kant van de spiegel). Haal nu het glas weg. Verbindt beide stippen. Wat kun je zeggen over de afstanden van de stippen tot de spiegel?

Wat kun je zeggen over de hoek tussen de verbijdingslijn van stippen en de spiegel?

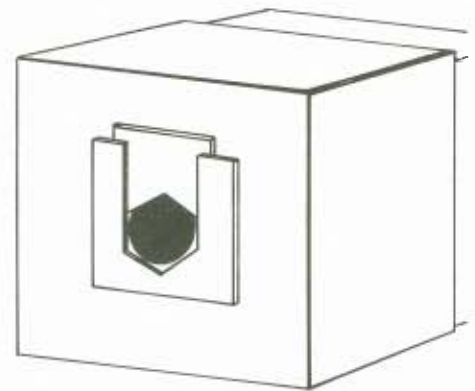
7

Neem weer het zwarte papier van proef 6. a Teken voor de lijn een pijl. Teken nog een pijl op de plaats waar het spiegelbeeld van de pijl terechtkomt als op de lijn een spiegel staat. b Controleer of je het spiegelbeeld goed getekend hebt door het stuk spiegelend glas op de lijn te zetten.

De kamera

Wij kunnen de dingen om ons heen zien door het licht dat zij zelf uitzenden (lichtbronnen) of terugkaatsen. Het licht dat van een bepaald voorwerp komt valt via je pupil in je oog en vormt een beeld op je netvlies. Een kamera werkt volgens hetzelfde principe. We zullen nu nagaan hoe zo'n beeld wordt gevormd. Als kamera gebruiken we twee dozen die in elkaar kunnen worden geschoven. Een werktekening staat aan het begin van dit blok.

Kamera met diafragma



Camera obscura.

De allereerste kamera's hadden nog geen lens. Zij bestonden uit een lichtdichte doos met een gat in de voorkant (zie tekening).

Zo'n eenvoudige kamera werd camera obscura genoemd.

(Camera obscura = donkere kamer).

De opening in de kamera kan groter en kleiner gemaakt worden met behulp van een schuif. Deze schuif noemen we het diafragma van de kamera.

Met onze camera obscura gaan we opnamen maken.

1

Zet het diafragma helemaal open en richt de kamera op een voorwerp buiten. Wat zie je op de achterkant van je kamera?

2

Verklein nu de opening steeds meer. Het beeld verandert dan in twee opzichten. Welke?

3
Hieronder sta ik voor een camera obscura.
 Teken de lichtbundel die vanuit het puntje van mijn neus via de opening in de kamera valt. Zo ook een lichtbundel vanaf de punt van mijn voet.



Doorsnee-tekening kamera

4
 Waarom staat het beeld op zijn kop?

Waarom is het beeld onscherp?

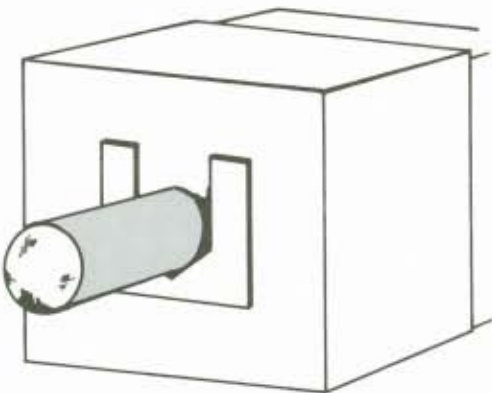
Waarom wordt het beeld scherper als je de opening kleiner maakt?

Wat is dan het nadeel?

Konklusie: met een camera obscura wordt een punt (bijvoorbeeld van mijn hoofd) afgebeeld als

Kamera met lens.

5
 Bevestig in de opening van de camera obscura een pijpje met een lens.
 a Probeer door het pijpje te verschuiven een **scherp** beeld te krijgen van een



Kamera met lens

voorwerp buiten. Welke voordelen biedt deze kamera boven de camera obscura?

b Meet de afstand lens-beeld op: cm.

De afstand van het (scherpe) beeld tot de lens noemen we de **beeldafstand** (afgekort: b).
 Schat de afstand van het voorwerp tot de lens cm

De afstand van het voorwerp tot de lens noemen we de **voorwerpafstand** (v)

c Richt nu je kamera op een voorwerp vlakbij. Zorg ervoor dat dit voorwerp goed verlicht is. Wat zie je als je de instelling van de kamera niet verandert?

Konklusies: (zelf formuleren!)

Om een scherp beeld te krijgen moet je de lens verschuiven. Doe dat.
 Licht het beeld verder of minder ver van de lens in vergelijking met proef b?

Vul aan: als het voorwerp dichterbij de lens staat, komt het (scherpe) beeld

Meet de beeldpuntafstand.
 $b =$ cm.

Meet de voorwerpafstand.
 $v =$ cm.

d Vervang je lens door een sterkere (bollere) lens. Herhaal proef a, b en c.
 $b =$

en $v =$

Welke verschillen merk je nu op?

6

Hieronder sta ik weer. Nu voor de kamera met lens. Je ziet een scherp beeld. Blijkbaar wordt elk punt van mij ook als **punt** afgebeeld! Teken eerst de lichtbundel die vanuit het puntje van



Hier ben ik weer!



Vereenvoudigde tekening van de kamera met lens

mijn neus op de lens valt. Wat doet de lens blijkbaar met deze lichtbundel?

Teken nu het verdere verloop van de bundel. Teken met een andere kleur de lichtbundel vanuit mijn voet tot achter in de kamera.

7

We gaan nu de kamera met lens van een diafragma voorzien. Plak voor de lens net zo'n schuif als bij de proef met de camera obscura. Maak de opening van het diafragma groter en kleiner en kijk naar voorwerpen.

Schrijf op wat je waarneemt.

Let daarbij op:

- zie je bij een klein diafragma het hele beeld?
- wordt het beeld bij een klein diafragma scherper?
- zie je bij een klein diafragma de omgeving van het voorwerp scherper?
- wordt het beeld bij een klein diafragma licht sterker?

8

Wat **denk** je dat er met het beeld gebeurt wanneer je de helft van de lens bedekt (met een stukje papier bijvoorbeeld)?

Kontroleer je voorspelling door een proef.

De lens

In P 2 heb je gewerkt met een kamera met een lens. Door de lens te verschuiven kreeg je scherpe beelden van voorwerpen. Hoe komt dat eigenlijk? Wat doet de lens met het licht van het voorwerp, zodat een scherp beeld ontstaat? Deze vraag proberen we in dit praktikum te onderzoeken.

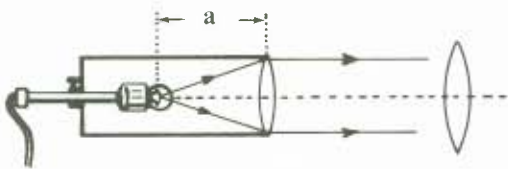
Je laat daarbij verschillende lichtbundels en -stralen op een lens vallen en kijkt dan nauwkeurig wat de lens met deze stralen doet.

Wanneer je bij proeven moet tekenen, doe dat dan op het tekenvel dat je van je leraar krijgt. Aan het einde van het praktikum kun je de tekeningen overnemen op de bladzijden 12 en 13.

1

Het brandpunt van een lens.

a 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.



b Plaats een bolle lens in de bundel en teken de randen van de bundel links en rechts van deze lens.

Het punt waar de lichtstralen van de evenwijdige bundel samenkomen heet het **brandpunt** van de lens. Dat brandpunt geven we aan met de letter F . De stippellijn die door het midden van de lens gaat, noemt men de **hoofdas** van de lens.

c Meet de afstand van het midden van de lens tot het brandpunt (F). cm.

Deze afstand noemen we de **brandpuntafstand** (f) van de lens.

d Plaats de lamphouder aan de andere kant van de lens, zodat het licht van rechts naar links door de lens gaat. Teken hoe de bundel door de lens gebroken wordt.

Vul de volgende konklusie aan:
een bolle lens heeft

brandpunten op

afstand van de lens.

2

De sterkte van een lens.

a Maak weer een evenwijdige bundel licht en laat deze over het papier scheren. (zie ook 1a.)

b Neem een lens die wat bolle is dan de lens van proef 1. Teken hoe de bundel licht door de lens gaat.

c Meet de brandpuntafstand.

$f =$ cm.

Konklusie: een hollere lens heeft een brandpuntafstand

en convergeert dus

dan een minder bolle lens.

3

Lichtstralen evenwijdig aan de hoofdas van een lens.

a Maak weer een evenwijdige lichtbundel: zie proef 1a.

b Plaats een schermplaat met 3 of 5 spleten in de bundel zó dat 3 of 5 'lichtstralen' ontstaan.

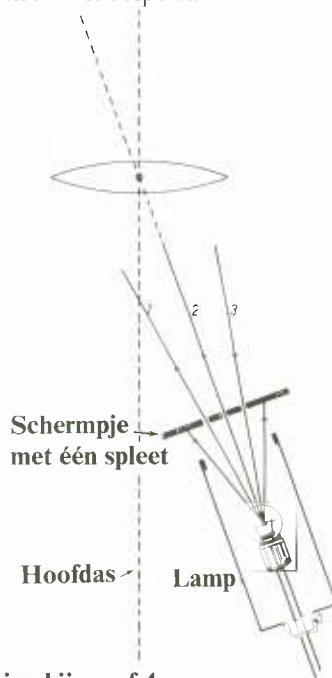
c Plaats een bolle lens in de stralen zó dat de hoofdas met de middelste straal samenvalt.

d Bedek nu één of meer spleten en teken de loop van de lichtstralen.

Konklusie: een lichtstraal die evenwijdig aan de hoofdas op een lens valt, gaat daarna altijd door

4

Lichtstralen door het optisch middelpunt. Bekijk de tekening hieronder. Het omcirkelde punt van de lens noemen we het optisch middelpunt.



Tekening bij proef 4.

Plaats de lamphouder en het schermplaatje (nu met 1 spleet) zoals in de tekening hiernaast is aangegeven.

Laat vanuit drie verschillende standen een lichtstraal vallen op het optisch middelpunt van de lens.

Teken op bladzijde 13 bovenaan hoe deze stralen uit de lens komen.

5

Licht afkomstig uit één punt op de hoofdas.

a Bepaal van een bolle lens de brandpuntafstand. (Gebruik de methode van proef 1b (met evenwijdige stralen). $f =$ cm

b Gebruik nu de lamphouder zonder de lens. Vraag aan je leraar hoe de lens er afmeet. Het lampje in de lamphouder noemen we voortaan het lichtpunt L .

Vul aan:

De lamphouder geeft nu geen evenwijdige lichtbundel maar een bundel die

c Plaats de bolle lens in de bundel zodat de afstand van het lampje tot de lens driemaal de brandpuntafstand is. De voorwerpaafstand v (afstand lamp tot lens) is dus $v =$ cm.

d Teken op het tekenvel de lichtbundel links en rechts van de lens. Het punt waar de lichtstralen achter de lens samenkomen heet het **beeldpunt B** van L . Geef in de tekening L en B aan.

e Meet de afstand van B tot de lens.

Deze afstand heet de **beeldpuntafstand**. $b =$ cm.

Is de beeldpuntafstand gelijk aan de brandpuntafstand?

f Verschuif de lamp of de lens zodat de voorwerpaafstand v ongeveer $\frac{3}{2} f$ is.

Teken op het tekenvel de lichtbundel links en rechts van de lens.

Geef in de tekening L , B , v , b aan.

Vergelijk de resultaten van c, e, f en vul de konklusie aan:

Konklusie: als v kleiner wordt, wordt b

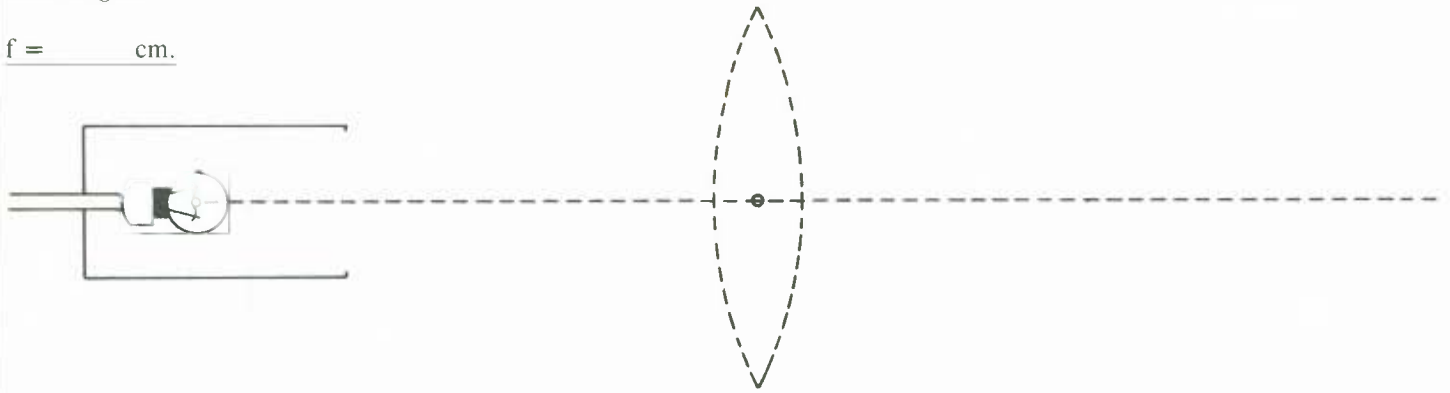
g Schuif het lampje of de lens zo dat $v = f$.

Teken op het tekenvel de lichtbundel links en rechts van de lens.

Herhaal bovenstaande proeven als er een schermplaatje met drie of vijf spleten op de lens vallende bundel staat. Kijk goed hoe de afzonderlijke 'lichtstralen' door de lens gebroken worden.

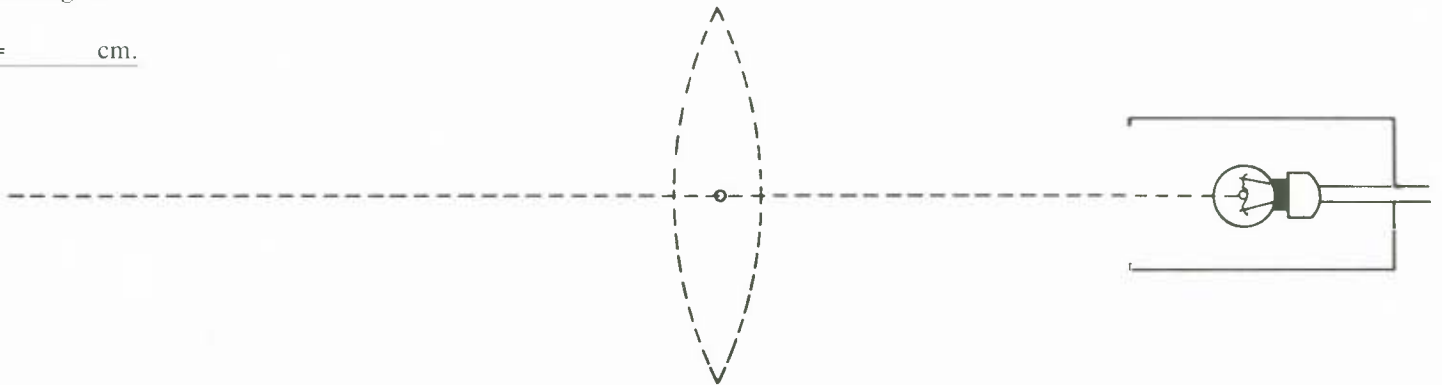
Tekening 1b

f = cm.



