

Blok 9 Optika 2

Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
P 1. Wat hebben we al gehad in blok 7?	5
P 2. De vlakke spiegel	7
P 3. Beeldkonstruktie bij een bolle lens	8
P 4. Vergroting	9
T 1. Wat hebben we al gehad in blok 7?	11
T 2. De vlakke spiegel	13
T 3. Beeldkonstruktie bij een bolle lens	14
T 4. Vergroting	16
W 1. Wat hebben we al gehad in blok 7?	18
W 2. De vlakke spiegel	19
W 3. Beeldkonstruktie bij een bolle lens	21
W 4. Vergroting	24

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken is:
P 1, T 1, W 1, P 2, T 2, W 2, P 3, T 3, W 3, P 4, T 4, W 4.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. Terugkaatsing, spiegels	25
H 2. Beeldkonstruktie; vergroting	26
H 1. Antwoordblad	29
H 2. Antwoordblad	29

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

Extra stof bij je eigen lesmateriaal	
92. Zie blok 7	26
94. Zie blok 7, onderdeel III over absorptie	28
107. Gezichtsbedrog	32
125. Het oog	38

Blok 9 Leerdoelen

Wat je moet kunnen aan het eind van blok 9

Herhaling van blok 7

1

Je moet weten hoe schaduwbeelden ontstaan en hoe je ze kunt tekenen.

Te vinden in:

P 1

2

Je moet weten welke twee soorten van terugkaatsing we onderscheiden.

P 1, T 1

3

Je moet weten welke twee wetten er gelden bij spiegelende terugkaatsing.

T 1, P 1

4

Je moet weten wat we verstaan onder voorwerpsafstand, beeldsafstand en brandpuntsafstand.

P 1, T 1, W 1

5

Je moet weten wat een konvergerende, een evenwijdige en een divergerende lichtbundel is.

P 1, T 1, W 1

6

Je moet weten dat een bolle lens een konvergerende werking heeft.

P 1, T 1

7

Je moet weten dat een holle lens een divergerende werking heeft.

P 1, T 1

De vlakke spiegel

8

Je moet weten dat de voorwerpsafstand (v) en de beeldsafstand (b) bij een vlakke spiegel even groot zijn.

P 2, T 2, W 2

9

Je moet op twee manieren het beeldpunt kunnen bepalen van een voorwerp voor een spiegel.

P 2, T 2, W 2

10

Je moet weten dat je de teruggekaatste lichtstralen kunt laten komen uit het beeldpunt (B).

P 2, T 2, W 2

11

Je moet met behulp van randstralen kunnen bepalen in welk gebied je je oog moet houden voor een spiegel om het beeld van een voorwerp te kunnen zien.

P 2, T 2, W 2

Beeldkonstruktie bij een bolle lens

12

Je moet de loop van de drie bijzondere lichtstralen kunnen tekenen.

P 3, T 3

13

Je moet met behulp van de drie bijzondere lichtstralen het beeld B van een voorwerp L kunnen konstrueren:

- als de voorwerpsafstand groter is dan de brandpuntsafstand ($v > f$);
- als de voorwerpsafstand kleiner is dan de brandpuntsafstand ($v < f$);

T 3, W 3

T 3, W 3

14

Je moet weten wanneer er een reëel beeld en wanneer er een virtueel beeld ontstaat bij een bolle lens.

T 3, W 3

15

Je moet weten, dat de beeldsafstand negatief is bij een virtueel beeld.

T 3

Vergroting

16

Je moet weten hoe je de vergroting berekent uit:

- a. de grootte van het beeld en de grootte van het voorwerp;
- b. de beeldsafstand en de voorwerpsafstand;

P 4

P 4, T 4

17

Je moet weten dat de vergroting altijd een positief getal is.

T 4

18

Je moet met het begrip vergroting sommen kunnen maken zoals in W 4 som 4 t/m 8.

W 4

Blok 9 Praktikum

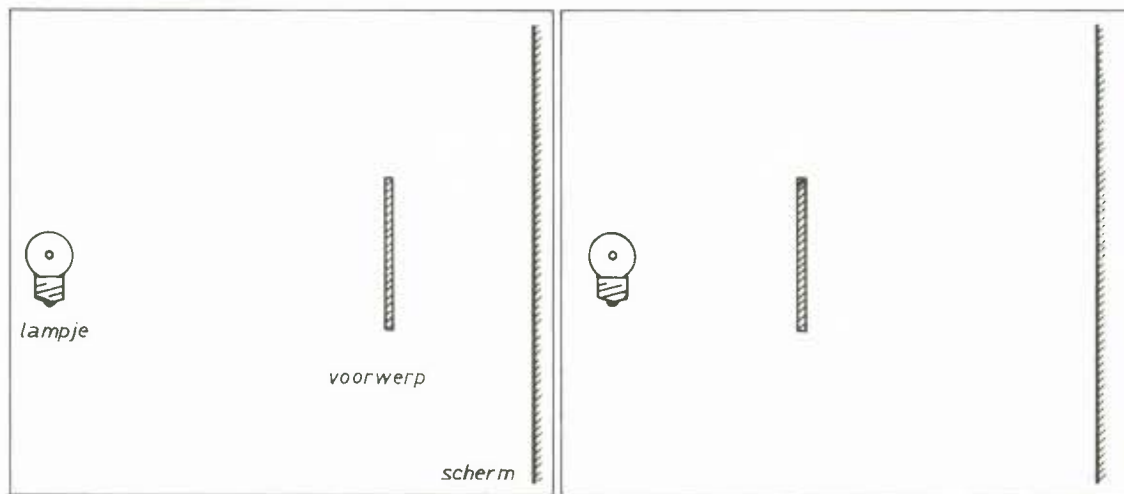
P 1 Wat hebben we al gehad in blok 7?

1

Hoe beweegt licht zich voort?

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

Teken het licht afkomstig uit één punt van de lamp.



In de tekening heb je de lichtstralen als rechte lijnen getekend.

Want:

Licht beweegt zich rechtlijnig voort.

2

Hoe wordt licht teruggekaatst?

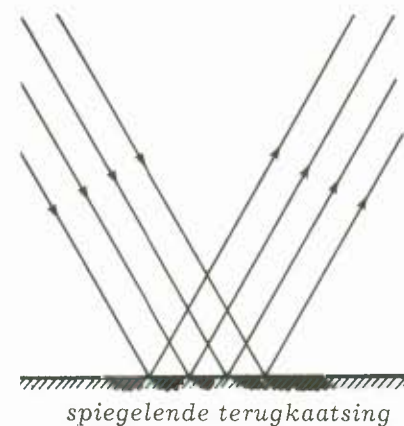
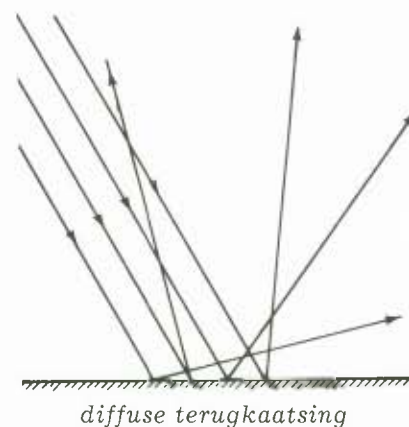
In blok 7 bleek dat er twee vormen van terugkaatsing zijn: **diffuse terugkaatsing** en **spiegelende terugkaatsing**.

Wanneer er van een voorwerp licht valt op een oppervlak, dan kaatst het licht voor een deel weer terug.

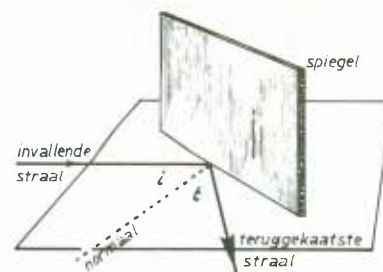
Bij diffuse terugkaatsing worden evenwijdig invallende lichtstralen in **alle richtingen** verspreid. Ons oog ziet dan geen spiegelbeeld van het voorwerp. Het oog neemt alleen het oppervlak zelf waar.

Bij spiegelende terugkaatsing worden evenwijdig invallende lichtstralen alle in **dezelfde richting** teruggekaatst. Ons oog ziet dan een spiegelbeeld van het voorwerp in het oppervlak.

In de volgende proef ga je nog één keer de spiegelende terugkaatsing bekijken.



Laat één lichtstraal schuin op een spiegel vallen (zie tekening). Teken hieronder hoe de invallende en teruggekaatste straal lopen.



Meet de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing.

De hoek van inval ($\angle i$) is graden.

De hoek van terugkaatsing ($\angle t$) is graden.

Doe deze proef nogmaals voor een andere hoek van inval. Teken de stralen met een andere kleur ook in de tekening hierboven.

Welke regel geldt er bij spiegelende terugkaatsing?

3

Bolle lenzen

In blok 7 heb je gewerkt met bolle lenzen.

Hieronder worden nog een aantal proeven herhaald.

- a. Maak met behulp van een lichtkastje drie evenwijdige stralen. Plaats de bolle lens in de stralen.

De bolle lens heeft een konvergerende divergerende werking.

Maak de tekening hiernaast af.

Het punt waar de lichtstralen samenkomen heet het van de lens.

De brandpuntsafstand (f) van jouw lens is cm.



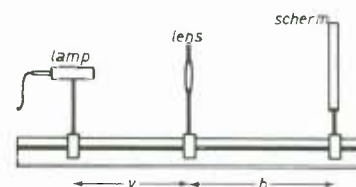
- b. Plaats een brandend lampje voor een bolle lens.
 Probeer op een scherm achter de lens een scherp beeld te krijgen van de gloeidraad van het lampje.
 De afstand van het lampje tot het optisch middelpunt van de lens heet de **voorwerpsafstand**. De afkorting ervoor is v .
 De afstand van het optisch middelpunt van de lens tot het beeld op het scherm heet de beeldafstand (b).
 Meet v en b als je een scherp beeld hebt:

$v =$ cm; $b =$ cm;

Maak de afstand van het lampje tot de lens nu wat kleiner.