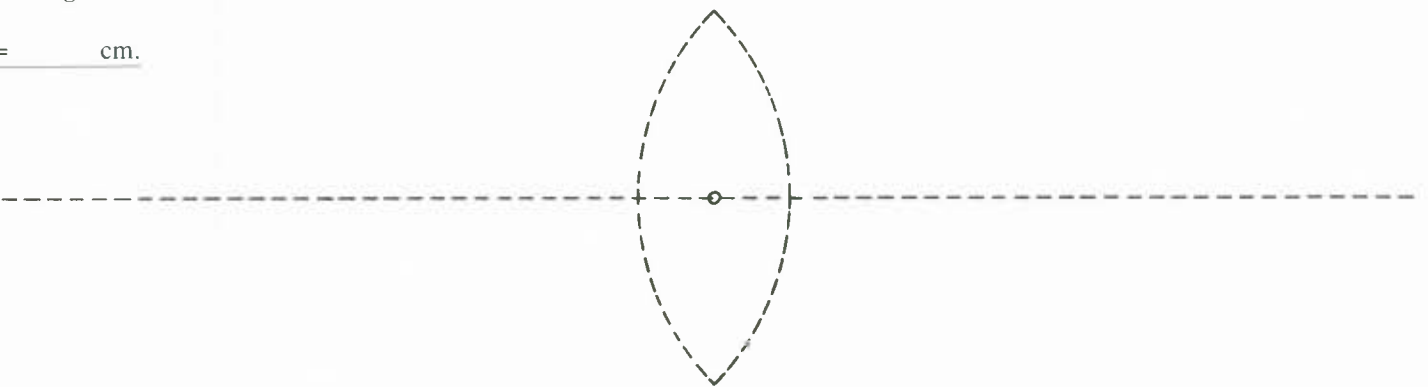
Tekening 1d

f = cm.

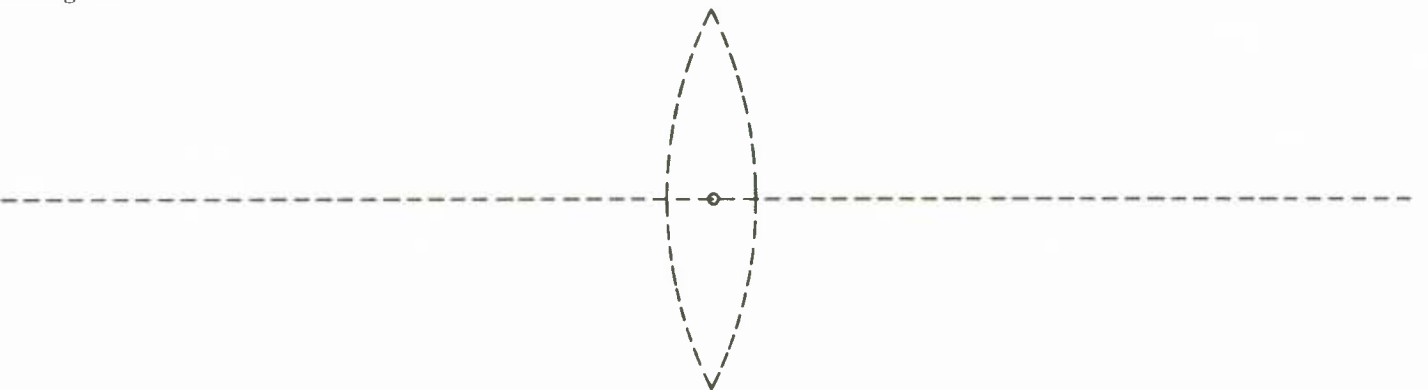


Tekening 2b

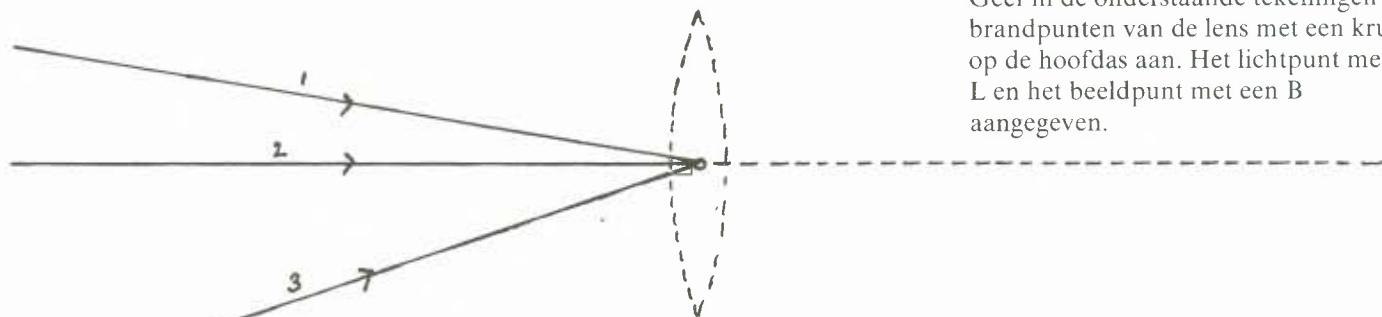
f = cm.



Tekening 3d



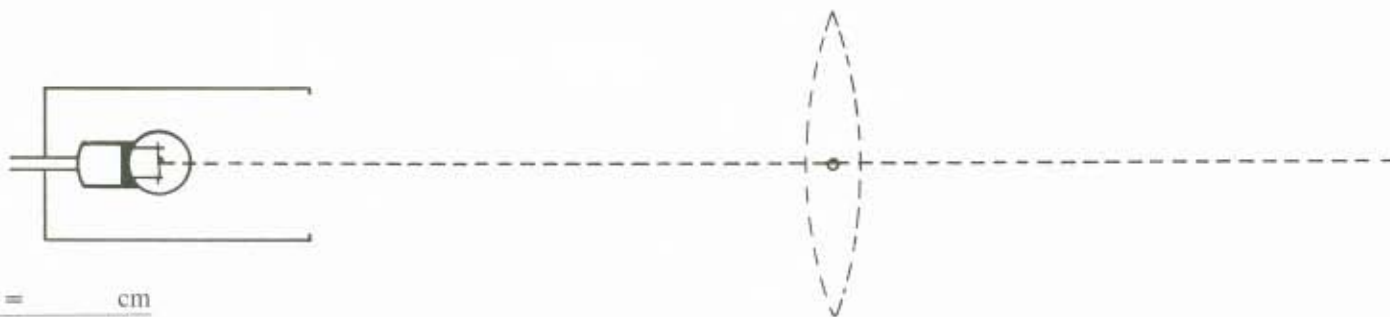
Tekening 4



Uitwerking tekeningen proef 4 en 5.

Geef in de onderstaande tekeningen de brandpunten van de lens met een kruisje op de hoofdas aan. Het lichtpunt met een L en het beeldpunt met een B aangegeven.

Tekening 5d



$v =$ cm

$b =$ cm

Tekening 5f



$v =$ cm

$b =$ cm

Tekening 5g



$v =$ cm

$b =$ cm

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 ernaar 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 daar verder met de stralen gebeurt. Toch is één ding in elk geval duidelijk: een voorwerp kun je alleen zien als er licht op valt dat terugkaatst naar ons oog. 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.

Denk aan proef 4 van P1.

Uit die proef leerden we ook dat er twee manieren van terugkaatsen zijn:

1

Diffuse terugkaatsing.

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

2

Spiegelende terugkaatsing.

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

Bij spiegelende terugkaatsing geldt dan de regel die je in proef 5 van P1 misschien al 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;

Kort gezegd:

$$\angle i = \angle t$$

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 projector in een rokerige bioscoop laten dat ook duidelijk zien.

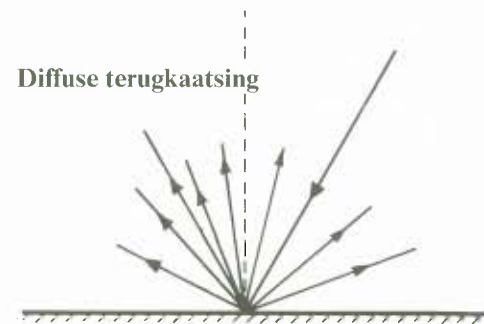
In proef 6 en 7 onderzocht je hoe het beeld van een voorwerp bij spiegelende terugkaatsing tot stand komt.

De resultaten:

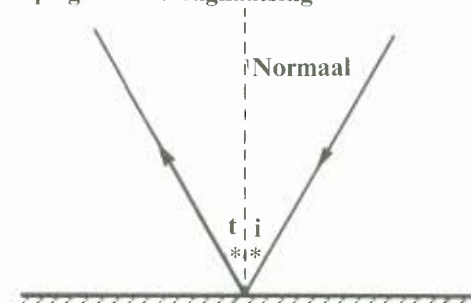
- 1 Een punt en zijn spiegelbeeld liggen even ver van de spiegel.
 - 2 De verbindingslijn van punt en spiegelbeeld staat loodrecht op de spiegel.
- Met behulp van deze regels kunnen we het spiegelbeeld van een voorwerp konstrueren.

Voorbeeld 1:

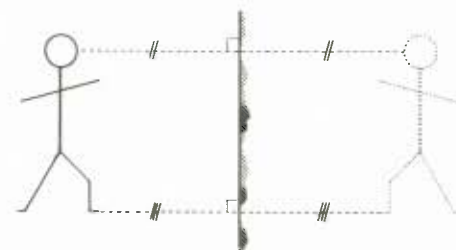
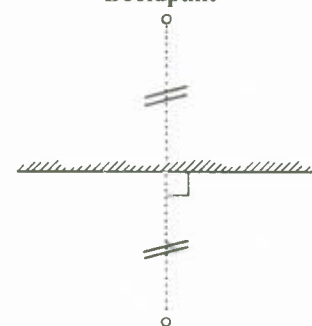
Voor een spiegel staat een pop. De afstand van de kop van de pop tot de spiegel = de afstand van de 'spiegelkop' tot de spiegel. De verbindingslijn tussen beide koppen staat loodrecht op de spiegel. We kunnen dus eenvoudig de gespiegelde kop tekenen. Op dezelfde manier tekenen we de rest van het lichaam.



Spiegelende terugkaatsing

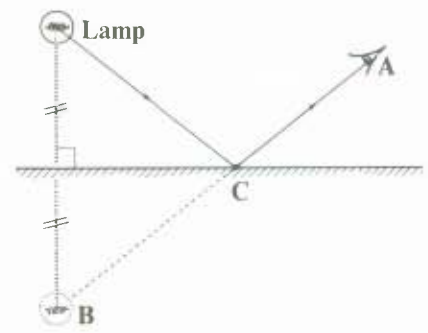


Beeldpunt



Voorbeeld 2:

Voor een spiegel staat een lamp. Verderop staat iemand naar het spiegelbeeld van de lamp te kijken. (Zie tekening). Hoe komen nu de lichtstralen van de lamp in het oog van A. Konstrueer eerst het spiegelbeeld van de lamp: punt B. Voor A lijkt het of het licht van de lamp uit B komt: lichtstraal BCA (C ligt op de spiegel). Het licht komt natuurlijk van de lamp. Het licht van de lamp dat op C valt, wordt door de spiegel in het oog gekeerd.



Als er staat dat licht zich voortplant denk je al snel aan een beweging. Heel lang in de geschiedenis heeft men gedacht dat als licht zich al voortplant, dat zo snel gaat dat het niet te meten is. In 1672 echter heeft een sterrekundige uit Denemarken, Rømer, ontdekt dat de snelheid van 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.

Bovendien is die lichtsnelheid voor de natuurkunde heel belangrijk gebleken, omdat niemand ooit grotere snelheden heeft gemeten.

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

Afstand = 400.000 km



Het licht doet er $1\frac{1}{3}$ seconde over om van de maan op de aarde te komen.

Blok 11 | Theorie 2

De kamera

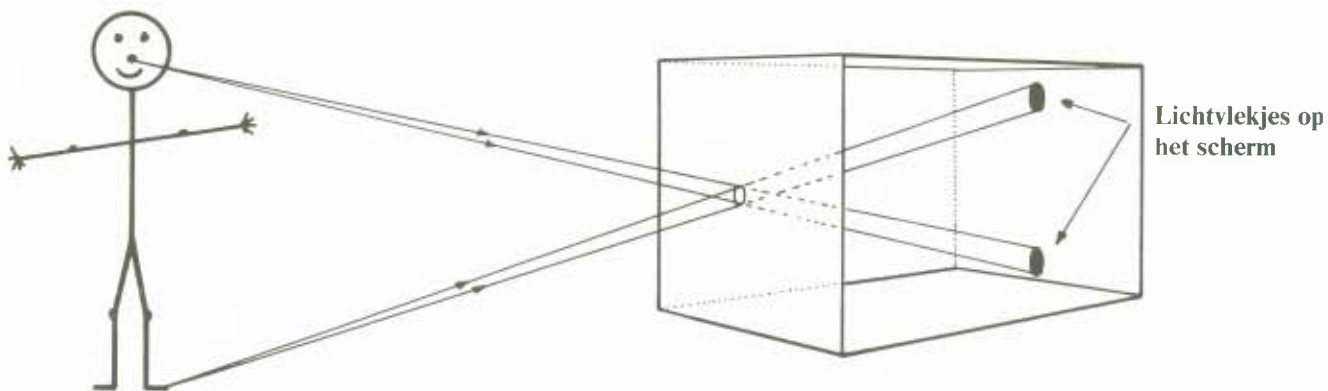
1

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. Met een camera obscura gebeurt dat nog vrij primitief. Je krijgt dan ook geen scherp beeld.

Hieronder is de gang van de lichtstralen getekend van een persoon naar en in de kamera.

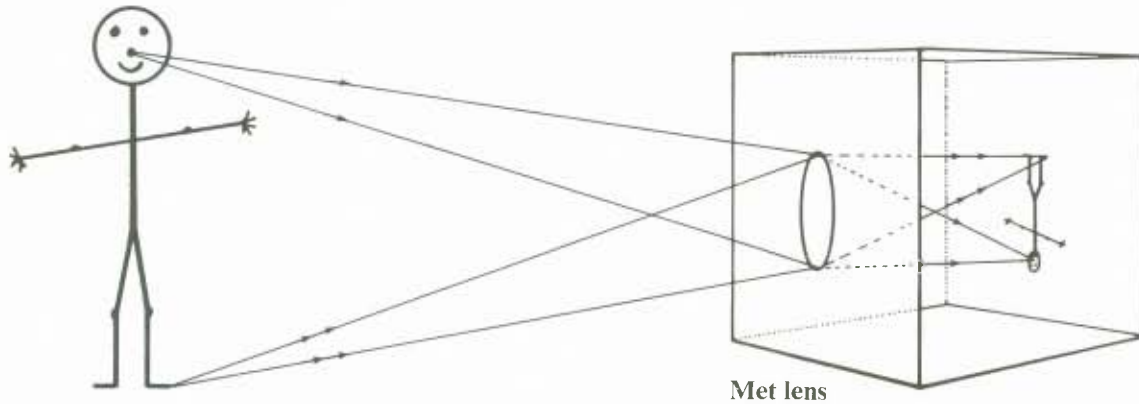
Je moet wel beseffen dat de persoon voor de kamera het op hem vallende licht in **alle** richtingen terugkaatst. Slechts een zeer klein lichtbundeltje valt vanuit elk punt van de persoon in kwestie in de kamera!

Aan de hand van de tekening kun je zien dat elk **punt** als **vlekje** wordt afgebeeld: het beeld is **onscherp**.

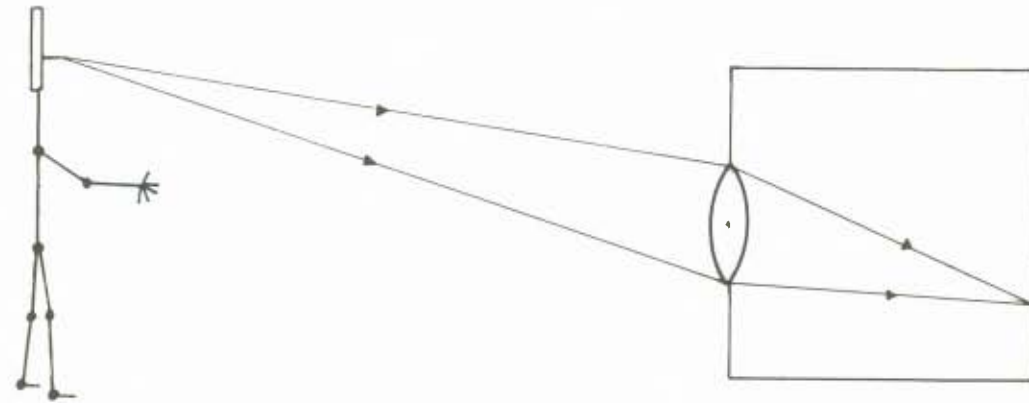


Met een **diafragma** kan het doorgelaten lichtbundeltje smaller worden gemaakt. Het vlekje wordt kleiner, het beeld wordt iets scherper. Toch blijven het vlekjes! Het nadeel is wel dat er nu minder licht in de kamera valt; het beeld wordt minder lichtsterk. Je moet dus langer belichten om te donkere foto's te voorkomen.

Met een holle lens kun je het licht samenbrengen naar één punt: we noemen dat **konvergeren**. Denk maar aan een brandglas! De lens zorgt er dus voor dat het licht in de kamera niet verder uiteenloopt maar juist naar elkaar toe. De vlekjes worden punten. Op deze manier krijgen we een **scherp** beeld; elk punt van het voorwerp wordt ook als punt afgebeeld.



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



Wanneer je met behulp van een diafragma de opening van de lens kleiner maakt, blijf je het hele beeld zien. De lichtsterkte van het beeld wordt wel kleiner.

Als je een voorwerp van dichtbij wilt fotograferen dan moet je de afstand van de lens tot het scherm vergroten. We spreken af dat:

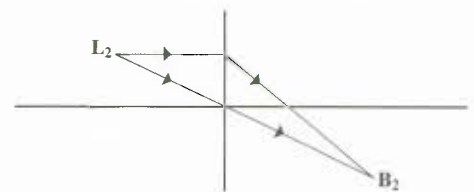
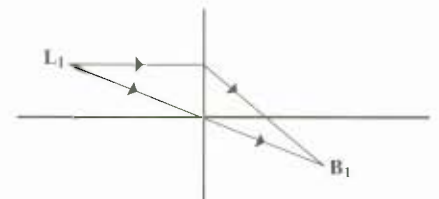
**de voorwerpaafstand (v) de afstand van het voorwerp tot de lens is;
de beeldafstand (b) de afstand van het beeld tot de lens is.**

dan geldt dus

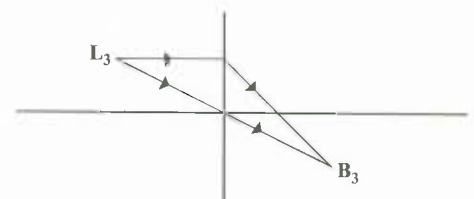
als de voorwerpaafstand kleiner wordt, wordt de beeldafstand groter; als de voorwerpaafstand groter wordt, wordt de beeldafstand kleiner.

Een bolle lens konvergeert het licht. Dat wil zeggen licht uit één punt brengt hij weer samen in één punt. In de tekening hiernaast zie je dat het licht uit L_2 veel sterker uiteenloopt dan het licht uit L_1 . Het duurt dan langer voor de lichtstralen achter de lens bij elkaar komen. Het beeldpunt B_2 ligt dus verder van de lens dan het beeldpunt B_1 .

Gebruik je een sterkere (= bollere) lens dan ligt B_3 weer dichterbij de lens. De lens konvergeert het licht van L_3 nu immers meer (zie tekening).



**Licht uit L_2 loopt sterker uiteen dan bij L_1 :
 B_2 ligt verder van de lens dan B_1 .**



Bollere lens konvergeert sterker.

De lens

In P3 hebben we de eigenschappen van een bolle lens onderzocht. We lieten daartoe bijzondere lichtstralen en lichtbundels op de lens vallen en keken hoe de lens stralen afboog.

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 **brandpuntafstand f** (zie figuur 1 en 2).

De brandpuntafstand is een eigenschap van de lens zelf, waaraan je niets kunt veranderen.

2

Hoe boller de lens is hoe kleiner zijn brandpuntafstand. We zeggen ook: hoe boller de lens hoe sterker de lens. Een bollere lens brengt de lichtstralen eerder in één punt samen.

De sterkte van de lens S definiëren we als volgt:

$$S = \frac{1}{f}; \text{ hierin is } f \text{ de brandpuntafstand (uitgedrukt in meters).}$$

Voorbeeld: Een lens heeft een f van 40 cm = 0,40 m; dan wordt de sterkte

$$S = \frac{1}{0,40} = 2\frac{1}{2} \text{ dioptrie (zie figuur 3).}$$

3

Een lens heeft een hoofdas en een optisch middelpunt O (zie figuur 4). Een lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas gaat na breking altijd dóór een brandpunt (zie figuur 5).

4

Lichtstralen die vanuit één punt L op de hoofdas vertrekken, worden altijd verenigd in één beeldpunt B op de hoofdas. LO moet wel groter zijn dan f.

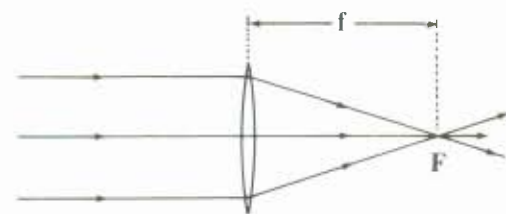
LO is de **voorwerpafstand (v)** (zie figuur 6).

BO is de **beeldafstand (b)** (zie figuur 6).

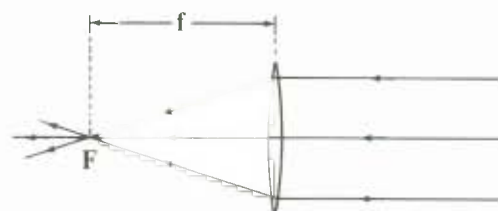
De beeldafstand hangt af van de voorwerpafstand.

Beeldafstand en voorwerpafstand zijn te veranderen, terwijl de brandpuntafstand onveranderbaar is.

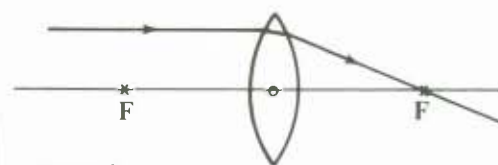
Als L in F wordt geplaatst, is de uittredende bundel evenwijdig (zie figuur 7) aan de hoofdas.



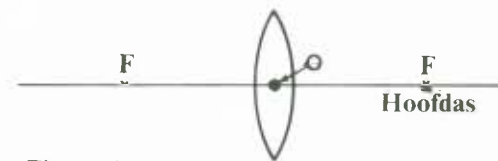
Figuur 1



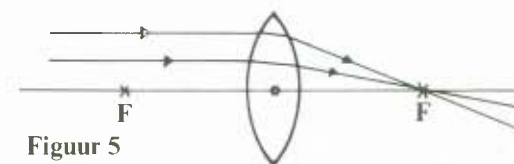
Figuur 2



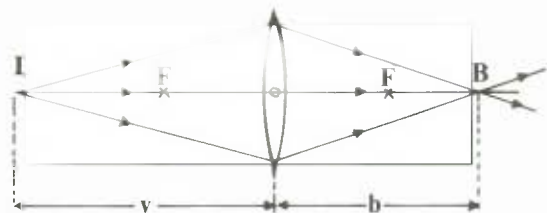
Figuur 3



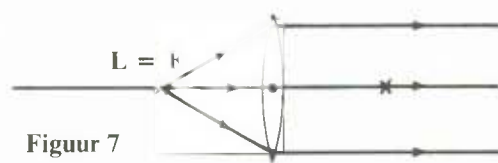
Figuur 4



Figuur 5



Figuur 6



Figuur 7

5

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.

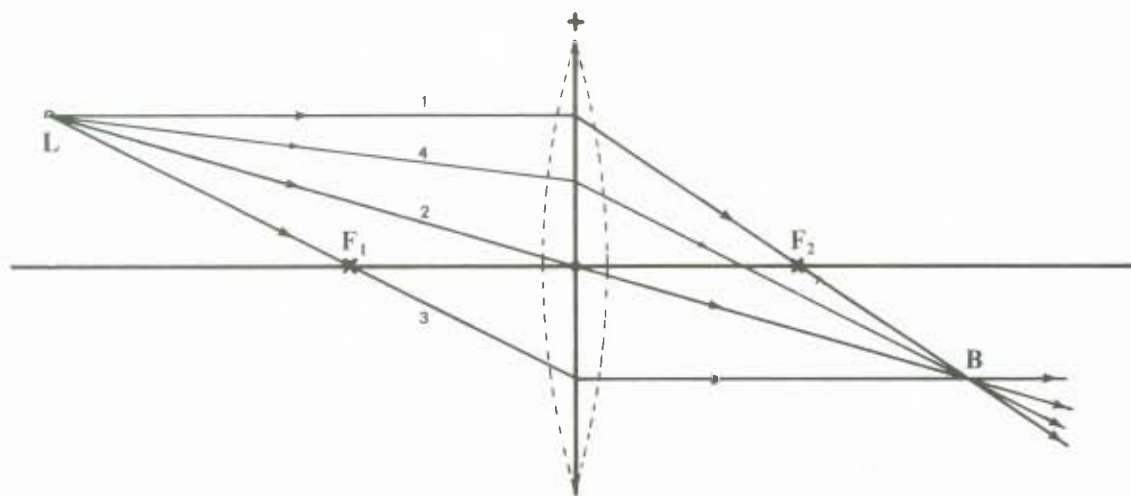
Hierbij zijn drie bijzondere lichtstralen op te merken:

- 1 Lichtstraal 1 evenwijdig aan de hoofdas gaat door het rechter brandpunt F_2 .
- 2 Lichtstraal 2 door O gaat ongebroken door.
- 3 Lichtstraal 3 door linkerbrandpunt F_1 gaat evenwijdig aan de hoofdas verder.

Een willekeurige lichtstraal uit L gaat door het punt B (in de tekening straal 4).

Afspraak:

Voor de eenvoud zullen we in een tekening voortaan een holle lens voorstellen door een lijn met een + teken er boven.



Om nu te weten te komen hoe één 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 (zie punt 5 hierboven).
- 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, zoals hierboven met lichtstraal 4 gedaan is.

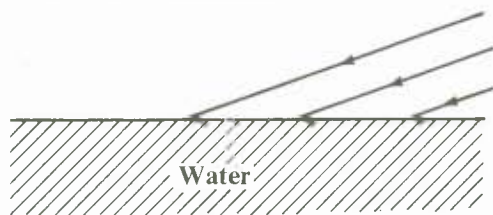
Licht, schaduw en spiegels

1
Wat zie je in 't 'donker' beter: een fles melk of een donkerbruine broek? Verklaar eens hoe dat komt.

2
Wat bedoelen we met de begrippen:
a de hoek van inval;
b de hoek van terugkaatsing;
c de normaal.

3
Als we voorwerpen waarnemen is de snelheid van het licht dat in ons oog valt meestal niet van belang. Bij ver verwijderde voorwerpen zoals de zon of andere sterren is de lichtsnelheid wel belangrijk. Zoek eens op hoever de zon van ons vandaan is, en reken dan uit hoe lang het zonlicht onderweg is naar de aarde.

4
Boven een spiegelend meer gaat de zon onder. Een aantal lichtstralen die op het water vallen zijn getekend. Teken zelf hoe de stralen terugkaatsen.



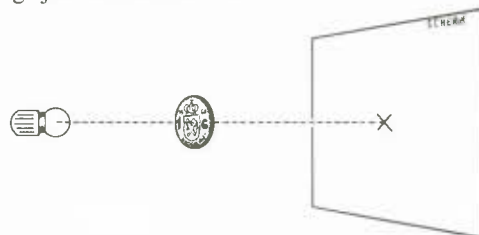
5
Konstrueer het spiegelbeeld voor het geval dat hieronder getekend is.



6
Teken in onderstaande tekening hoe de lichtstralen van de auto via de spiegel naar het oog A gaan. Teken daartoe het beeld van de auto.



7
Geef in onderstaande tekening aan waar de zwarte kernschaduw is en waar de grijze halfschaduw is.



De kamera

1
Wat bedoelen we met de begrippen:
a een scherp beeld;
b voorwerpafstand;
c beeldafstand;
d convergeren van licht.
Zoek op wat divergeren van licht betekent.

2
In T 2 heb je gezien hoe een voorwerp (het poppetje) wordt afgebeeld door een lens. Iets soortgelijks kom je hieronder tegen.

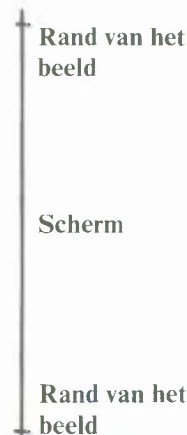
Een dia staat 12 cm voor een lens. Op een scherm op 1,2 m van de lens is een scherp beeld zichtbaar.

a Teken hieronder hoe de bovenkant van de dia wordt afgebeeld op het scherm.
b Teken hieronder (met een andere kleur) hoe de onderkant van de dia wordt afgebeeld op het scherm.

3
Als je bij een camera obscura het diafragma verkleint
a wordt het beeld groter;
b wordt het beeld kleiner;
c blijft het beeld even groot.

Als je het niet weet moet je je camera obscura nog maar eens pakken.

W2 Vraag 2



De lens

1 Wat bedoelen we met de begrippen:

- a voorwerpafstand;
- b beeldafstand;
- c brandpuntafstand;
- d hoofdas;
- e optisch middelpunt van een lens;
- f lichtpunt;
- g beeldpunt;
- h brandpunt;
- i dioptrie.

2 Wat is het verschil tussen de brandpuntafstand van een lens en een beeldpuntafstand?

3 Als je het nog niet gedaan hebt, neem dan alsnog de tekeningen op de tekenvellen over op bladzijde 12 en 13.

a Als een voorwerp heel ver van een lens afstaat, kun je zeggen dat de lichtstralen die van het voorwerp naar de lens gaan bijna aan elkaar lopen.

b Wat gebeurt er dan met de beeldafstand b , als de voorwerpafstand v erg groot wordt?

4 Van een bolle lens zijn de hoofdas en de brandpunten aangegeven. Konstrueer in onderstaande tekening het beeldpunt van lichtpunt L. Meet ook de voorwerpafstand en de beeldafstand.

5 a Van een brilleglas is de sterkte 2 dioptrie. Hoe groot is de brandpuntafstand van dit brilleglas?

b Een ander brilleglas heeft een brandpuntafstand van 20 cm. Hoe groot is de sterkte van dit brilleglas? (Let op de juiste eenheden!!)

6 a 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 hetzelfde met een andere kleur voor L_2 .

3 Teken ook het beeld van L_3 .

b Als je het beeld op een scherm wilt zien, waar moet je dit dan plaatsen?

c Als de dia iets naar rechts verschoven wordt, hoe moet het scherm dan verplaatst worden? Is het beeld dan groter of kleiner?

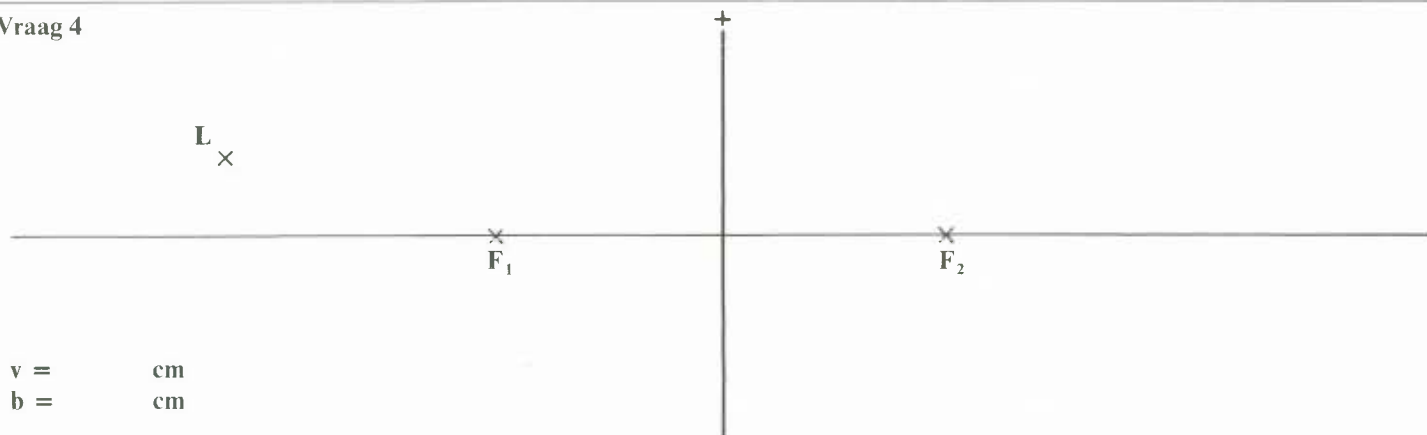
d In de praktijk wordt de lens verschoven (in- of uitgedraaid). Vertel wat je met de lens en het scherm moet doen als het beeld te groot is voor het scherm.

e Wat valt je op aan de stand van het beeld vergeleken met de dia?

f Hoe moet je dus een dia in een projector stoppen?