Meet nu ook weer v en b :

$v =$ cm; $b =$ cm;



Konklusie: Als je de voorwerpsafstand kleiner maakt, wordt de beeldafstand groter kleiner

4

Holle lenzen

Maak met behulp van een lichtkastje drie evenwijdige stralen. Plaats een holle lens in de stralen.

De holle lens heeft een konvergerende divergerende werking

Maak de tekening hiernaast af.



P 2 De vlakke spiegel

Inleiding

We kunnen voorwerpen in een spiegel zien ook als deze voorwerpen niet recht voor de spiegel staan.

Toch lukt het niet altijd.

We moeten in een bepaald gebied staan om het spiegelbeeld van een voorwerp te kunnen zien.

In dit praktikum gaan we uitzoeken hoe we de grens van dit gebied kunnen vinden. Verder leer je een manier om het beeld bij een vlakke spiegel te konstrueren.

1

Randstralen

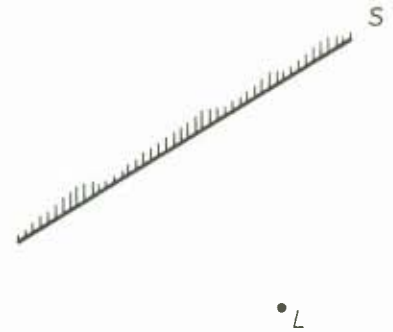
Voor een spiegel staat een voorwerp. In de tekening hiernaast is dat voorwerp voorgesteld door lichtpunt L.

L zendt lichtstralen uit in alle richtingen. Een deel valt op de spiegel.

De lichtstralen die nog net op de spiegel vallen noemen we de **randstralen**.

- Teken in de tekening hiernaast de randstralen.
- Arceer het gebied waarbinnen een lichtstraal moet lopen vanuit L om op de spiegel te vallen.
- Teken hoe de randstralen na terugkaatsing verder lopen.
- Arceer het gebied (gebruik een andere kleur) waarbinnen alle teruggekaatste lichtstralen lopen.

In welk gebied moet je gaan staan om het voorwerp (L) via de spiegel te kunnen zien?



Zoek met z'n tweeën een spiegel op en controleer je bevindingen.

2

Voorwerp en beeld bij een vlakke spiegel

Voor een spiegel staat een voorwerp L (zie tekening). Via de spiegel kun je L zien. De lichtstralen die je oog bereiken lijken dan uit één punt achter de spiegel te komen: het beeldpunt B. We gaan dat beeldpunt B konstrueren in de tekening hiernaast.

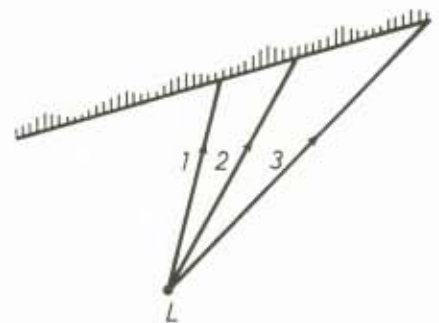
- Teken hoe de lichtstralen 1, 2 en 3 na terugkaatsing verder lopen.
- Verleng de teruggekaatste stralen met behulp van gestippelde lijntjes achter de spiegel.

Als je nauwkeurig gewerkt hebt, dan komen de verlengde lichtstralen in één punt samen: het beeldpunt B.

- Trek het lijnstuk BL. Wat valt je op?

1)

2)



Wanneer je eenmaal het beeldpunt gevonden hebt, kun je van elke lichtstraal uit L het verdere verloop tekenen. De teruggekaatste straal lijkt namelijk uit B te komen.

P 3 Beeldkonstruktie bij een bolle lens

In P 1 van dit blok heb je gezien dat je met een bolle lens een scherp beeld kunt maken op een scherm.

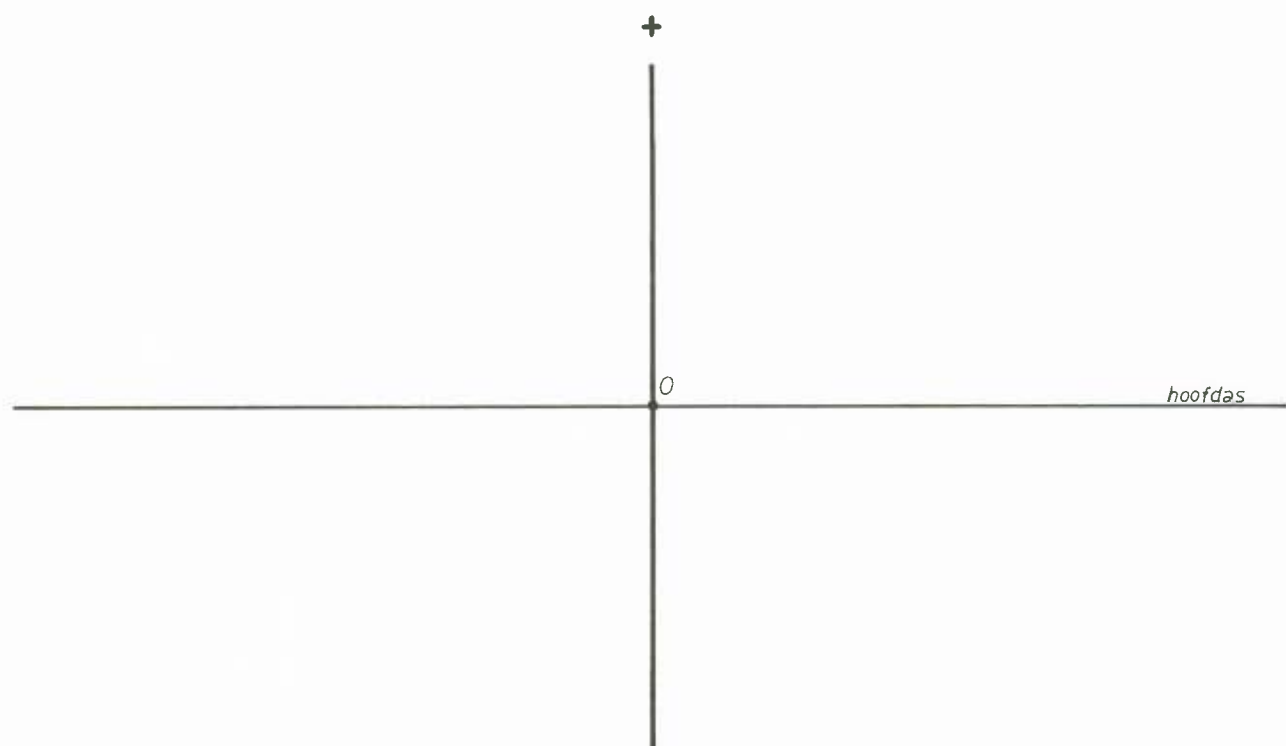
Hoe zo'n beeld gevormd wordt, ga je in dit praktikum onderzoeken.

Je doet dit onderzoek met behulp van **drie bijzondere lichtstralen**, die je op een bolle lens laat vallen.

1

De brandpunten van jouw lens

Hieronder vind je de plaats aangegeven waar je je bolle lens moet neerzetten.



- Maak een lichtbundel die uit drie evenwijdige stralen bestaat. Laat deze stralen evenwijdig aan de hoofdas op de linkerkant van de lens vallen. Teken alleen het punt waar de lichtstralen samenkomen, het brandpunt F_2 .
- Laat de drie stralen ook evenwijdig aan de hoofdas op de rechterkant van de lens vallen. Teken alleen het punt waar de lichtstralen samenkomen, het brandpunt F_1 .

2

De eerste bijzondere lichtstraal

Gebruik bij deze proef de tekening van proef 1.

Laat één lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas van links invallen op de lens. Teken de invallende en uitkomende straal (nummer 1).

Wat valt je op?

3

De tweede bijzondere lichtstraal

Gebruik bij deze proef de tekening van proef 1.

Laat één lichtstraal van links door het optisch middelpunt van de lens gaan. Teken de invallende en uitkomende straal (nummer 2).

Wat valt je op?

De derde bijzondere lichtstraal

Gebruik bij deze proef de tekening van proef 1.

Laat één lichtstraal door brandpunt F_1 invallen op de lens.

Teken de invallende en uitkomende straal (nummer 3).

Wat valt je op?

Je hebt onderzocht hoe drie bijzondere lichtstralen de bolle lens passeren. In T 3 en W 3 zul je ontdekken wat je hiermee verder kunt doen.

P 4 Vergroting

Als je een dia wilt bekijken, dan maak je daarbij gebruik van een projektor.

We zullen nu eens op een eenvoudige wijze zo'n projektor gaan bouwen.

Daarvoor heb je nodig:

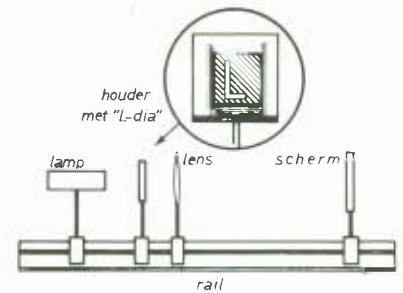
een positieve lens, (bijvoorbeeld $f = 10$ cm);

een lichtbron;

een scherm;

een „dia” met bijvoorbeeld de letter L

en een rail met schaalverdeling.



Bouw nu de opstelling, zoals die hiernaast getekend is.

Bij een diaprojektor wil je, dat het beeld van de dia groter is dan de dia zelf. Probeer nu met je zelfgemaakte projektor een beeld te maken van de letter L op het scherm.

Als je even probeert, lukt het al gauw om een groot en scherp beeld op het scherm te krijgen, zoals bij een diaprojektor.

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.

Meet in jouw geval de hoogte van de letter L op de dia.

Doe dit zo nauwkeurig mogelijk. Deze is cm.

Meet dan op het scherm hoe groot de afmeting is van het beeld cm.

Hoeveel maal heeft jouw projektor het voorwerp vergroot?

Vergroting $N = \dots\dots\dots$

In de tekening hiernaast is de hoogte van de letter aangegeven met de pijl $L_1 L_2$ en het gevormde beeld met $B_1 B_2$.

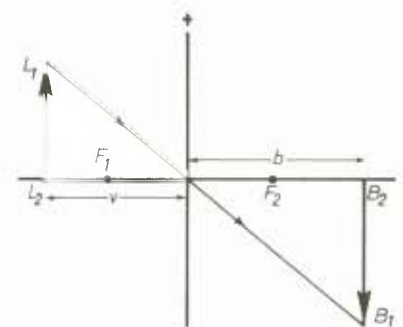
Voor de duidelijkheid hebben we slechts één konstruktiestraal getekend. Controleer zelf de plaats van het beeld door een tweede konstruktiestraal te tekenen.

De afstand van het voorwerp tot aan de lens is aangegeven met de letter; de beeldsafstand met de letter

In jouw geval was de vergroting

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

De voorwerpsafstand (de afstand letter-lens) $v = \dots\dots\dots$ (nauwkeurig meten) en de beeldsafstand (afstand lens-scherm) $b = \dots\dots\dots$ cm.



1

Schrijf deze gegevens in de volgende tabel achter „1e meting”.

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

lens $f = \dots \text{ cm}$	$B_1 B_2$	$L_1 L_2$	$\frac{B_1 B_2}{L_1 L_2}$	v	b	$\frac{b}{v}$
1e meting	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots
2e meting	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots
3e meting	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots
4e meting	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots
5e meting	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	1	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots
6e meting	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots	$\dots \text{ cm}$	$\dots \text{ cm}$	\dots

LET OP!

De gegevens uit deze tabel gebruik je ook in P 2 van blok 11.

tabel 1

2

Bereken $2f$ voor de lens, die je gebruikt.

Voer nu de metingen 2 t/m 4 uit en zet het voorwerp op afstanden tussen f en $2f$. (zie tekening).

Probeer steeds een zo scherp mogelijk beeld te krijgen door het scherm te verschuiven. Vul de resultaten in in de tabel.

3

Voer de vijfde meting uit met het voorwerp precies op een afstand van $2f$. (zie tekening). Wat is de vergroting? Vul die in in de tabel.

4

Voer nu de zesde meting uit.

Zet het voorwerp nu verder dan $2f$ van de lens (zie tekening). Vul de tabel in.

In dit geval kun je beter spreken van een verkleining.

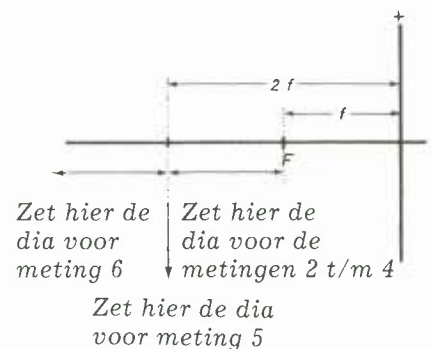
5

Bij welke afstand vindt er een overgang plaats van een vergroot naar een verkleind beeld?

6

Kun je uit deze metingen konkluderen dat de uitkomst van

$\frac{B_1 B_2}{L_1 L_2}$ nagenoeg gelijk is aan $\frac{b}{v}$?



Blok 9 Theorie

T 1 Wat hebben we al gehad in blok 7?

In dit theorieblad vatten we blok 7 voor een deel samen.

1

Licht beweegt zich rechtlijnig voort. Dat weet je uit de manier waarop schaduwen gevormd worden.

2

Er zijn twee soorten van terugkaatsing.

- diffuse terugkaatsing**, waarbij een voorwerp licht weerkaatst in alle richtingen. Dit doen bijna alle voorwerpen om ons heen. Ook gladde voorwerpen vertonen vaak diffuse terugkaatsing, omdat ze onder een mikroskoop bekeken toch nog erg ruw zijn. Denk bijvoorbeeld aan een glad plastic oppervlak. Hoewel het erg glad lijkt, kun je er niet je spiegelbeeld in zien. Het licht wordt diffuus teruggekaatst.
- spiegelende terugkaatsing**, waarbij een lichtbundel in één bepaalde richting wordt teruggekaatst. Dit doen voorwerpen met zeer gladde oppervlakken, zoals gepolijste metalen en glas.

3

- De voorwerpsafstand is de afstand van het voorwerp tot de spiegel. (zie tekening)
- De beelds afstand is de afstand van het beeld tot de spiegel. (zie tekening).

4

De hoek van inval is de hoek tussen de invallende straal en de normaal. Het symbool ervoor is $\angle i$.

De normaal is de lijn loodrecht op de spiegel vanuit het punt waar de invallende straal op de spiegel valt.

De hoek van terugkaatsing is de hoek tussen de teruggekaatste straal en de normaal (zie tekening). Het symbool ervoor is $\angle t$.

5

Bij spiegelende terugkaatsing gelden de volgende

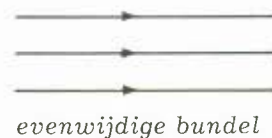
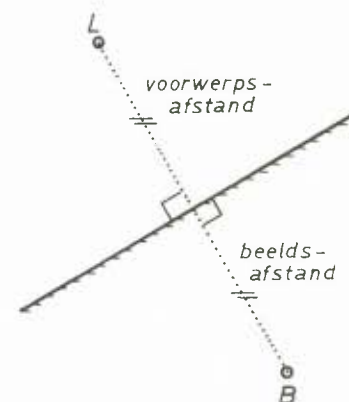
twee wetten van terugkaatsing:

- de invallende straal, de teruggekaatste straal en de normaal liggen in één plat vlak;
- de hoek van inval is gelijk aan de hoek van terugkaatsing, of korter gezegd: $\angle i = \angle t$.

6

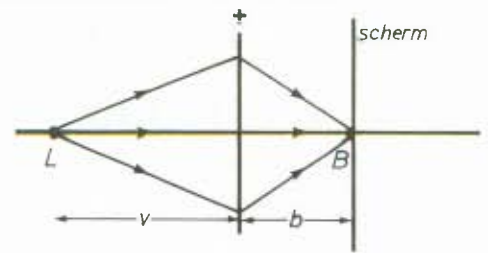
Je kunt drie soorten lichtbundels onderscheiden:

- een bundel, waarin de lichtstralen evenwijdig lopen;
- een bundel, waarin de lichtstralen naar één punt toelopen, een **konvergerende bundel**.
- een bundel, waarin de lichtstralen steeds verder uit elkaar lopen; een **divergerende bundel**.



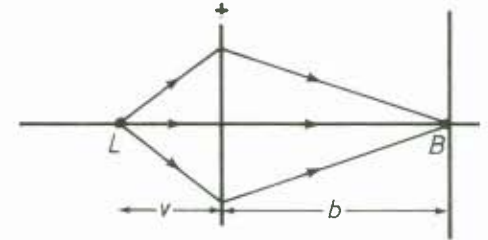
7

Een bolle (= positieve) lens is in het midden dikker dan aan de randen. Een bolle lens brengt de invallende lichtstralen dicht bij elkaar. De lens heeft een konvergerende werking. Met een bolle lens kun je van een voorwerp een scherp beeld maken op een scherm (tekening 1).



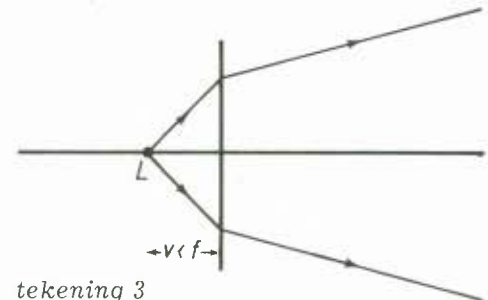
tekening 1

Als je de voorwerpsafstand (v) kleiner maakt, wordt het moeilijk om de invallende lichtstralen te konvergeren. De beeldsafstand wordt dan ook groter (tekening 2).



tekening 2

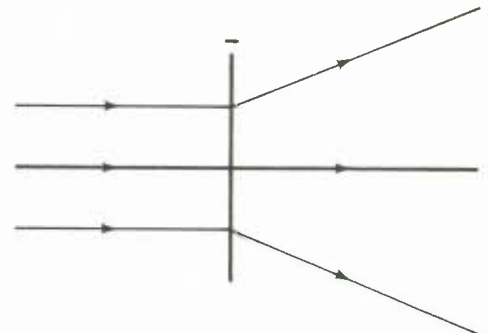
Als het voorwerp binnen de brandpuntsafstand staat, lopen de stralen zo sterk uiteen, dat de lens ze niet meer zo kan buigen, dat ze weer in één punt samenkomen (tekening 3). Achter de lens ontstaat een divergerende lichtbundel. Toch geldt ook in dit geval dat de bolle lens een konvergerende werking heeft. Immers, de lens heeft de lichtstralen naar elkaar toe gebogen.



tekening 3

8

Een holle lens (= negatieve lens) is in het midden dunner dan aan de randen. De lens heeft een divergerende werking. Dat wil zeggen: achter de lens lopen de lichtstralen sterker uit elkaar dan ervoor.



divergentie bij een holle lens

T 2 De vlakke spiegel

In P 2 heb je de vlakke spiegel onderzocht. We zetten de resultaten nog eens op een rijtje.

Randstralen

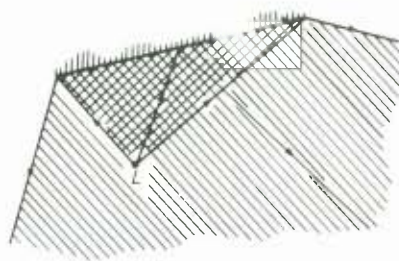
Om na te gaan waar je kunt gaan staan om iemand of iets via de spiegel te zien, heb je getekend hoe de randstralen teruggekaatst worden.

De randstralen zijn de lichtstralen uit het voorwerp die op de rand van de spiegel vallen.

Alle invallende lichtstralen die op de spiegel vallen liggen in het dubbel gearceerde gebied.

Alle teruggekaatste lichtstralen liggen in het gearceerde gebied.