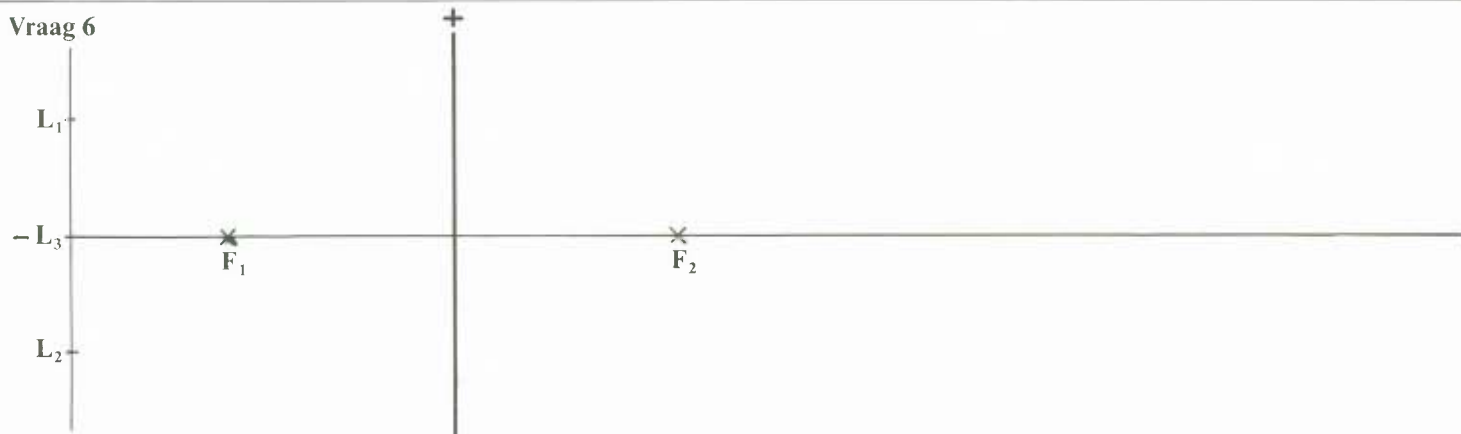
g Wat gebeurt er met het beeld als de onderste helft van de lens wordt afgedekt?

Vraag 4



$v =$ cm
 $b =$ cm

Vraag 6



7

In T2 hadden we de volgende regel gevonden:
 Als je de **voorwerpafstand** kleiner maakt, wordt de **beeldafstand** groter. Nu je weet hoe je de loop van lichtstralen kunt konstrueren, kun je deze regel ook kontroleren.

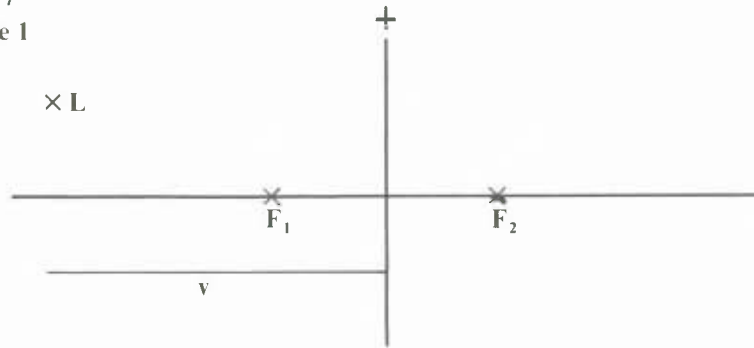
Konstrueer in beide situaties het beeldpunt B.
 De voorwerpafstand v is in situatie 2 kleiner dan in situatie 1.
 De beeldafstand b is in situatie 2

8

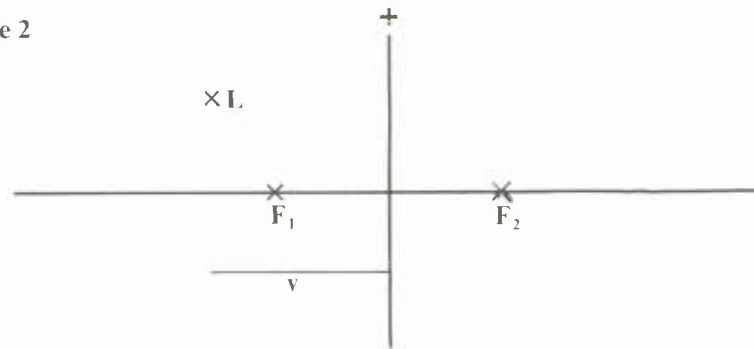
De diaprojektor staat scherp gesteld op het scherm.
 Bepaal het beeld van de spits van de kerktoeren op het scherm en teken het beeld. Teken de lichtstralen die nog net op de lens vallen en ook hoe ze na breking verder gaan.

Vraag 7

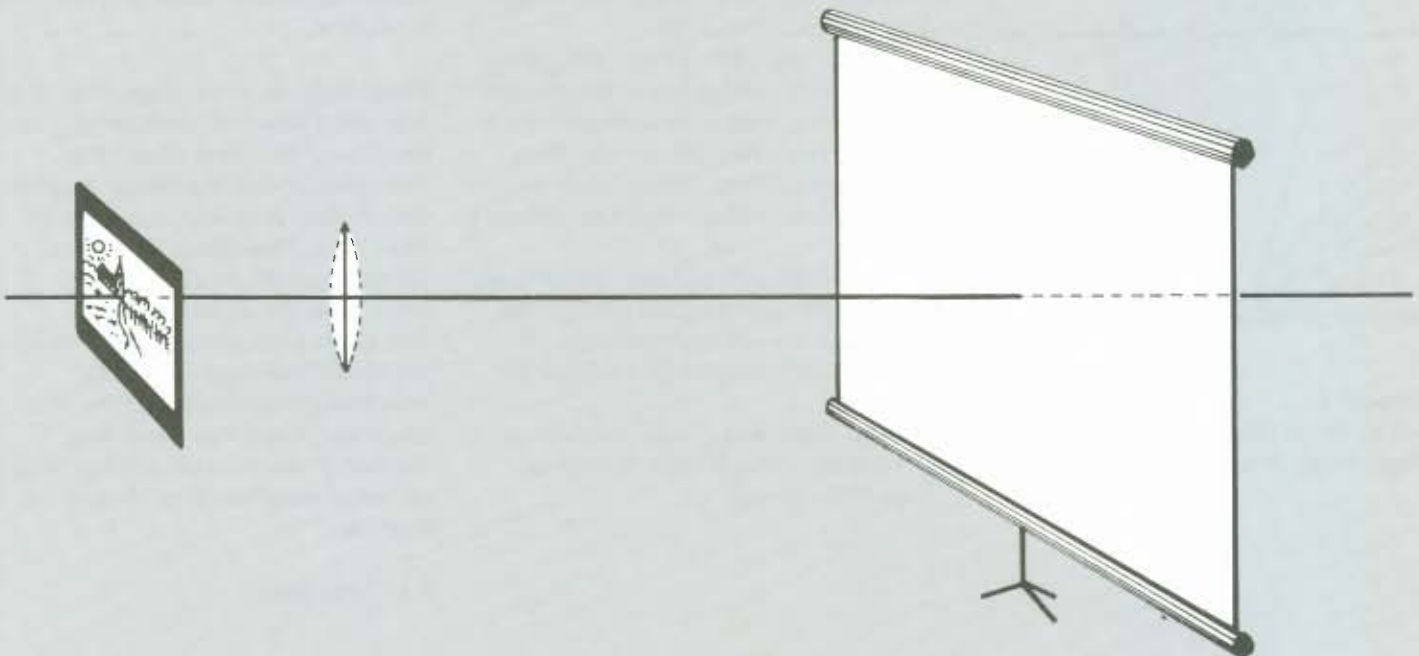
Situatie 1



Situatie 2



Vraag 8



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 wel goed kennen. Daarom zetten we in dit herhaalblad al die begrippen nog eens op een rijtje.

De spiegel.

Als er licht op een voorwerp valt, wordt dit teruggekaatst.

Er zijn twee manieren van terugkaatsing:

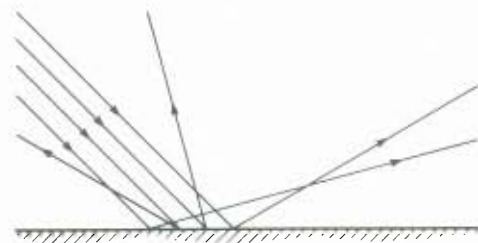
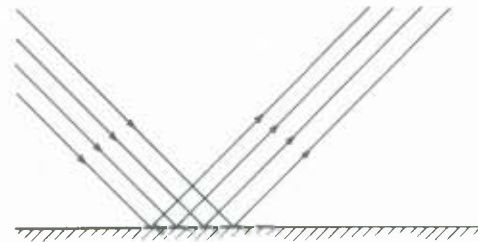
1

Diffuse terugkaatsing.

2

Spiegelende terugkaatsing.

Hieronder staan twee tekeningen, waarbij een lichtstraal valt op een voorwerp. Aan de teruggekaatste straal of stralen kun je zien wat voor soort terugkaatsing het is.



Opdracht 1

Geef bij beide tekeningen aan welke terugkaatsing daar staat afgebeeld.

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

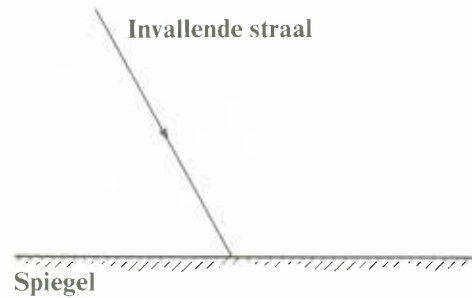
Opdracht 2

Geef in de tekening aan hoe de teruggekaatste straal loopt.

Teken de normaal.

Hoe groot is de hoek van inval?

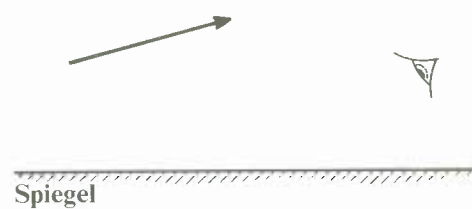
Hoe groot is de hoek van terugkaatsing?



Opdracht 3

Geef in de tekening het beeld van de pijl voor de spiegel aan.

Teken de lichtstraal die via de spiegel van de pijlpunt naar het oog gaat.



De lens.

Als er licht op een lens valt, wordt dat licht gebroken. Dat wil zeggen: een lichtstraal heeft voor de lens een andere richting dan achter de lens.

Zo kun je lichtstralen uit een lichtpunt (bijvoorbeeld een lamp) met behulp van de lens in één punt samenbrengen. Voor de lens lopen de lichtstralen uit elkaar (divergeren). Achter de lens lopen de lichtstralen naar elkaar toe (konvergeren).

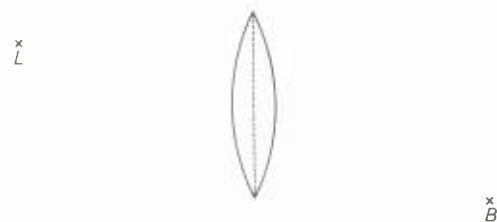
Met een lens kun je van een voorwerp een **scherp beeld** maken op een scherm. Elk punt van het voorwerp is duidelijk als punt terug te vinden in het beeld op het scherm.

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

Opdracht 4

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

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



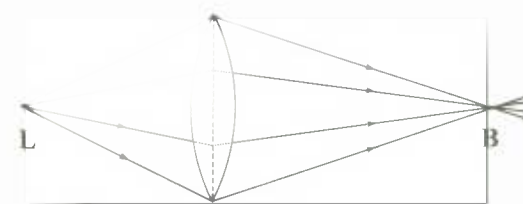
L is een lichtpunt en B is het beeld van L. Geef in de tekening aan: de voorwerpaafstand en de beeldafstand. Kijk eerst nog eens naar T3, punt 4.

Opdracht 5

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

De voorwerpaafstand (v) is _____ cm.

De beeldafstand (b) is _____ cm.



Proef.

Je gaat in deze proef de brandpuntafstand 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 brandpuntafstand.

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

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

$$S = \frac{1}{f} \text{ (dioptrie).}$$

Doe nu de proef waarin je de brandpuntafstand van een lens bepaald, zoals hierboven is beschreven.

De brandpuntafstand $f =$ _____ 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.

$S_1 =$ _____ dioptrie;

$S_2 =$ _____ dioptrie.

Opdracht 7

De sterkte van de door jou gebruikte lens in de proef 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.

Blok 11 | Herhaalblad 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 van de brandpunten.
- 3 Lichtstralen die door een brandpunt gaan of uit een brandpunt vertrekken, lopen na breking evenwijdig aan de hoofdas.
- 4 Lichtstralen door O gaan ongebroken door.
- 5 Lichtstralen die uit één punt (L) vertrekken zullen na breking door één punt (B) gaan.
(Dit is alleen zo als de afstand L tot lens (v) groter is dan de brandpuntafstand (f)).

Om nu de plaats van een beeldpunt B te bepalen, dat een lens van een lichtpunt L vormt, heb je deze 5 eigenschappen nodig.

Geef in onderstaande tekeningen aan hoe de lichtstralen verder lopen (de brandpunten zijn aangegeven met een streepje).

Als je deze drie bijzondere lichtstralen combineert, kun je de plaats van beeldpunt B bepalen in tekening 4 hiernaast.

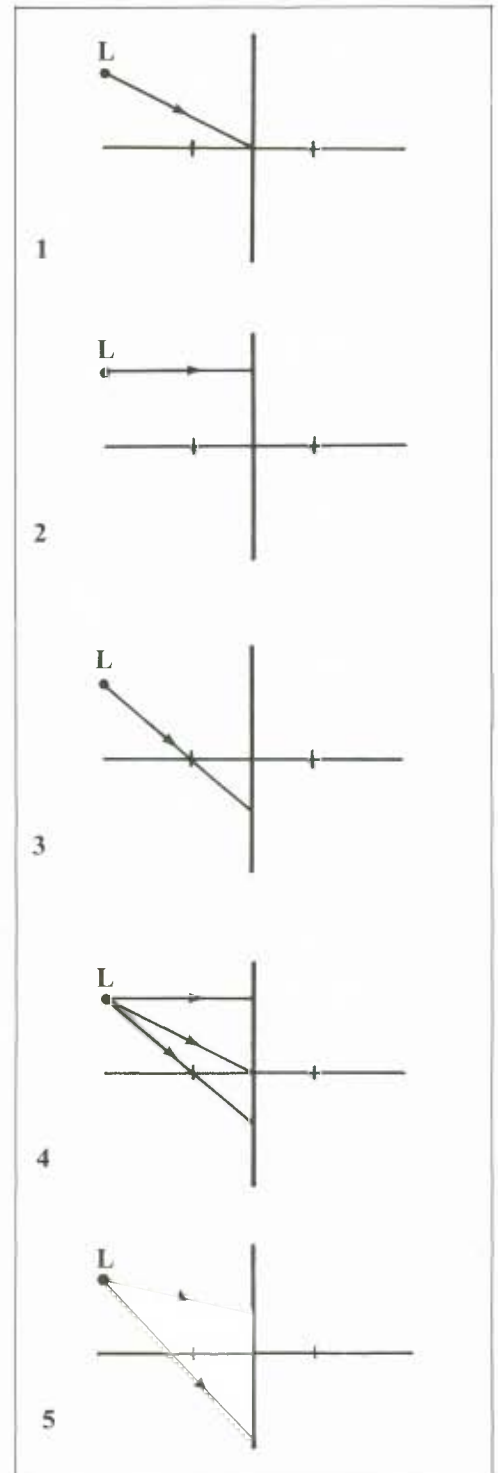
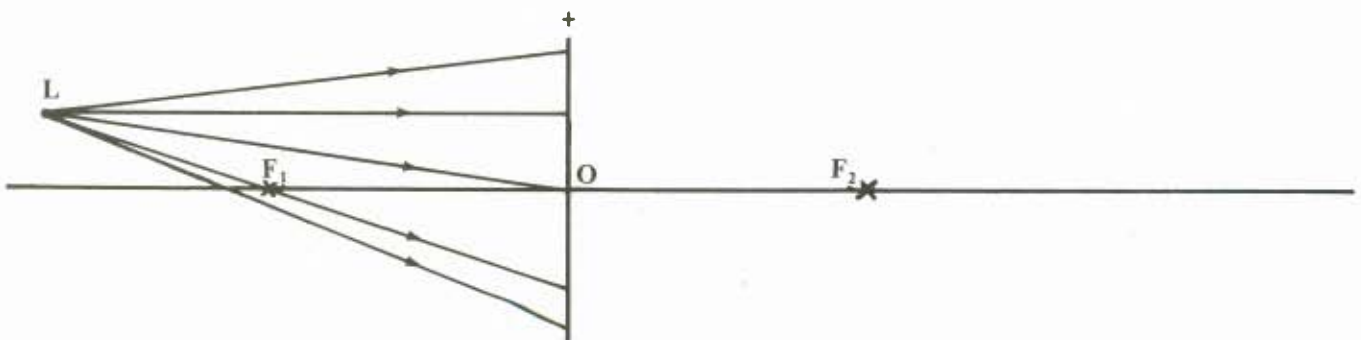
Vervolgens kun je dan in tekening 5 aangeven hoe twee willekeurige lichtstralen van L naar B lopen.