Om de persoon of het voorwerp (L) te kunnen zien moet je in het gearceerde gebied kijken. Er buiten kun je L niet via de spiegel zien.



tekening 1

Terugkaatsing bij een vlakke spiegel

Je kunt bij het tekenen van teruggekaatste stralen gebruik maken van twee manieren:

Manier 1

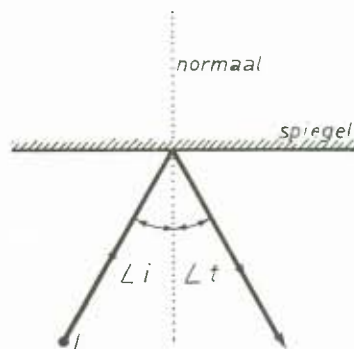
Dit is de manier uit blok 7.

Je meet de hoek van inval ($\angle i$).

Je kent de hoek van terugkaatsing: $\angle i = \angle t$.

Je kunt de hoek van terugkaatsing dus tekenen.

Dan heb je de teruggekaatste straal gevonden (tekening 2).



tekening 2

Manier 2

In P 2 hebben we het beeld van een voorwerp in een vlakke spiegel gekonstrueerd.

Daarbij bleek dat:

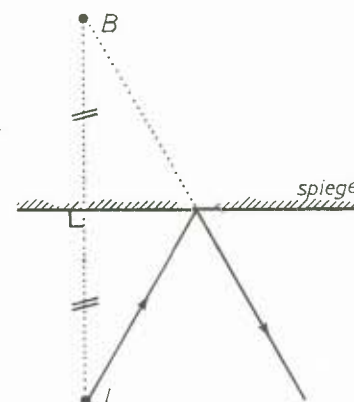
- De afstand van het beeld tot de spiegel (de beeldsafstand) gelijk is aan de afstand van het voorwerp tot de spiegel (de voorwerpsafstand).
- Het lijnstuk BL (zie tekening 3) staat loodrecht op de spiegel.

Om het beeld van L te vinden in tekening 3 ga je dus als volgt te werk:

- trek een lijn door L loodrecht op de spiegel.
- meet de afstand van L tot spiegel.
- pas achter de spiegel dezelfde afstand af en je vindt B.

Je kunt het verdere verloop van een willekeurige lichtstraal nu makkelijk vinden. Voor ons oog is het alsof de teruggekaatste straal uit het beeld B komt.

Dan heb je de teruggekaatste straal gevonden (tekening 3).



tekening 3

Manier 2 is eenvoudiger en sneller te gebruiken dan manier 1.

Maar wat doe je met manier 2 in de situatie, zoals hiernaast is getekend?

Waar moet je nu beeldpunt B tekenen?

Je zult dit gaan uitzoeken in W 2 opgave 4.



tekening 4

Virtuele beelden

Het beeld in een spiegel van een voorwerp is er niet echt. Je kunt het beeld niet projekteren op een scherm zoals je bij de bolle lens eens in P 1 gedaan hebt.

We noemen het beeld van een voorwerp in een spiegel daarom **virtueel**. (virtueel betekent denkbeeldig).

Het beeld dat je bij een bolle lens krijgt noemen we **reëel**, omdat je dat kunt projekteren op een scherm.

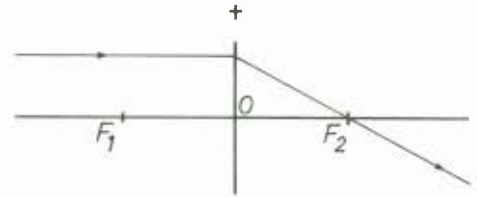
T 3 Beeldkonstruktie bij een bolle lens

In het praktikum heb je de loop van drie bijzondere lichtstralen onderzocht.

Uit proef 2 volgt:

1

Een lichtstraal die evenwijdig aan de hoofdas invalt, gaat door het rechter brandpunt F_2 (figuur 1).

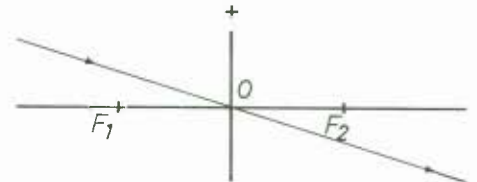


figuur 1

Uit proef 3 volgt:

2

Een lichtstraal door het optisch middelpunt O gaat ongebroken door (figuur 2).

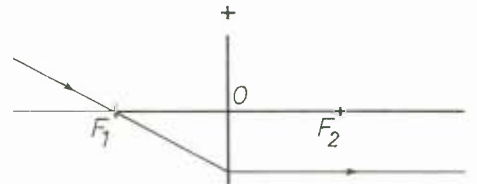


figuur 2

Uit proef 4 volgt:

3

Een lichtstraal door het linker brandpunt F_1 gaat evenwijdig aan de hoofdas verder (figuur 3).



figuur 3

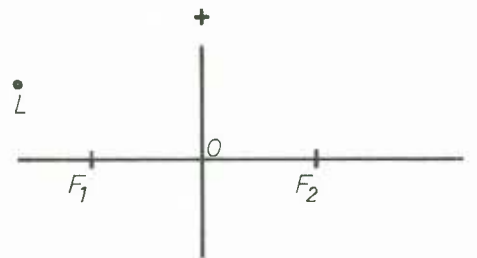
Toepassing 1 van de drie bijzondere lichtstralen

We gaan de drie bijzondere lichtstralen gebruiken om het beeld B te konstrueren bij een bolle lens.

In figuur 4 is een lichtpunt L getekend.

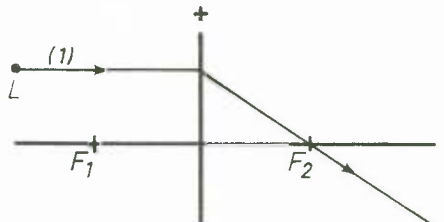
De vraag is nu waar het beeldpunt B komt te liggen, dat door de bolle lens wordt gevormd.

Je kunt de ligging van B te weten komen als je de drie bijzondere lichtstralen uit L laat vertrekken.



figuur 4

In figuur 5 zie je hoe de eerste bijzondere lichtstraal loopt. De plaats van beeldpunt B kun je nog niet bepalen.

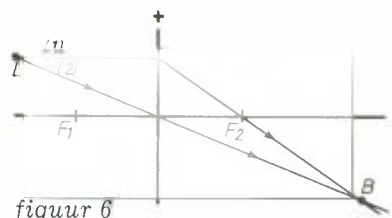


figuur 5

In figuur 6 tekenen we de tweede bijzondere straal erbij.

De beide stralen snijden elkaar in beeldpunt B.

De derde bijzondere lichtstraal kun je gebruiken om te controleren of je beeldpunt B op de juiste plaats hebt gekonstrueerd.



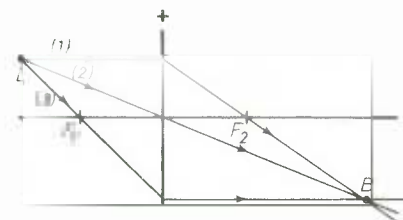
figuur 6

In figuur 7 zie je dat de drie bijzondere stralen elkaar in B snijden.

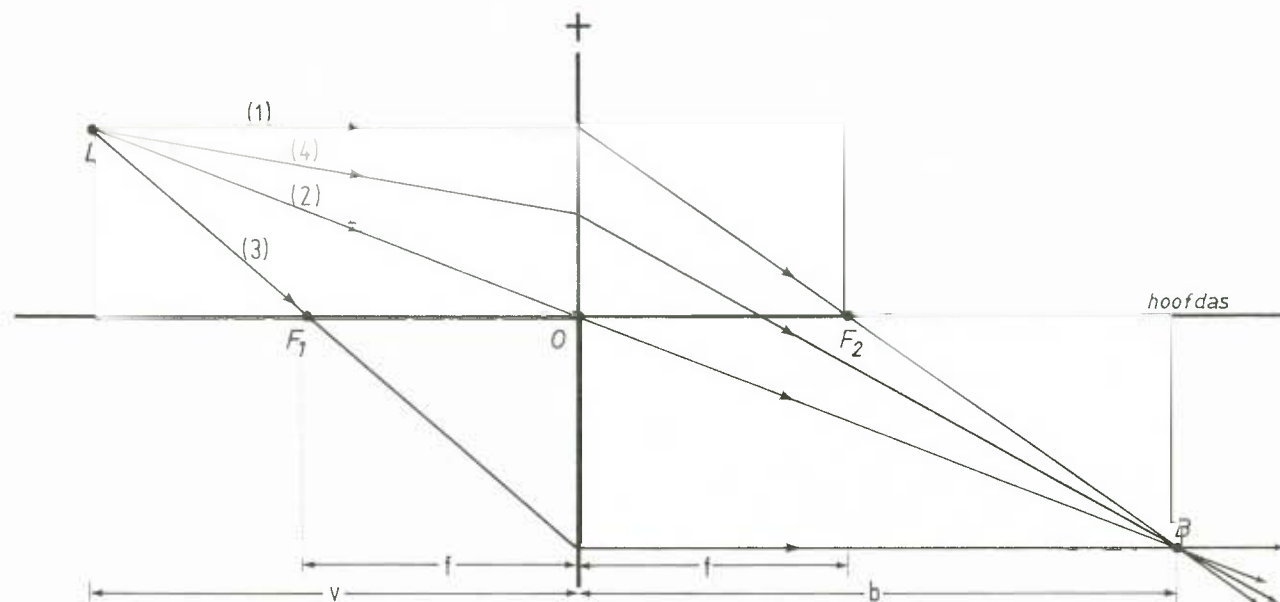
In B wordt een scherp beeld gevormd van voorwerp L.

Alle lichtstralen uit L snijden elkaar in B.

Nadat je B gekonstrueerd hebt, kun je een willekeurige lichtstraal van L naar B laten lopen (straal 4 in figuur 8).



figuur 7



figuur 8

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

1

Je bepaalt hoe twee (drie) bijzondere lichtstralen lopen.

2

Je weet dan waar beeldpunt B ligt.

3

Teken de willekeurige straal vanuit L naar de lens en vanaf de lens naar het gevonden punt B.