Teken de lichtstralen in figuur 5 achter de lens.

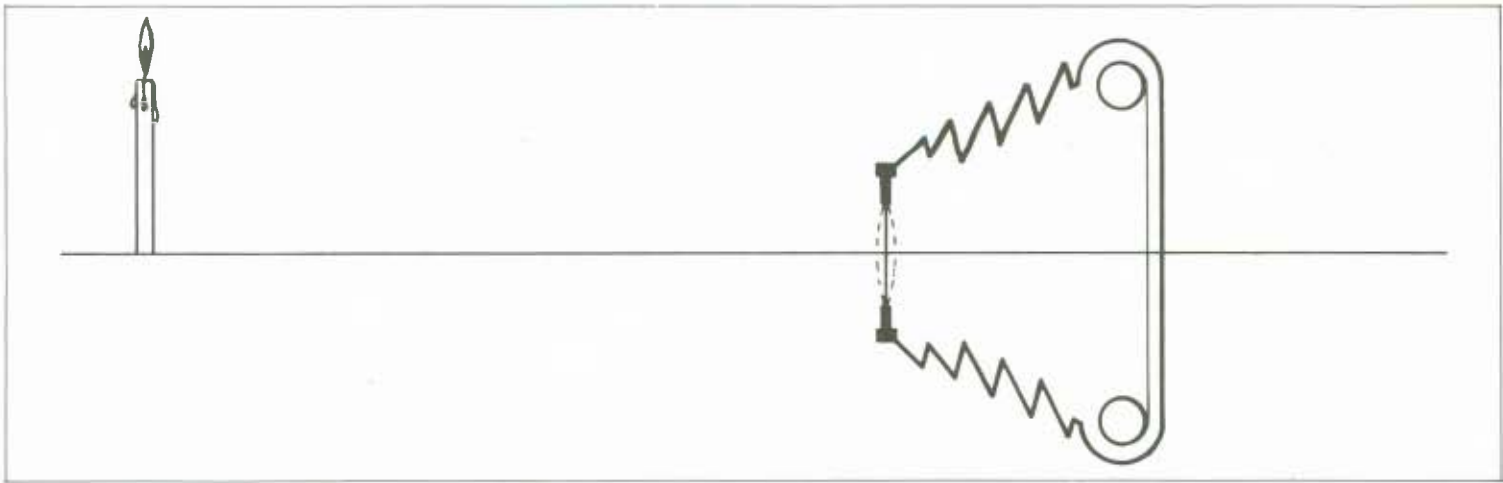
Vragen en praktikumopdrachten.

Vraag 1

Teken het verdere verloop van de lichtstralen en geef het beeldpunt aan.



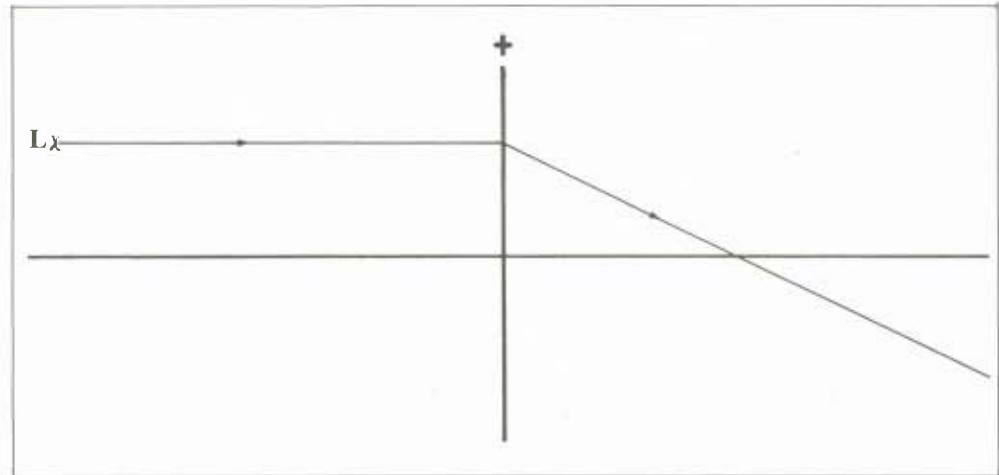
Aanwijzing: Denk aan eigenschap 5. Als je de eigenschappen van een lens gebruikt, moet je er uit kunnen komen!



Vraag 2

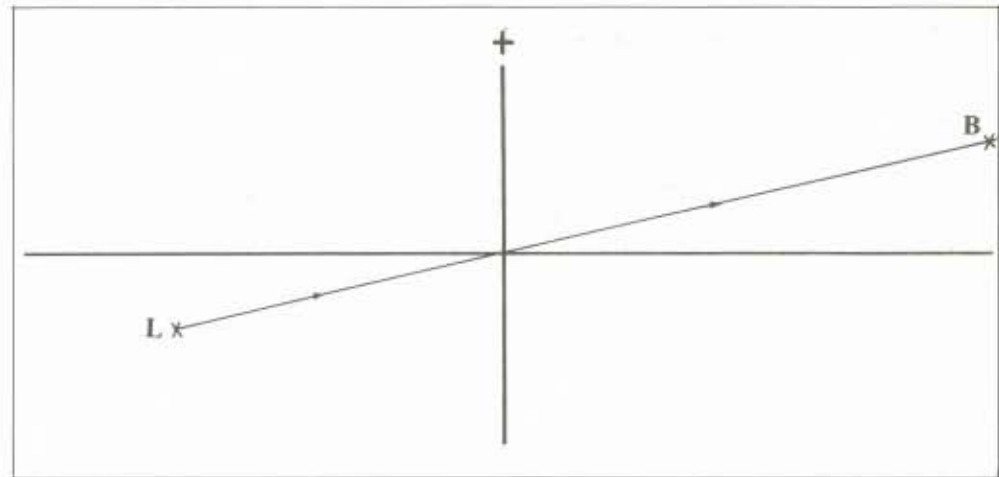
Het fototoestel is scherp gesteld op de kaars.

Bepaal het beeld van de top van de vlam op het negatief en teken het beeld. Teken de lichtstralen die nog net op de lens vallen en ook hoe ze na breking verder gaan.



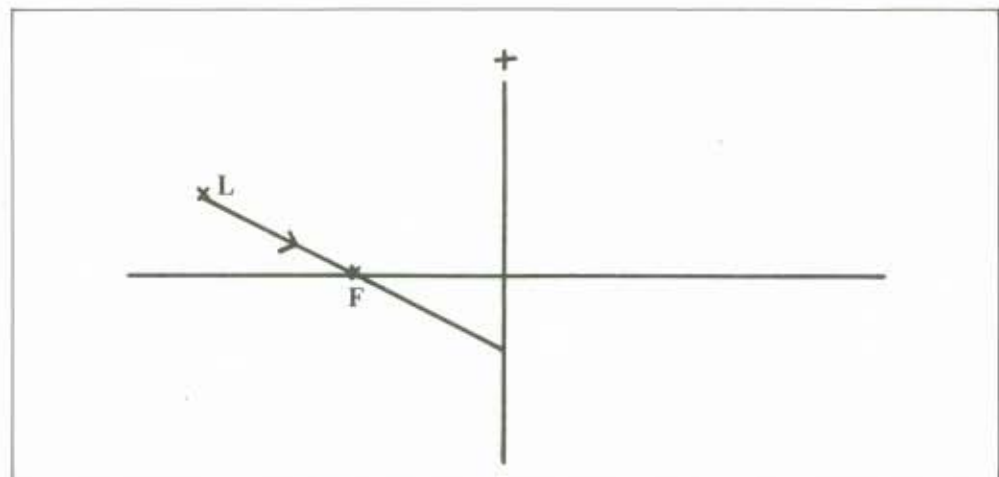
Vraag 3

Bepaal de plaats van het brandpunt van de lens en ook het beeldpunt in de situatie hiernaast.



Vraag 4

Bepaal de plaats van de brandpunten van de lens.



Vraag 5

Teken het verdere verloop van de lichtstraal.

Proef 1

In deze proef ga je onderzoeken hoe de beeldafstand verandert, als je de voorwerpaafstand groter of kleiner maakt. Vraag aan je leraar een lens, een lampje en een stuk wit papier.

Vraag aan je leraar wat de brandpuntafstand van de lens is:

$f =$ _____ cm.

Zet nu de lamp op

$\frac{3}{2} \times f =$ _____ cm.

afstand voor de lens.

Kijk met behulp van het papier waar het beeld komt en meet de beeldpuntafstand:

$b =$ _____ cm.

Verander nu de voorwerpaafstand in

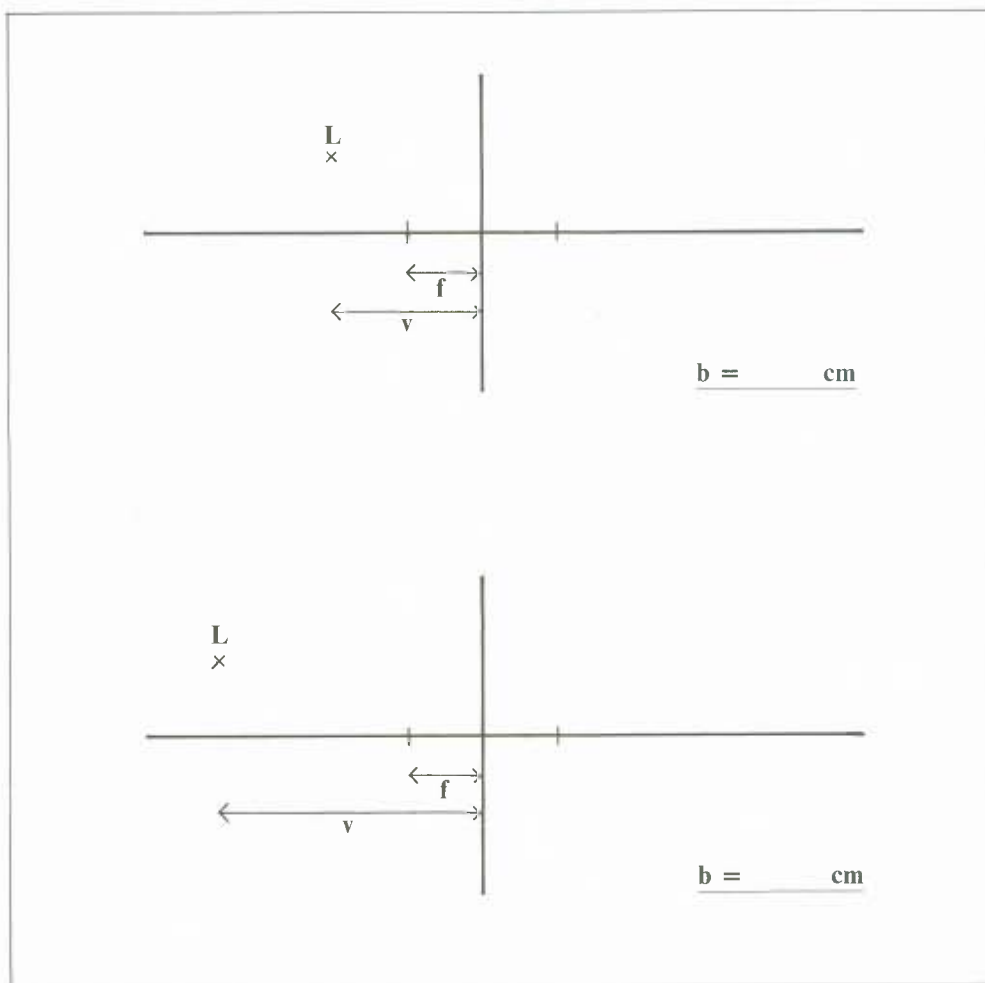
$2 \times f$; $2,5 \times f$ en $3 \times f$ cm

en meet telkens de beeldpuntafstand.

Voorwerpaafstand (in cm)	Beeldafstand (in cm)
$v = 1,5 \times f =$ _____ cm	$b =$ _____ cm
$v = 2 \times f =$ _____ cm	$b =$ _____ cm
$v = 2,5 \times f =$ _____ cm	$b =$ _____ cm
$v = 3 \times f =$ _____ cm	$b =$ _____ cm

Vul je meetwaarden in in de tabel hierboven. Het resultaat van deze proef geeft aan:

als v groter wordt, wordt b



Vraag 6

In deze vraag ga je een verklaring zoeken voor de proef die je net hebt uitgevoerd.

Konstrueer in onderstaande situaties beide keren het beeldpunt B en schrijf ernaast hoe groot de beeldafstand (b) is.

Met deze konstrukties kun je dus ook zien dat b (de beeldafstand) kleiner wordt, als v (de voorwerpaafstand) groter wordt.

Herhaalblad 1

De begrippen die je bent tegen gekomen in dit blok

Opdracht 1

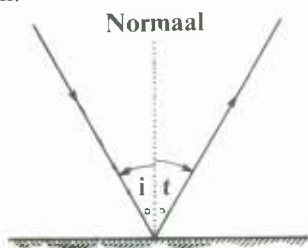
Bovenste tekening is spiegellende terugkaatsing.

Onderste tekening is diffuse terugkaatsing

Opdracht 2

De hoek van inval (i) is 30 graden.

De hoek van terugkaatsing (t) is 30 graden.



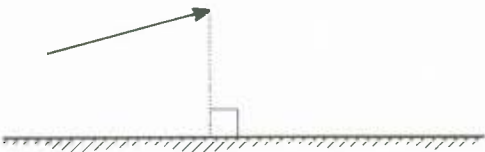
Opdracht 3

Het beeld van de pijl in de spiegel.

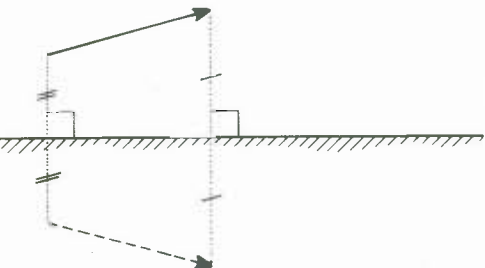
Je maakt gebruik van 2 regels:

1 De afstand van punt en beeldpunt tot de spiegel is gelijk.

2 De verbindingslijn van punt en beeldpunt staat loodrecht op de spiegel.



Dus: teken een lijn vanuit de pijlpunt loodrecht op de spiegel. Verleng de lijn achter de spiegel. Pas een stuk af achter de spiegel zodat pijlpunt en beeldpunt even ver van de spiegel afliggen.

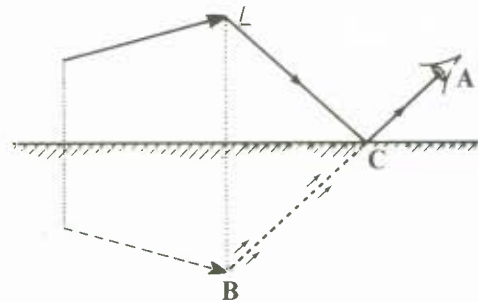


Doe het zelfde nog eens met het andere eind van de pijl en je hebt het beeld van de pijl gekregen.

De lichtstraal van de pijlpunt naar het oog. Voor het oog lijkt het alsof het licht dat de pijlpunt uitzendt van het beeld komt:

lichtstraal BA.

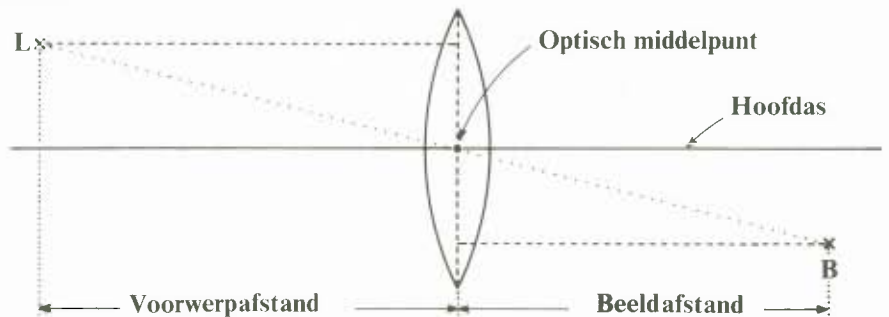
Je weet dat het licht van de pijlpunt afkomt. Maar dan moet het laatste deel van de lichtstraal uit de pijlpunt wel samenvallen met het stukje CA. Het licht uit de pijlpunt gaat via C naar A.



verwijderd voorwerp valt samen met het brandpunt.

Het brandpunt kunnen we dus een bijzonder beeldpunt noemen. Namelijk van **alle** voorwerpen die ver van de lens staan (een kerktoeren op een kilometer afstand, een ster).

Opdracht 4



Opdracht 5

$v = 2,5 \text{ cm}$

$b = 3,7 \text{ cm}$

Proef

$f =$ _____ cm

Vraag aan je leraar of het antwoord klopt.

Opdracht 6

Lens 1 is sterker omdat f_1 kleiner is dan f_2 .

$S_1 = 5 \text{ dioptrie}$; $S_2 = 2,5 \text{ dioptrie}$.

Opdracht 7

$S =$ _____ dioptrie.

Vraag aan je leraar of het antwoord klopt.

Opdracht 8

De bewering is juist.

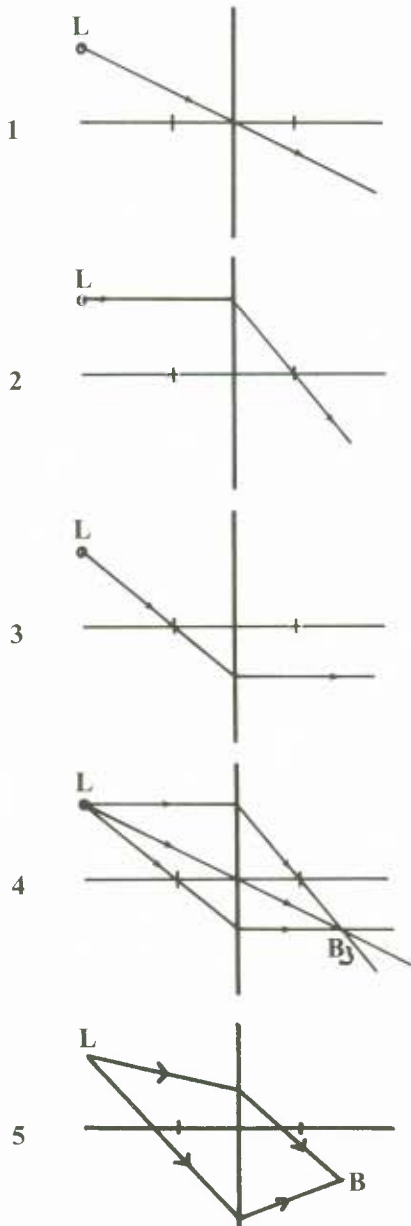
Met elke lens kun je oneindig veel beeldpunten maken.

Het hangt er helemaal vanaf waar het lichtpunt staat.

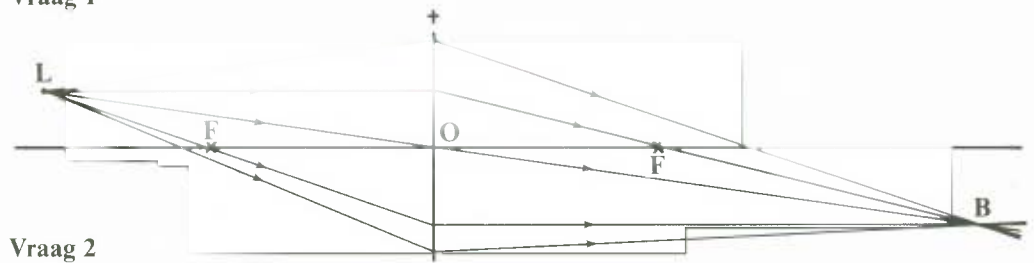
Van alle lichtpunten die ver weg staan valt het licht bij benadering in een evenwijdige bundel op de lens. Maar lichtstralen die evenwijdig aan de hoofdas op de lens vallen gaan door het brandpunt. Het beeldpunt van een ver

Herhaalblad 2

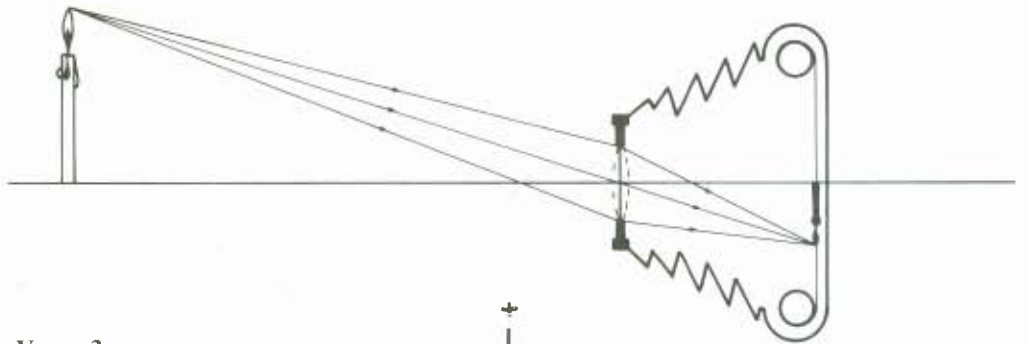
De eigenschappen van een lens



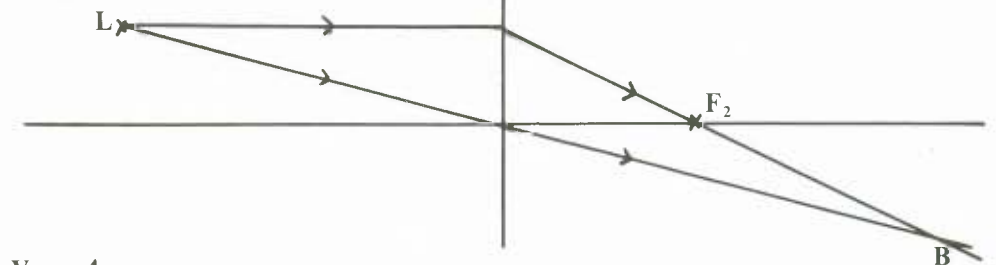
Vraag 1



Vraag 2



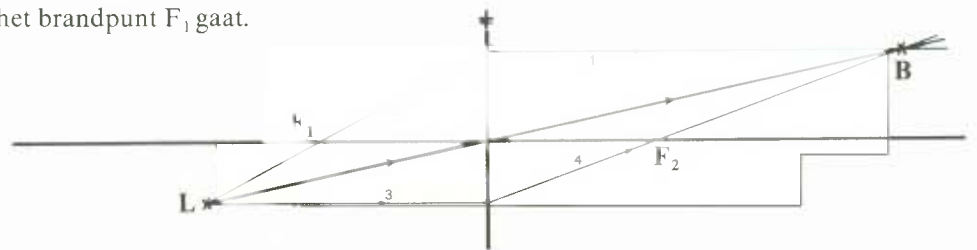
Vraag 3



Vraag 4

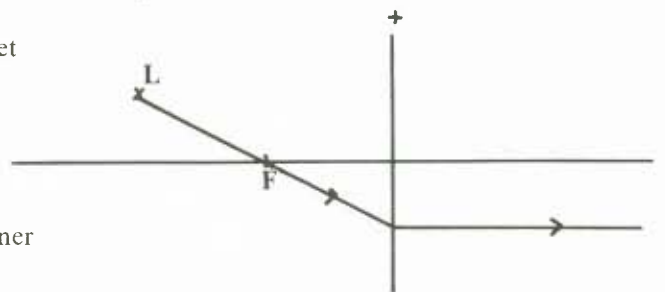
Teken eerst straal 1, die evenwijdig aan de hoofdas uittreedt.
Deze straal 1 kan alleen evenwijdig uittreeden, als de invallende straal 2 door het brandpunt F_1 gaat.

Teken vervolgens straal 3, die evenwijdig aan de hoofdas invalt.
Dan moet straal 4 door het brandpunt F_2 gaan.



Vraag 5

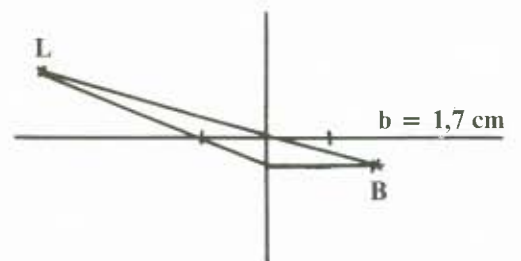
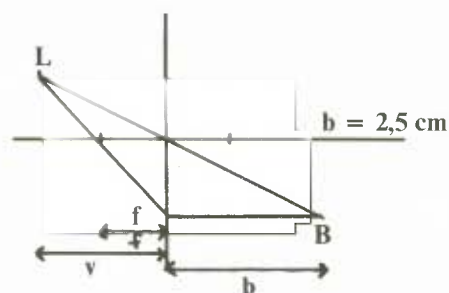
Nogmaals een straal die door het brandpunt invalt.
De uittreedende straal loopt dan evenwijdig aan de hoofdas.



Proef 1

Als v groter wordt, wordt b kleiner

Vraag 6



Verder met een bolle lens

Inleiding.

Dit blad valt uiteen in twee onderdelen.

Onderdeel 1 gaat over vergroting. Voor dit onderdeel heb je een les nodig.

Onderdeel 2 gaat over de lenzenformule, waarvoor je in ieder geval één les nodig hebt.

In onderdeel 1 maak je gebruik van een bolle lens met een bekende

brandpuntafstand, $f =$ _____ cm (dit staat op de lens of vraag het aan je leraar).

Onderdeel 1. Vergroting.

Als je van een dia met behulp van een diaprojektor op een scherm een scherpe afbeelding wilt maken, dan moet je de lens die voor de afbeelding zorgt dichterbij of iets verder weg schuiven. Zou je het scherm verplaatsen als de afbeelding scherp is, dan zou het beeld weer onscherp worden. Het is dus zo dat bij een bepaalde voorwerpaafstand ook één bepaalde beeldafstand hoort.

Bij de diaprojectie is het duidelijk dat het voorwerp (de dia) en het beeld verschillende afmetingen hebben. Om duidelijk aan te kunnen geven hoe verschillend de afmetingen zijn, wordt in de natuurkunde het begrip vergroting gebruikt:

Vergroting = $\frac{\text{een afmeting van het beeld (bijvoorbeeld de hoogte)}}{\text{de overeenkomstige afmeting van het voorwerp.}}$

De afmeting van het beeld geven we aan met de hoofdletter B,
de afmeting van het voorwerp met de hoofdletter V.

In formulevorm wordt dit:

$$\text{vergroting} = \frac{B}{V}$$

Proef 1

Als voorwerp kun je het volgende gebruiken:

In een metalen plaatje is een uitsparing gemaakt, bijvoorbeeld in de vorm van een letter. Op het plaatje wordt een stukje matglas gelijmd. Als je er dan licht op laat vallen, heb je een verlichte letter. De letter laat zelf weer licht door en verstrooit dat in alle richtingen.

Verder heb je nodig:

- een lichtbron voor het verlichten van de letter;
- een positieve lens;
- een rail of lat om alle onderdelen op te plaatsen;
- een lineaal;
- een scherm.

Bepaal de hoogte van de door jou gebruikte letter. Deze hoogte is _____ cm

Zet lamp, letter, lens en scherm op één lijn.

Doe nu vijf keer achter elkaar een meting.

Bij elke meting neem je een andere voorwerpaafstand, zodat je ook het scherm moet verschuiven om een scherp beeld te krijgen.

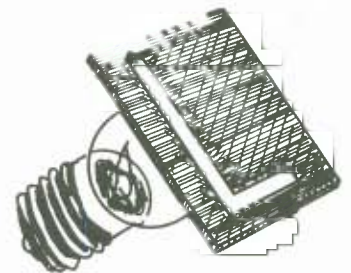
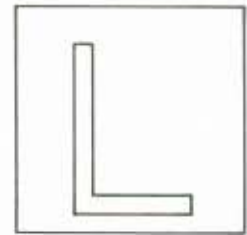
Zorg ervoor dat je de voorwerpaafstand steeds groter houdt dan de brandpuntafstand van de lens.

Als je een scherp beeld hebt, meet dan de voorwerpaafstand (v), de beeldafstand (b) en de hoogte van het beeld (B).

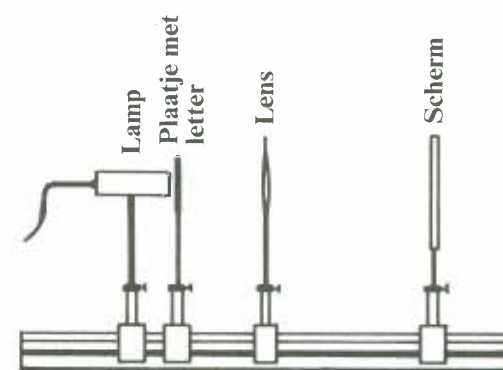
Zet de gemeten waarden in tabel 1 hiernaast.

Uitwerking van proef 1

Je hebt nu de afmeting van het beeld en de overeenkomstige afmeting van het voorwerp gemeten.



Matglazen 'L' dient als voorwerp



Tabel 1

Hoogte voorwerp (V) = _____ cm		
v (in cm)	b (in cm)	B (in cm)
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Je kunt dus de vergroting berekenen.

Doe dit voor elk van de vijf metingen en vul dit in in de eerste kolom van tabel 2.

Bereken nu ook voor elk van de vijf metingen de verhouding tussen beeldafstand (b) en voorwerpafstand (v). Vul deze vijf uitkomsten in in kolom twee

van tabel 2. Kun je uit deze metingen konkluderen dat $\frac{B}{V} = \frac{b}{v}$?

Licht je antwoord toe.

Een toepassing van wat je net gevonden hebt:

Als je de afmeting van een voorwerp niet kunt bepalen (bijvoorbeeld van een klein insect), kun je toch de vergroting (bijvoorbeeld met een mikroskoop) berekenen, omdat je de voorwerpafstand en beeldafstand kunt meten. Je weet ook hoe groot het beeld (B) is, dus kun je de grootte van het voorwerp (V) berekenen.

Onderdeel 2. De lenzenformule.

In onderdeel 1 bleek het mogelijk te zijn om de vergroting te berekenen met behulp van de voorwerpafstand (v) en de beeldafstand (b).

Maar je kunt nog veel meer te weten komen, als je de voorwerpafstand en de beeldafstand kent.

Er bestaat tussen v en b een verband, dat je zeer moeilijk alleen zult kunnen vinden. Ook de onderzoekers die voor het eerst met lenzen bezig waren, hebben daar grote problemen mee gehad.

Een slimme vondst:

Om goed te kunnen zien wat v en b met elkaar te maken hebben, moet je

gaan kijken naar $\frac{1}{v}$ en $\frac{1}{b}$.