Het punt B is een **reëel beeldpunt**. Het is zichtbaar te maken op een scherm.

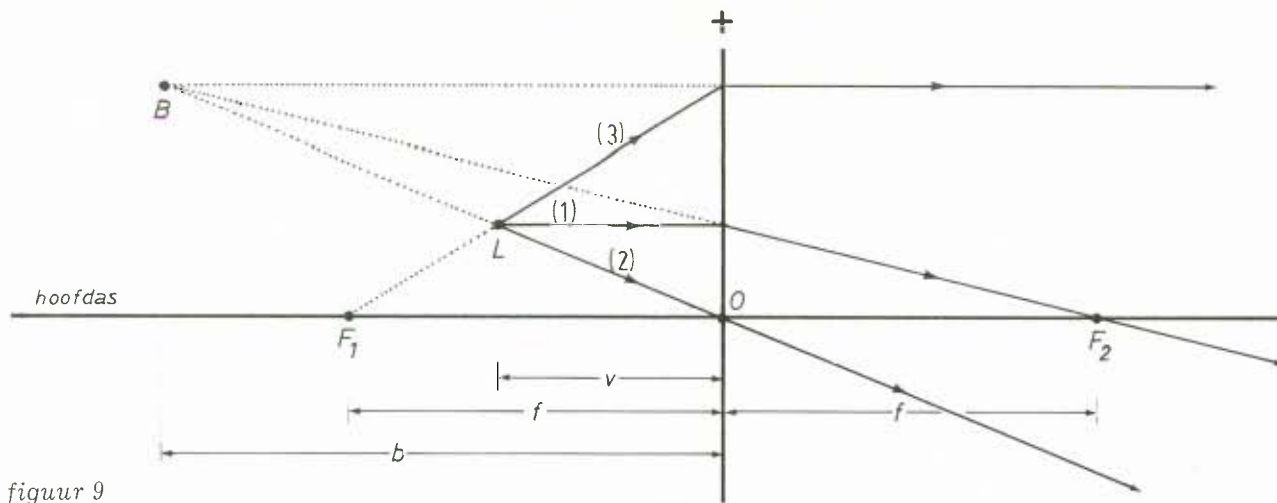
Toepassing 2 van de drie bijzondere lichtstralen

Tot nu toe heb je een situatie bekeken waarbij de voorwerpsafstand (v)

groter is dan de brandpuntsafstand (f); $v > f$;

Maar wat gebeurt er als v kleiner is dan f ; ($v < f$)?

Ook hierbij gaan we weer gebruik maken van de drie bijzondere lichtstralen. Alle lichtstralen zijn nu in één keer getekend.



figuur 9

1

Lichtstraal 1 valt evenwijdig aan de hoofdas in en gaat er door F_2 uit.

2

Lichtstraal 2 gaat door het optisch middelpunt O .

De derde lichtstraal is wat lastiger te vinden. Het is eigenlijk net omgekeerd als bij de eerste. Die valt evenwijdig aan de hoofdas in en gaat verder door het brandpunt. De derde straal komt juist vanuit het brandpunt en gaat evenwijdig aan de hoofdas verder.

3

Lichtstraal 3 valt in, komend vanuit F_1 en gaat evenwijdig aan de hoofdas verder.

Maar:

de lichtstralen komen niet meer bij elkaar aan de rechterkant van de lens. De uittredende bundel is divergent.

Ze lijken uit één punt te komen dat aan de linkerkant van de lens ligt. Dit punt noemen we beeldpunt B .

Je kunt het natuurlijk niet op een scherm te zien krijgen. Daarom is het een **virtueel beeldpunt**.

Je ziet dat de konvergerende werking niet altijd hoeft te betekenen, dat de uittredende bundel konvergent is.

We maken nu een afspraak, die je nog niet zult begrijpen, maar die in het volgende blok blijkt: bij een virtueel beeld wordt de beeldpuntsafstand aangegeven met een **negatief** getal. Zo is in de tekening van figuur 9 de beeldsafstand $-7,5$ cm, omdat het beeld virtueel is.

Samenvatting

Als $v > f$ kun je met de drie bijzondere lichtstralen een **reëel beeld** konstrueren.

Als $v < f$ kun je met de drie bijzondere lichtstralen een **virtueel beeld** konstrueren. Voorwerp en beeld liggen dan aan dezelfde kant van de lens.

Bij een virtueel beeld wordt de beeldsafstand aangegeven met een **negatief** getal.

T 4 Vergroting

In P 4 hebben we gekeken naar vergroting van voorwerpen. Onder vergroting zullen we verstaan:

$$\frac{\text{de grootte van het beeld}}{\text{de grootte van het voorwerp}}$$

Het symbool voor de vergroting is de letter N.

Voorbeeld:

als je een pijltje van 3 cm lengte voor een positieve lens zet en op het scherm krijg je een beeld van 6 cm lengte, dan is de vergroting

$$N = \frac{6 \text{ cm}}{3 \text{ cm}} = 2$$

Het beeld is dan twee maal zo groot als het voorwerp.

Als je voor de vergroting een getal kleiner dan 1 vindt, betekent dat, dat het beeld kleiner is dan het voorwerp.

Zoals je in P 4 gezien hebt, kun je de vergroting ook berekenen door de beeldsafstand te delen door de voorwerpsafstand.

$$\text{Dus } N = \frac{b}{v}$$

Als je de afmeting van een voorwerp niet kunt bepalen (bijvoorbeeld van een bacterie) dan kun je toch de vergroting berekenen, omdat je de voorwerpsafstand en de beeldsafstand kunt meten.

Het kan soms voorkomen dat je in de formule een negatief getal moet invullen (bij een virtueel beeld heeft b een negatieve waarde), zodat je bij de berekening van de vergroting een negatieve uitkomst vindt. Omdat bij het bepalen van de vergroting alleen het vergrotingsgetal belangrijk is en niet het plus- of minteken ervoor, heeft men afgesproken in de uitkomst het teken weg te laten.

Om ons aan deze afspraak te herinneren, schrijven we de formule als volgt:

$$N = \left| \frac{b}{v} \right|$$

In woorden:

De vergroting N is gelijk aan de absolute waarde van de beeldsafstand b gedeeld door de voorwerpsafstand v.

De absolute waarde (de twee verticale strepen) betekent dat we alleen de positieve waarde van de uitkomst noteren.

Voorbeeld:

Als $v = 8 \text{ cm}$ en $b = -40 \text{ cm}$, dan is

$$N = \left| \frac{b}{v} \right| = \left| \frac{-40}{8} \right| = |-5| = 5$$

W 1 Wat hebben we al gehad in blok 7?

1

Wat wordt er bedoeld met de begrippen:

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| a. voorwerpsafstand | f. konvergerende werking |
| b. beeldsafstand | g. divergerende werking |
| c. brandpuntsafstand | h. hoek van inval |
| d. optisch middelpunt | i. hoek van terugkaatsing |
| e. hoofdas | j. normaal |

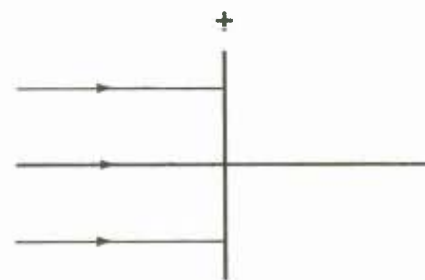
2

In de figuur hiernaast zie je een lichtstraal, die op een spiegel valt. Wat is de hoek van inval? Geef ook in de tekening de normaal aan.



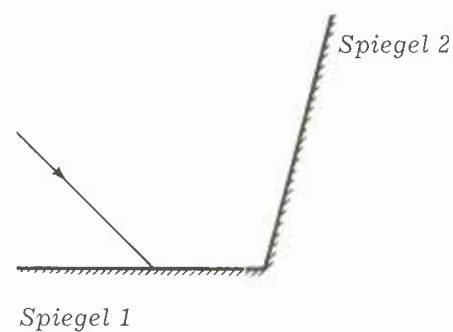
3

De brandpuntsafstand van de lens hiernaast is 2,5 cm. Teken het verdere verloop van de stralen.



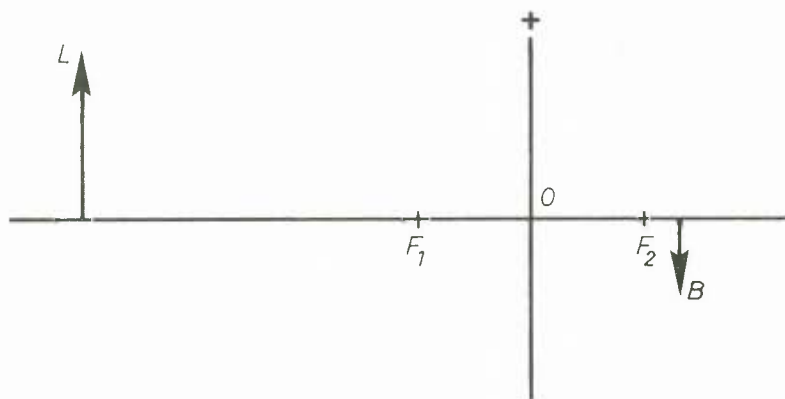
4

In de tekening hiernaast is een straal getekend, die op spiegel 1 invalt. Teken hoe de lichtstraal wordt teruggekaatst door spiegel 1 en daarna door spiegel 2.



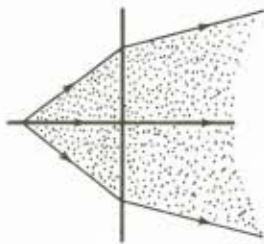
5

Een bolle lens vormt van voorwerp L een beeld B. Meet in onderstaande tekening de voorwerpsafstand, de beeldsafstand en de brandpuntsafstand.

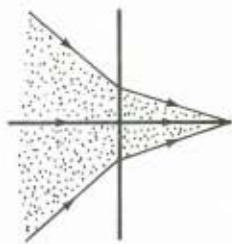


6

In welke situatie hieronder is er sprake van een konvergerende werking van de lens? Waarom?



I



II

7

Zie de tekeningen bij 6.