Kijk nu terug naar tabel 1.

Neem de meetwaarden van v en b over in tabel 3. Bereken daarna de waarden in de overige kolommen.

Tabel 3

v (in cm)	b (in cm)	$\frac{1}{v}$ (in cm^{-1})	$\frac{1}{b}$ (in cm^{-1})	$\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ (in cm^{-1})

Als je kijkt naar de vijf waarden van $\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$, wat is dan je konklusie

De brandpuntafstand (f) van de gebruikte lens is _____ cm.

Dan geldt $\frac{1}{f} =$ _____ cm^{-1}

Vergelijk de waarde van $\frac{1}{f}$ met de waarde van $\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$. Wat is je konklusie?

Wat je hebt gevonden, wordt de lenzenformule genoemd. Deze luidt als volgt:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Proef 2

Je kunt nu de brandpuntafstand van een lens berekenen met behulp van de lenzenformule.

Vraag aan je leraar een lens.

Bepaal op 2 manieren de brandpuntafstand van de lens. (Denk aan P3 onderdeel 1).

Vergelijk je gemeten waarden met de waarde die op de lens staat. Probeer verschillen te verklaren.

Tabel 2

$\frac{B}{V}$	$\frac{b}{v}$

Reële en virtuele beelden

1

Reëel en virtueel.

Wanneer je thuis naar een spiegel boven de wastafel kijkt, dan zie je achter deze spiegel allerlei voorwerpen. Je weet dat ze zich daar niet kunnen bevinden omdat er een muur onmiddellijk achter de spiegel zit. Al deze voorwerpen **achter** de muur zijn beelden, die ontstaan zijn doordat licht van voorwerpen **voor** de spiegel teruggekaatst wordt.

Het beeld dat een projektorlens van een dia vormt, is daarentegen wel echt. Dit kan je controleren door je hand in de stralenbundel te houden. Een gedeelte van het beeld valt dan op je hand in plaats van op het doek.

We noemen beelden die je op een scherm kunt afbeelden, **reële** beelden, en beelden die je niet op een scherm kunt afbeelden, **virtuele** beelden.

2

Het bepalen van de plaats van een virtueel beeld.

Omdat we een virtueel beeld niet op een scherm kunnen opvangen, gaan we een speciale methode toepassen om de plaats van zo'n virtueel beeld te bepalen. Deze methode heet parallaxmethode.

Deze methode berust op de volgende regel:

Voorwerpen, die zich niet op dezelfde afstand van je oog bevinden, verschuiven ten opzichte van elkaar als je je hoofd beweegt.

Kijk bijvoorbeeld maar eens door het raam naar buiten en houd tegelijkertijd een voorwerp in de klas (een plant op de vensterbank of het raamkozijn) in het oog. Als je je hoofd nu naar **rechts** beweegt, zie je een voorwerp buiten ook naar **rechts** bewegen, terwijl het voorwerp in de klas naar **links** beweegt. Nog een voorbeeld: houd een potlood met gestrekte arm voor je en kijk tegelijkertijd naar dit potlood en naar een plaat of poster aan de wand van het lokaal. Beweeg je hoofd nu naar **links**. Je ziet de plaat of poster nu mee gaan naar **links**, terwijl het potlood naar **rechts** gaat.

Konklusie:

Als je tegelijkertijd naar twee voorwerpen kijkt, die niet evenver van je verwijderd zijn en je beweegt je hoofd heen en weer

DAN:

- beweegt het **achterste** voorwerp met ons hoofd mee;
- beweegt het **voorste** voorwerp in tegenovergestelde richting.

Dit betekent ook dat twee voorwerpen even ver van je hoofd verwijderd zijn als ze bij heen en weer bewegen van je hoofd **niet** ten opzichte van elkaar verschuiven.

Dit ga je gebruiken bij het bepalen van de plaats van een virtueel beeld.

3

Het virtuele beeld van een spiegel.

Je gaat nu eerst met behulp van de parallaxmethode de plaats bepalen van het virtuele beeld bij een spiegel.

Je zoekt dan de plaats van het voorwerp op, waarbij het beeld van het voorwerp bij bewegen van je hoofd niet meer verschuift ten opzichte van een voorwerp achter de spiegel. Om dit voorwerp achter de spiegel ook te kunnen zien, moet de spiegel transparant zijn. We spreken dan van een halfdoorlaatbare spiegel (geschikt is een schoon glasplaatje of stukje perspex).

Proef 1

a Plaats een spijker voor het glas en een speld er achter.

Kijk langs de spijker door de spiegel.

b Verschuif de spijker net zo lang totdat het **beeld** van de spijker samenvalt met de speld, **ook al beweeg je je hoofd heen en weer** (zie tekening).

Volgens de parallaxmethode bevindt het beeld van de spijker zich evenver van je oog als de speld.

De speld bevindt zich dus op dezelfde plaats als het virtuele beeld van de spijker.

c Meet de voorwerpafstand = afstand spijker tot spiegel.

$v =$ _____ cm.

Meet de beeldafstand = afstand speld tot spiegel.

$b =$ _____ cm.

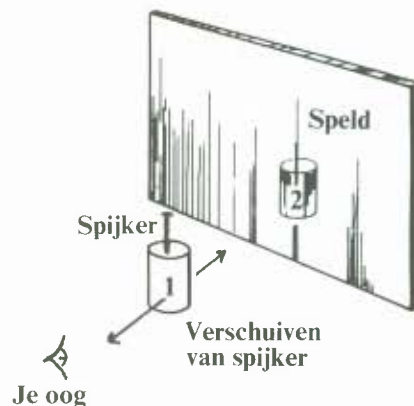
d Herhaal de proef voor enkele andere afstanden, door de speld op een andere plaats achter de spiegel te zetten.

$v =$ _____ cm.

$b =$ _____ cm.

$v =$ _____ cm.

$b =$ _____ cm.



Konklusie uit deze proef: een vlakke spiegel vormt van een voorwerp een virtueel beeld waarvoor geldt:
de beeldafstand _____ de voorwerpafstand.

4

Kan een bolle lens virtuele beelden vormen?

Bij al onze proeven met een bolle lens hebben we tot nu toe voorwerpafstanden gebruikt die groter waren dan of gelijk aan de brandpuntafstand. Je kreeg dan reële beelden of een evenwijdige lichtbundel.

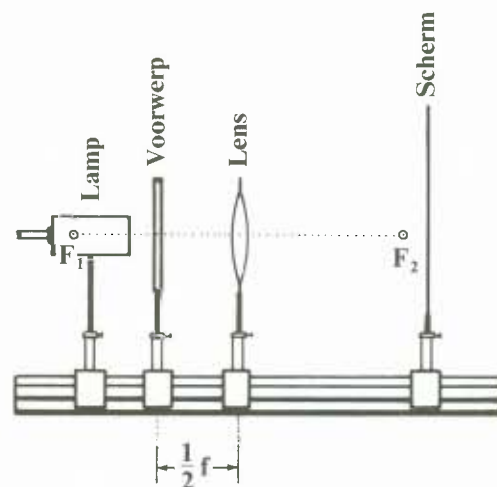
Je gaat nu onderzoeken wat er gebeurt als je de voorwerpafstand kleiner maakt dan de brandpuntafstand ($v < f$).

Proef 2

Bouw de opstelling die hiernaast staat getekend.

Kies als voorwerpafstand $v = \frac{1}{2} f$.

Kun je op het scherm een beeld waarnemen?



Wanneer je nu je oog op de plaats van het scherm houdt en in de lens kijkt, dan zie je wel een beeld. Dit beeld ligt aan dezelfde kant van de lens als het voorwerp.

Omdat we dit beeld niet kunnen opvangen met een scherm, is dit beeld een virtueel beeld.

Is het virtuele beeld omgekeerd?

Als je je hoofd naar de lens toebeweegt, verandert dan de grootte van het beeld?

Konklusie: Bij een bolle lens heb je reële beelden als de voorwerpafstand groter is dan de brandpuntafstand.

Je hebt virtuele beelden als de voorwerpafstand kleiner is dan de brandpuntafstand.

Reële beelden zijn omgekeerd, virtuele beelden niet.

Proef 3

5

Het virtuele beeld van een bolle lens.

Maak de hieronderstaande opstelling door achtereenvolgens:

a De speld binnen de brandpuntafstand van de lens te zetten (neem $v = \frac{1}{2} f$).

Van de speld wordt nu een virtueel beeld gevormd aan de rechterkant van de lens.

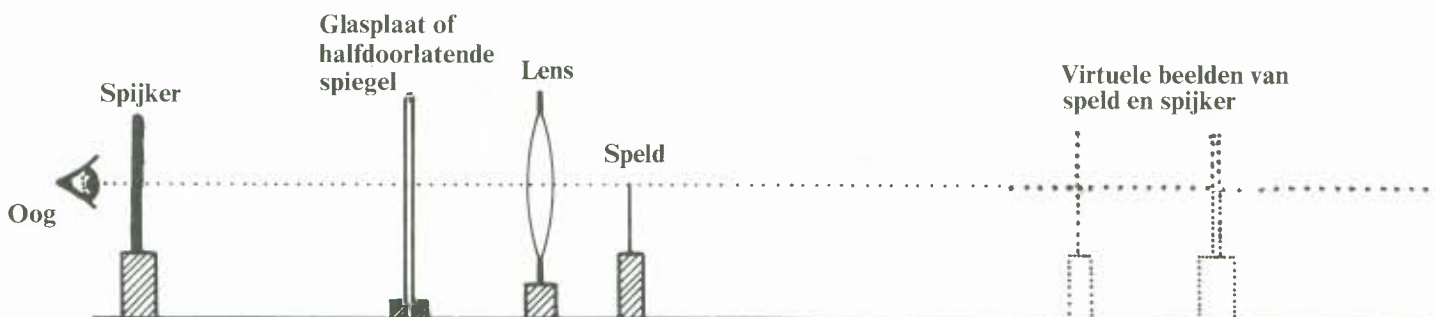
b Het virtuele beeld van de speld te bekijken door een glasplaat (of half doorlaatbare spiegel), die links van de lens staat.

c Links van de spiegel een spijker te zetten, waarvan de spiegel een virtueel beeld vormt.

d De spijker zo te verschuiven, dat het virtuele beeld van de spijker (gevormd door de spiegel) samenvalt met het virtuele beeld van de speld (gevormd door de bolle lens).

Dit samenvallen bepaal je weer met de parallaxmethode.

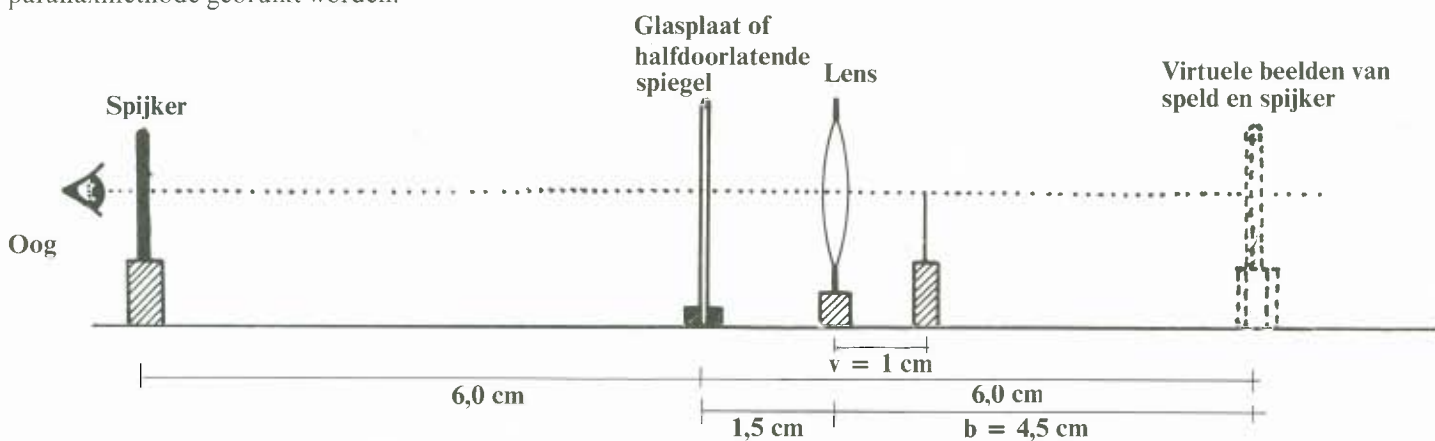
Let dus op: in deze proef gebruik je de spiegel als hulpmiddel om het virtuele beeld van een bolle lens te bepalen.



Uitwerken van proef 3.

Omdat dit misschien nog niet zo direct duidelijk is, staat hieronder een uitgewerkt voorbeeld.

In onderstaande tekening vallen de beide virtuele beelden samen en kan de parallaxmethode gebruikt worden.



v (in cm)	Afstand spijker-spiegel (in cm)	Afstand spiegel-lens (in cm)	b (in cm)	$\frac{1}{b} + \frac{1}{v}$
1	6	1,5	-4,5	0,78

Zoals je ziet kunnen we b berekenen door de afstand spiegel-lens (3e kolom) af te trekken van de afstand spijker-spiegel (2e kolom).

Voor b nemen we een negatieve waarde, want het beeld is virtueel.

Nu verder met proef 3

Meet de afstand **speld-lens** (= voorwerpafstand v) en vul de gemeten waarde in in de tabel hieronder.

Meet ook de afstand **spijker-spiegel** en de afstand **spiegel-lens**. Vul ook deze waarden in in de tabel hieronder.

De overige kolommen hoeft je nog niet in te vullen.

v (in cm)	Afstand spijker-spiegel (in cm)	Afstand spiegel-lens (in cm)	b (in cm)	$\frac{1}{b} + \frac{1}{v}$	$\frac{1}{f}$

Je kunt nu de bijbehorende waarde van b steeds berekenen.

Bereken vervolgens $\frac{1}{b} + \frac{1}{v}$ en vergelijk deze waarde met $\frac{1}{f}$. Wat valt je op?

Geldt de lenzenformule ook bij virtuele beelden?

Opdracht

Herhaal de proef voor nog drie andere waarden van v (door de speld te verschuiven tussen de lens en het brandpunt van de lens).

Vul de gevonden waarden ook in de tabel in.

Bereken steeds $\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ en vergelijk deze waarden met $\frac{1}{f}$.

Konklusie:

De lenzenformule geldt

Blok 11 | Extra blad 96

Vragen over 93 ‘Verder met een bolle lens’ en 95 ‘Reële en virtuele beelden’

Inleiding

Dit extra stofblad kun je doen als je de bladen 93 en 95 gedaan hebt.

In blad 93 vond je de volgende resultaten:

1

$$\text{vergroting} = \frac{B}{V} = \frac{b}{v}$$

waarin

B de afmeting is van het beeld,

V de afmeting is van het overeenkomstige voorwerp,

b de beeldafstand is en v de voorwerpafstand.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

de lenzenformule, waarin

v de voorwerpaafstand, b de beeldafstand en f de brandpuntafstand is.

N.B. bij virtuele beelden vullen we voor b een negatief getal in.

Je zult begrijpen dat je 'gewapend' met deze resultaten vele opgaven kunt maken.

Voordat je begint aan opgave 1 moet je nog letten op het stukje wiskunde in de volgende uitgewerkte vraag.

Vraag

Bereken de brandpuntafstand van een lens, als gegeven is dat de vergroting $1\frac{1}{2}$ is en de beeldafstand 15 cm.

Antwoord

$$(1) \text{ vergroting } \frac{B}{V} = \frac{3}{2} \text{ maar } \frac{B}{V} = \frac{b}{v} \text{ dus } \frac{b}{v} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{15}{v} = \frac{3}{2} \text{ en dus } v = 10 \text{ cm}$$

$$(2) \frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{1}{f} = \frac{1}{f} = \frac{1}{6} \Rightarrow f = 6 \text{ cm.}$$

Om de brandpuntafstand te berekenen heb je twee vergelijkingen nodig. Uit dit stelsel van twee vergelijkingen (1) en (2) kun je zowel de voorwerpaafstand als de brandpuntafstand berekenen.

In onderstaande opgaven komt deze antwoordmethode ook voor.