In welke situatie is de uittredende lichtbundel konvergent? Waarom?

8

Iemand doet de volgende beweringen:

- I. Des te bolter een lens is, des te sterker convergeert hij de invallende lichtstralen.
- II. Een holle lens convergeert de invallende lichtstralen sterker dan een bolle lens.

- A. I en II zijn beide juist.
- B. Alleen I is juist.
- C. Alleen II is juist.
- D. I en II zijn beide niet juist.

9

Van een voorwerp wordt met een lens een scherp beeld gevormd op een scherm. Het voorwerp wordt naar de lens geschoven.

Hoe moet je het scherm verschuiven om weer een scherp beeld te krijgen? Waarom?

W 2 De vlakke spiegel

1

Wat is de voorwerpsafstand in de tekening hiernaast?

En wat is de beeldsafstand?

Meet ook de hoek van inval.



2

Hiernaast is een spiegel en een lichtbron L getekend.

Teken eerst de randstralen.

Arceer daarna het gebied waar je het lichtpunt in de spiegel kunt zien.

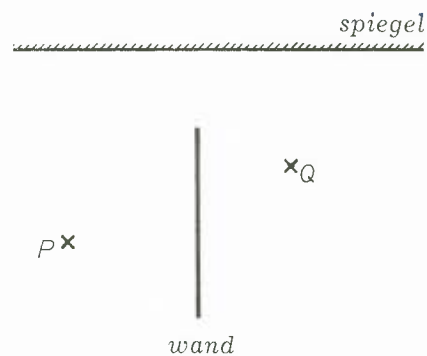


L

3

In de tekening hiernaast is een spiegel getekend.
De punten P en Q worden van elkaar gescheiden door een wand. In punt P staat een lichtbron.

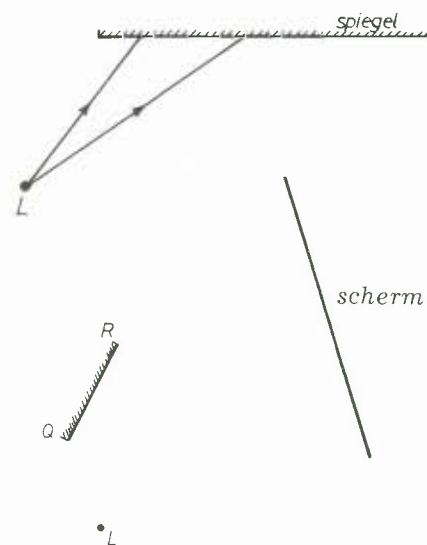
- Teken het beeldpunt van punt P.
- Konstrueer de lichtstraal die van P naar Q loopt.
- In welk gebied kun je lichtbron P neerzetten, zodat er steeds een lichtstraal in Q terechtkomt?



4

In deze opgave krijg je te maken met het probleem dat lichtpunt L niet voor de spiegel staat, maar een beetje ernaast.
Waar ligt nu beeldpunt B?

- Teken de beide teruggekaatste stralen.
Verleng beide stralen met stippellijnen achter de spiegel.
Ze snijden elkaar in beeldpunt B.
- Wat kun je voortaan doen om in dit soort situaties B direkt te tekenen?



5

In de tekening hiernaast is sprake van een lichtpunt L, een spiegel en een scherm.
Teken de lichtbundel uit L die via de spiegel het scherm bereikt. (Teken eerst het beeld van L).

6

In de tekening hieronder werkt het wateroppervlak als een spiegel. Zal Jan de stok in het water weerspiegeld zien of niet?
(Konstrueer de randstralen).



7

Konstrueer met behulp van **manier 2** uit P 2 het verdere verloop van de lichtstraal, die hiernaast getekend is.



W 3 Beeldkonstruktie bij een bolle lens

1

Wat bedoelen we met de begrippen:

- Lichtpunt;
- Beeldpunt;
- Brandpunt.

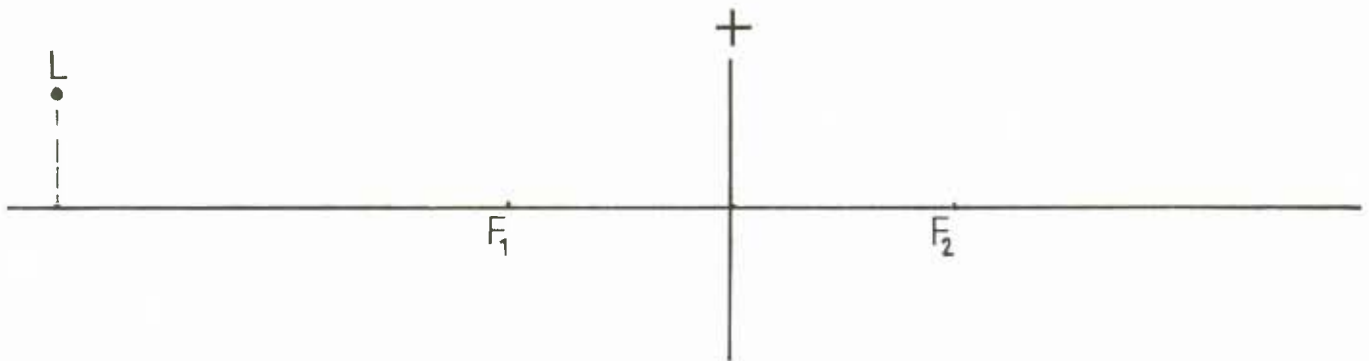
2

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

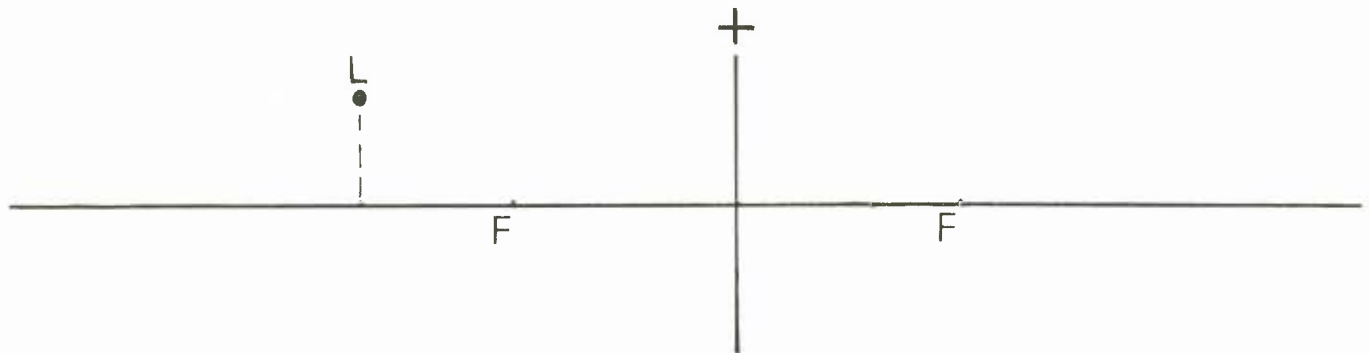
Meet in de tekening:

de voorwerpsafstand v = cm

de beeldsafstand b = cm



- Dezelfde lichtbron staat nu dichterbij deze lens. Teken weer met de 3 bijzondere stralen het beeldpunt.



In deze tekening is:

v = cm

b = cm

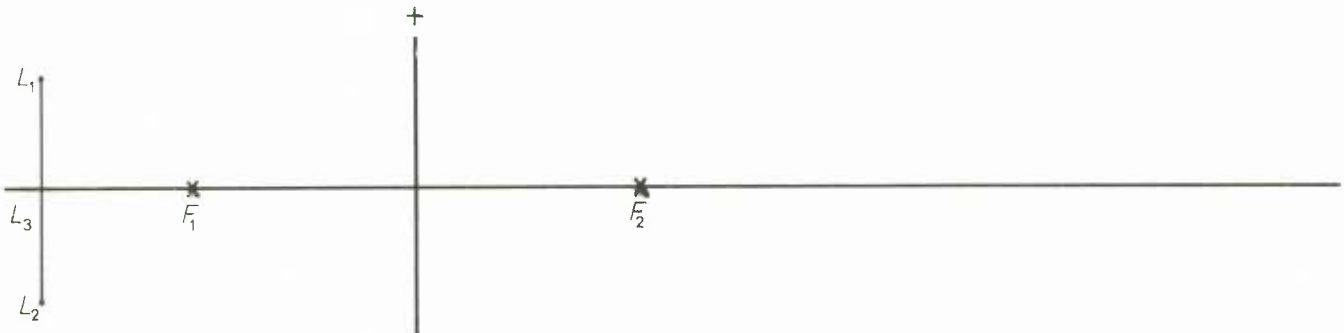
- Met behulp van deze 2 tekeningen kun je zelf konkluderen:
als de voorwerpsafstand v kleiner wordt, zal de beeldsafstand b

.....