1

Van een lens is $f = 6$ cm. Een voorwerp staat 12 cm voor de lens. Hoever komt het beeld achter de lens?

2

Gegeven: $f = 4$ cm; $b = 12$ cm

Bereken: v .

3

Van een lens is $f = 3$ cm. De voorwerpaafstand is 2 cm. Bereken de beeldpuntafstand. Wat kun je zeggen over het beeld.

4

Een dia heeft de volgende afmetingen: lengte 36,0 mm en hoogte 24,0 mm. De dia wordt in een diaprojektor geplaatst. De lens (eigenlijk lenzenstelsel) van de projektor wordt verschoven totdat er op het scherm een scherp beeld ontstaat.

De afmetingen van het beeld zijn: lengte 1,80 m en hoogte 1,20 m. De afstand van de dia tot het scherm blijkt 5,10 m te zijn.

a Bereken de brandpuntafstand van het lenzenstelsel.

b Als het scherm verder weggezet wordt, moet de lens dan naar het scherm toe uitgeschoven worden om weer een scherp beeld te krijgen? Verklaar je antwoord.

c Als je rook blaast in de bundel licht die uit de projektor komt, dan zie je dat de bundel 'divergent' is. Toch komt er op het scherm een duidelijke afbeelding. Leg met behulp van een tekening uit wat hier in werkelijkheid aan de hand is.

d Voordat je de dia in de projektor doet, moet je ervoor zorgen dat de dia er goed in komt. Staande achter de projektor kijk je door de dia in de richting van het scherm. Je ziet dan het beeld normaal. Wat moet je nu met de dia doen alvorens hem in de projektor te plaatsen, opdat op het scherm een goed beeld ontstaat?

5

a Op een fototoestel zit een lens met een brandpuntafstand van 5,0 cm. Op 15,0 m afstand van de lens staat een auto die een lengte heeft van 7,50 m. De lengte-as van de auto staat evenwijdig aan het negatief. Je stelt het fototoestel zo in, dat het beeld van de auto scherp op het negatief komt.

Bereken de lengte van de afbeelding van de auto op het negatief.

b Met behulp van een tele-lens kun je van een voorwerp dat ver weg staat een grotere

afbeelding op het negatief krijgen dan met een 'gewone' lens. Zal de brandpuntafstand van de tele-lens groter of kleiner zijn dan van een 'gewone' lens?

Licht je antwoord duidelijk toe.

c Je wilt een foto van iemand maken. Je ziet in de zoeker dat de persoon niet geheel op de foto zal komen.

Wat moet je doen om ervoor te zorgen dat hij er geheel op komt?

d Je maakt een foto. Het blijkt dat tijdens het maken van de foto op de lens een vlieg heeft gezeten.

Welke invloed heeft dat op de foto?

6

Bij filmtoestellen gebruikt men vaak zogenaamde zoomlenzen. Zo'n zoomlens bestaat in werkelijkheid uit vele lenzen. Door onderlinge verschuiving van deze lenzen ten opzichte van elkaar is men in staat de brandpuntafstand met een faktor van vier of meer te veranderen, terwijl de plaats van het beeld (van hetzelfde voorwerp) niet verandert.

Wat gebeurt er met de grootte van het beeld als de brandpuntafstand van zo'n zoomlens vier maal zo groot wordt?

Geef een duidelijke toelichting.

7

Als je een positieve lens loodrecht op de stralen van het zonlicht houdt, dan neem je op een scherm achter de lens een cirkelvormige lichtvlek met een donkere ring er omheen waar.

a Laat met behulp van een tekening zien hoe dat komt.

b Waarvan hangt de diameter van de cirkelvormige lichtvlek af?

c Er bestaan steeds twee afstanden tussen lens en scherm waarbij de diameter van de lichtvlek even groot is. Maak dit duidelijk.

d De lens heeft een diameter van 3,0 cm. Als het scherm op 16 cm van de lens staat, blijkt de diameter van de cirkelvormige lichtvlek 1,0 cm te zijn.

Bereken uit deze gegevens de brandpuntafstand van de lens.

8

Is de lenzenformule juist als

a Het voorwerp in het brandpunt van de lens staat?

Licht je antwoord toe.

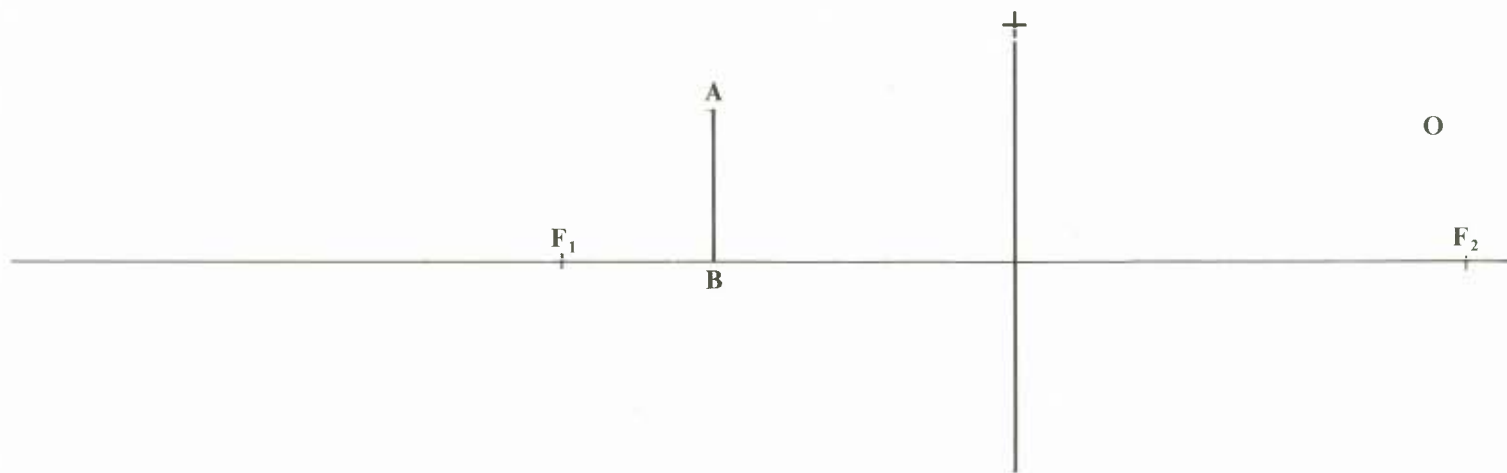
b Het voorwerp zeer ver weg staat?

Licht ook nu je antwoord toe.

(Als het voorwerp ver weg staat, mag je aannemen dat de invallende stralen evenwijdig aan de hoofdas lopen.)

9

In onderstaande tekening stelt AB een voorwerp voor waarvan een positieve lens een beeld vormt. F is één van de brandpunten van de lens. Bij O bevindt zich een oog.



a Konstrueer het beeld dat door de lens van het voorwerp AB gevormd wordt en controleer de lenzenformule voor de lens (meet de afstanden!)

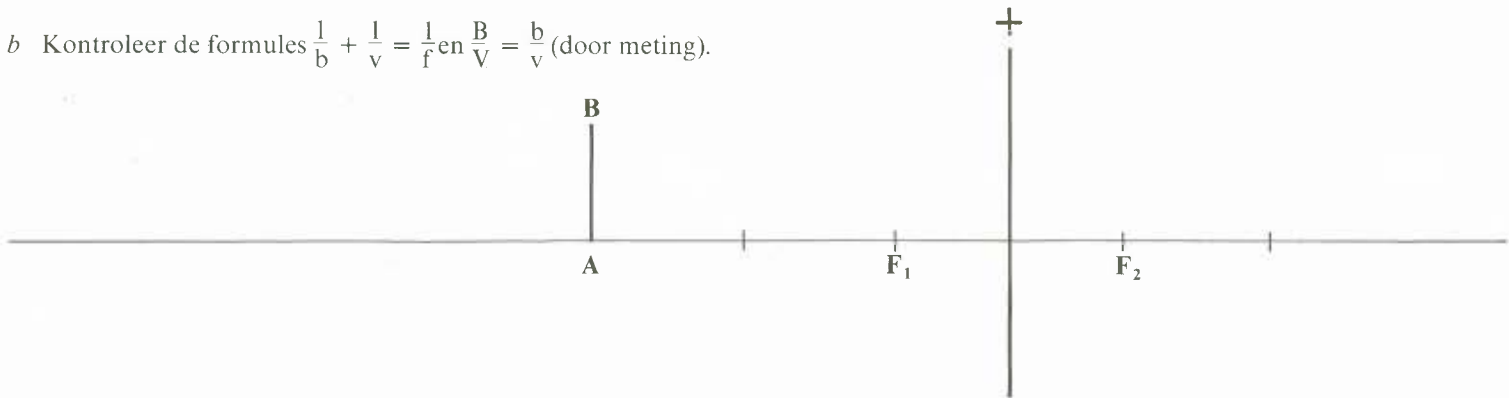
b Wat is de aard van het beeld?

- c Teken de bundel lichtstralen die uitgaat van B en in het oog O terecht komt.
 d Teken ook de bundel lichtstralen die uitgaat van A en in het oog terecht komt. Doe dat met een andere kleur als in c.

10

a Konstrueer het beeld dat door de lens van AB gevormd wordt.

b Controleer de formules $\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ en $\frac{B}{V} = \frac{b}{v}$ (door meting).



Blok 11 | Extra blad 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 objektglasje voor een mikroskoop.

De werking van het toestel is als volgt:

We kunnen een voorwerp direct door spiegel 1 heen zien. Het licht valt dan via weg 1 in ons oog.

We kunnen het voorwerp echter ook zien via spiegel 2 en spiegel 1. 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 samen 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.

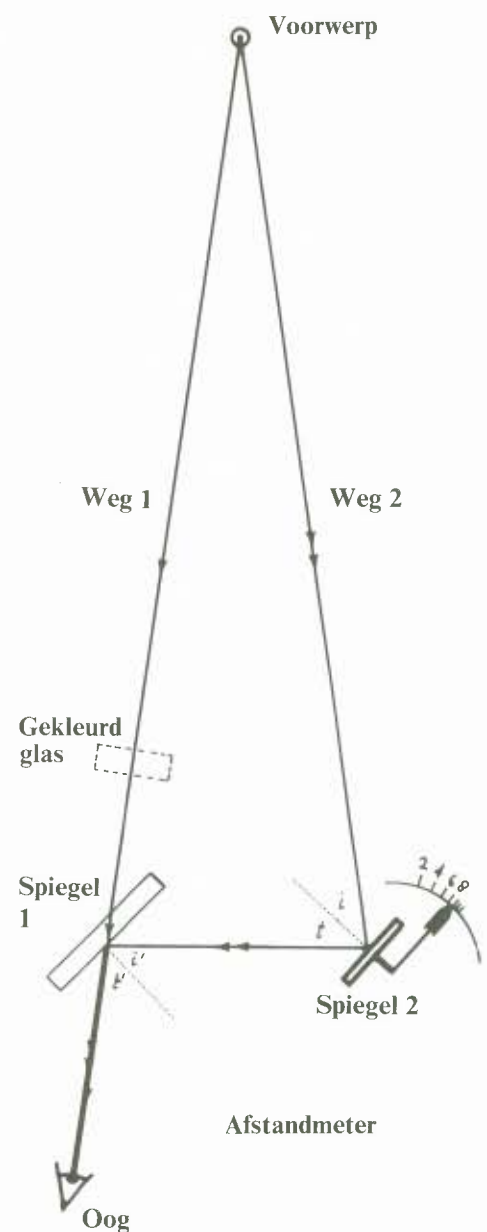
Als de beelden erg veel in helderheid verschillen is het mogelijk een gekleurd stukje glas of plastic voor spiegel 1 te plaatsen.

Het bouwen van de afstandmeter.

Neem een triplex latje van $38 \times 2,5 \times 1$ cm ($l \times b \times h$).

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 andere afstanden.

3

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

Blok 11 | Extra blad 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 plantenwereld neemt aan dat het avond wordt, en reageert daarop door bijvoorbeeld stil te worden. Er steekt een wind op door de plaatselijke afkoeling. Sterrenkundigen kunnen het licht van de corona en de 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

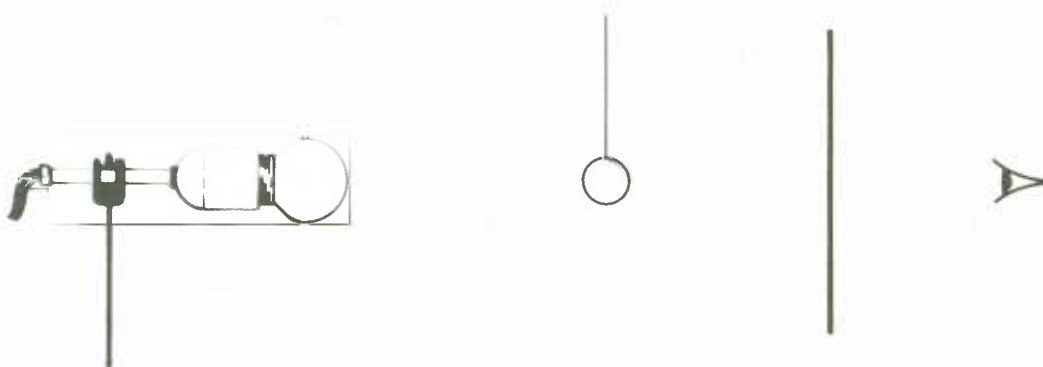
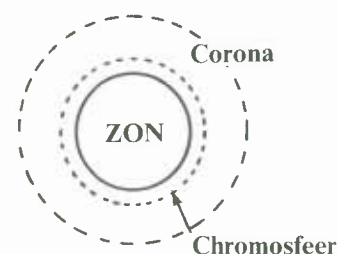
Het is niet zo moeilijk een zonsverduistering redelijk na te bootsen. Dat kun je op de volgende manier doen:

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

Hang daar tussenin een pingpong balletje 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, en kijk daardoor naar de pingpong bal 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.

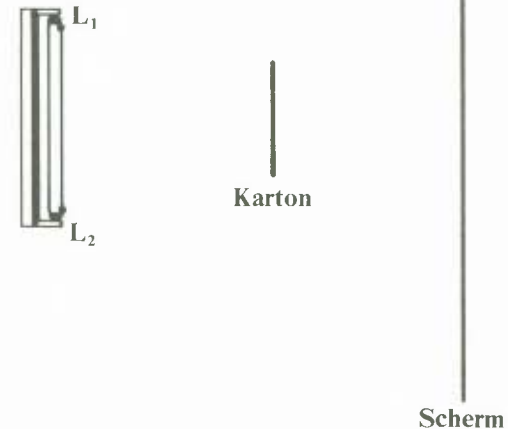
Doe hetzelfde voor L_2 .

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.

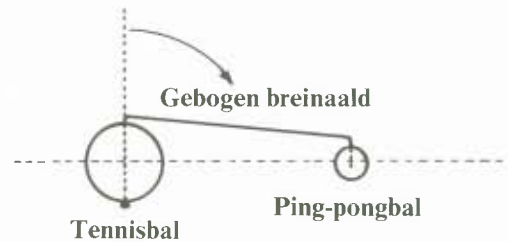
Met een oude tennisbal, een breinaald, een pingpong balletje en een diaprojektor is heel snel een model te maken van een maansverduistering.

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 dat punt een pingpong balletje, 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.



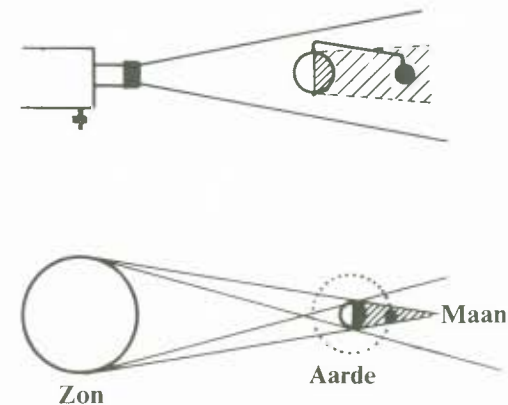
Opdracht 3 en 4

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 misschien nabootsen. Schrijf dan op hoe je dat hebt gedaan.

Bij een echte maansverduistering is de maan nièt 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

5 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-pingpong bal klopt met de werkelijkheid.