3

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

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

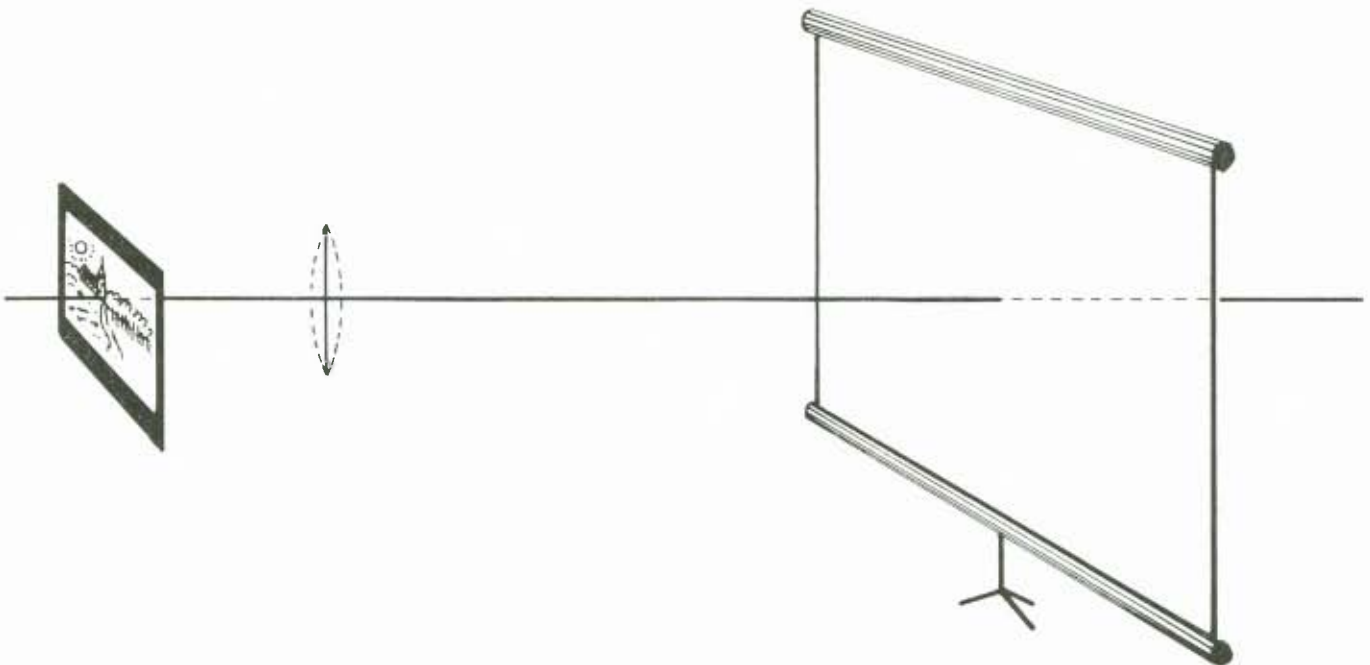


- a. Als je het beeld op een scherm wilt zien, waar moet je dit dan plaatsen?
- b. Wat valt je op aan de stand van het beeld vergeleken met de dia?
- c. Hoe moet je dus een dia in een projektor stoppen?
- d. Wat gebeurt er met het beeld als de onderste helft van de lens wordt afgedekt?

4

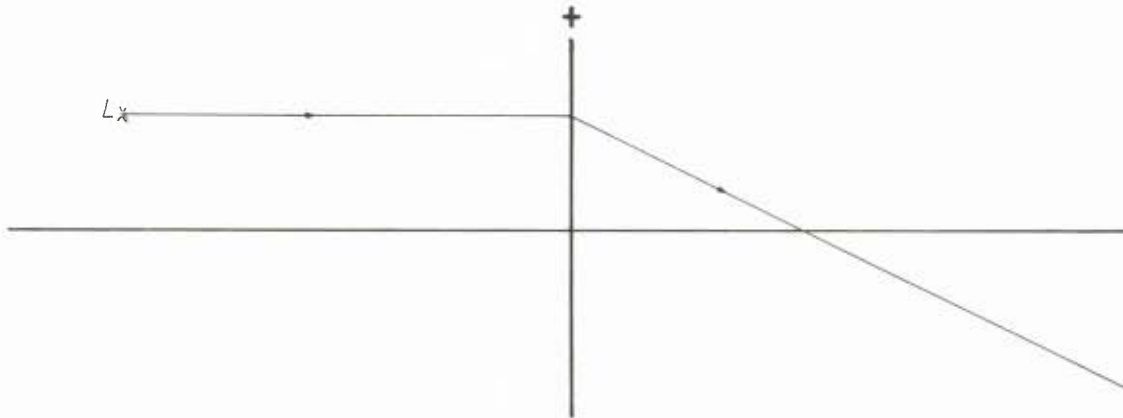
De diaprojektor staat scherp gesteld op het scherm.

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



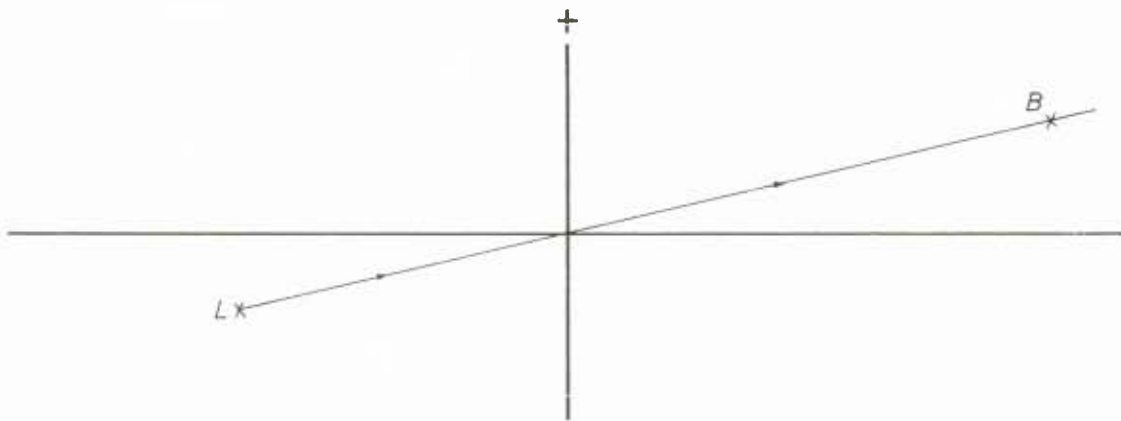
5

Bepaal de plaats van het brandpunt van de lens.
Konstrueer het beeldpunt van L.



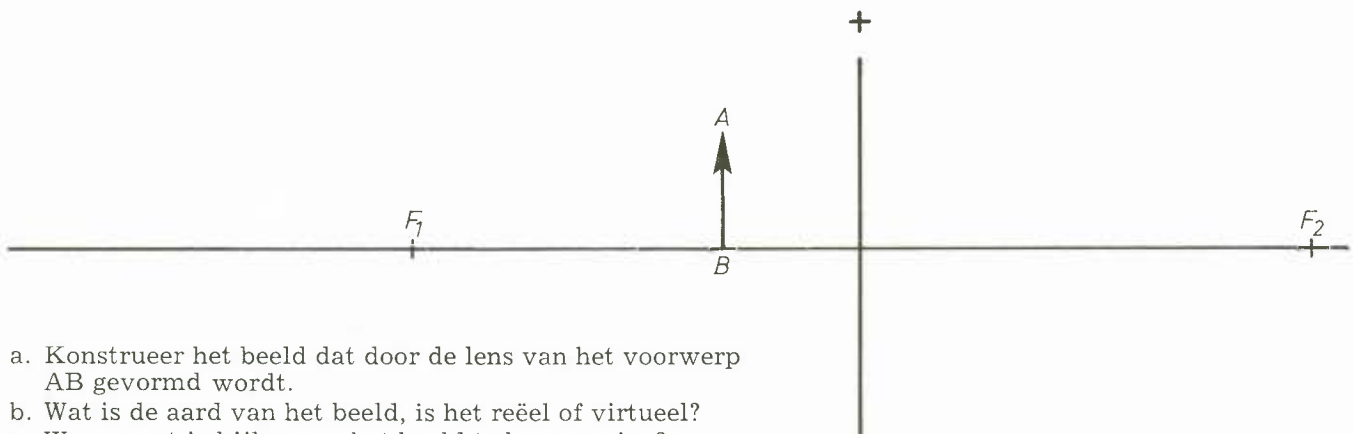
6

Van een lichtpunt L wordt een beeld B gevormd.
Bepaal de plaats van de brandpunten van de lens.



7

In onderstaande tekening stelt AB een voorwerp voor waarvan een positieve lens een beeld vormt. F_1 en F_2 zijn de brandpunten van de lens.



- Konstrueer het beeld dat door de lens van het voorwerp AB gevormd wordt.
- Wat is de aard van het beeld, is het reëel of virtueel?
- Waar moet je kijken om het beeld te kunnen zien?

8

Iemand kijkt door een vergrootglas naar een postzegel.
Beredeneer of het beeld dat hij ziet reëel of virtueel is.

W 4 Vergroting

1

Een voorwerp van 5 cm hoogte staat voor een bolle lens.
Op het scherm zie je een beeld van 20 cm lengte.
Wat is de vergroting?

2

Voor een bolle lens staat een pijltje. De voorwerpsafstand is 3 cm. Er ontstaat een virtueel beeld op 15 cm voor de lens. Wat is de beeldsafstand?
En wat is de vergroting?

3

In de tabel staan een aantal metingen vermeld van proeven met lenzen.
Vul de bijbehorende vergrotingen in.

	v	b	N
1e proef	12 cm	132 cm	
2e proef	36 cm	75,6 cm	
3e proef	7 cm	-49 cm	
4e proef	119 cm	7 cm	

4

In een diaprojektor zit de dia 8 cm voor de lens.
4 m van de projektor verwijderd staat een scherm waarop we een scherp beeld zien met afmetingen van 80 cm bij 120 cm.

a. Hoeveel maal is de dia vergroot?

b. Wat zijn de afmetingen van de dia? bij

5

Een verkenningsvliegtuig maakt 5 km boven de grond een foto van een meer. Het filmrolletje zit 12,5 cm achter de lens van de kamera.

a. Bereken de vergroting.

b. Als dit meer op het negatief een grootste afmeting heeft van 2,5 cm, hoe groot is dan in werkelijkheid deze afmeting?

6

We bekijken onder een loep een postzegel. De zegel is 6 cm van de lens verwijderd en wordt 5 maal vergroot.

Hoe ver lijkt de postzegel van de lens verwijderd als we door de loep kijken? (Je moet dus de beeldsafstand berekenen).

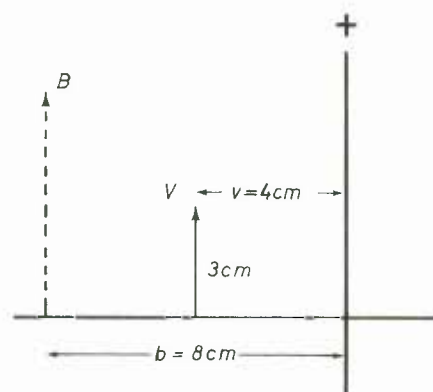
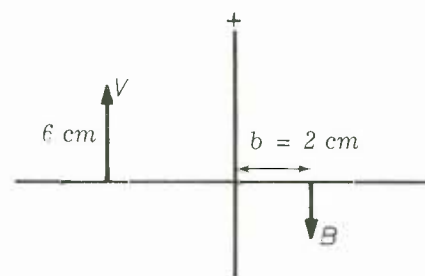
7

Van een voorwerp van 6 cm lengte wordt door een positieve lens een beeld van 3 cm gevormd.

De beeldsafstand is 2 cm.

Bereken de voorwerpsafstand.

Je kunt dit doen door gebruik te maken van de twee manieren, waarop je de vergroting kunt berekenen.



8

Een pijl staat voor een lens. Er wordt een virtueel beeld gevormd.
Bereken de grootte van het beeld met behulp van de gegevens in de figuur.

Blok 9 Herhaalblad

H 1 Terugkaatsing en spiegels

A. Terugkaatsing

Alle voorwerpen kaatsen licht terug als er licht opvalt.
De meeste voorwerpen kaatsen het licht terug in alle richtingen (diffuse terugkaatsing). Voorwerpen, die er zelfs onder de mikroskoop nog helemaal glad uitzien, kaatsen het licht spiegelend terug.
Dit betekent dat invallende stralen uit dezelfde richting maar in één bepaalde richting worden teruggekaatst.
Hierbij geldt dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van terugkaatsing.

B. Spiegels

Bij spiegels en spiegelgladde oppervlakken heb je te maken met spiegelende terugkaatsing.

De vraag is steeds:

hoe worden de lichtstralen teruggekaatst die op een spiegel vallen?

a. In de tweede klas ontdekte je de spiegelwetten:

1e wet: hoek van inval = hoek van terugkaatsing.

$$\angle i = \angle t$$

2e wet: de normaal, de invallende straal en de teruggekaatste straal liggen in één plat vlak.

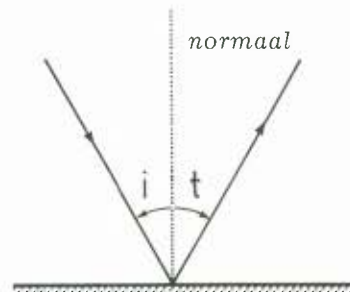
Met behulp van deze twee wetten kun je de teruggekaatste stralen tekenen.

b. In dit blok ontdekte je nog een andere manier om de teruggekaatste lichtstralen te konstrueren.

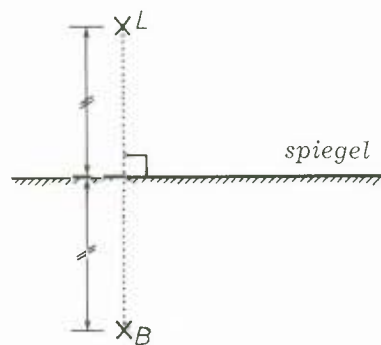
Teken eerst het beeld B van het voorwerp L.

Het beeld ligt evenver achter de spiegel als het voorwerp voor de spiegel staat.

Alle teruggekaatste stralen kun je nu tekenen alsof ze uit B afkomstig zijn.



figuur 1



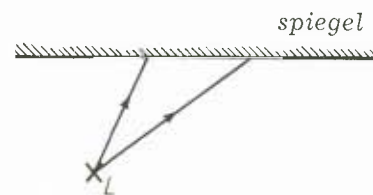
figuur 2

Oefenen met lichtstralen

1

Bepaal in figuur 3 de plaats van beeld B.

Teken daarna de teruggekaatste stralen.

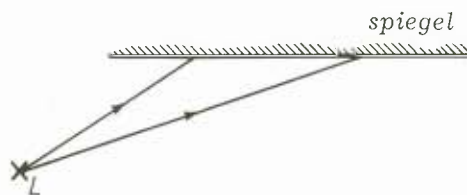


figuur 3

2

Bepaal in figuur 4 de plaats van beeld B.

Teken daarna de teruggekaatste stralen.



figuur 4

3

Teken in figuur 5 hieronder hoe de lichtstralen door spiegel 1 en spiegel 2 worden teruggekaatst.



4

Hiernaast zie je een lichtpunt L voor een spiegel.

De twee stralen die getekend zijn, noemen we de stralen. Arceer nu het gebied vanwaar je het lichtpunt kunt zien via de spiegel.



• Jan

5

Jan staat voor de spiegel.

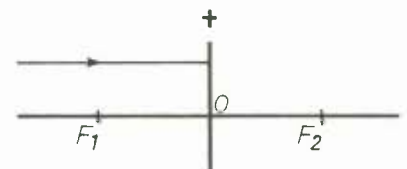
Laat met behulp van een konstruktie zien of Jan het lichtpunt L via de spiegel kan zien.



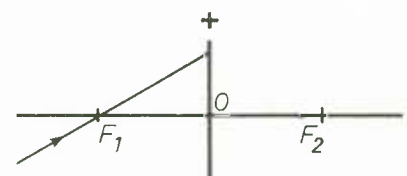
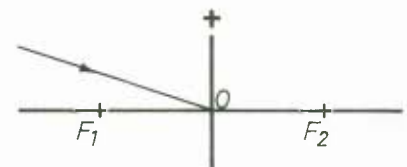
H 2 Beeldkonstruktie en vergroting

A. Beeldkonstruktie

In P 3 heb je de loop van drie bijzondere lichtstralen onderzocht. Geef in de tekeningen hiernaast aan hoe de invallende stralen verder lopen als ze uit de lens komen.

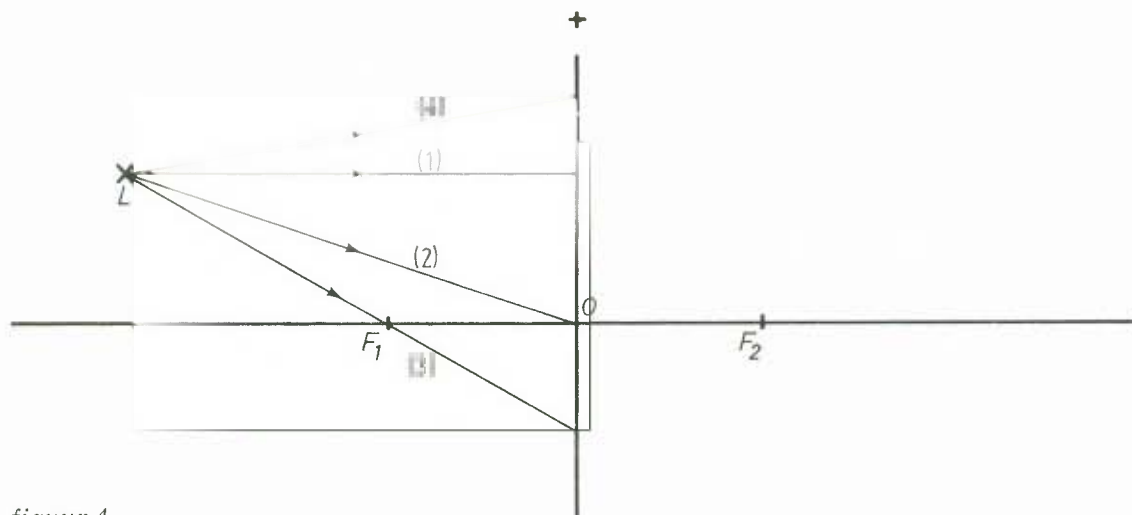


figuur 1



figuur 3

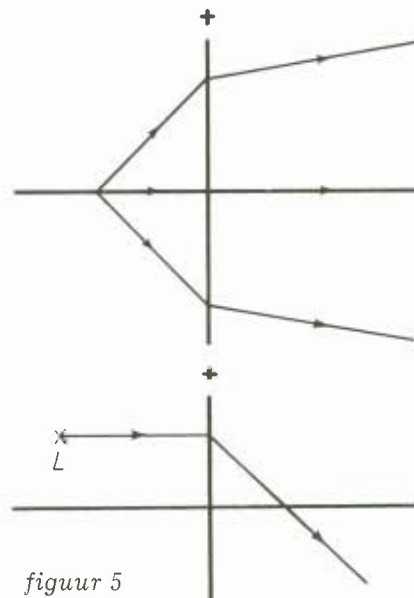
Bekijk nu de volgende situatie.
 Een lichtpunt L zendt lichtstralen uit in alle richtingen.
 Er vallen ook lichtstralen op een bolle lens. Een aantal van deze lichtstralen zijn hieronder al getekend.



figuur 4

Van straal 1, 2 en 3 weet je al hoe ze verder lopen.
 Je kunt het beeldpunt B dan ook vinden.
 Maar dan weet je ook hoe straal 4 moet verder lopen. Want ook deze straal gaat natuurlijk naar beeldpunt B toe.
 Teken het verdere verloop van de lichtstralen in figuur 4.

- 1
- Een bolle lens heeft een konvergerende werking.
divergerende
 - In de situatie hiernaast verlaat een divergerende bundel de bolle lens. Heeft deze bolle lens een konvergerende werking?

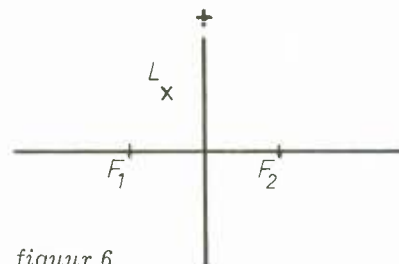


figuur 5

v is groter/kleiner/gelijk aan f

- 2
- In de tekening hiernaast is één lichtstraal uit lichtpunt L getekend.
 Bepaal de plaats van de brandpunten F_1 en F_2 .
 De brandpuntsafstand is cm.
 Bepaal de plaats van beeldpunt B.
 De voorwerpsafstand is cm.
 De beeldsafstand is cm.
 Is de uittredende bundel konvergent of divergent?

- 3
- In de tekening hiernaast is een lichtpunt L getekend.
 De voorwerpsafstand is cm.
 De brandpuntsafstand is cm.
 Teken weer de drie bijzondere lichtstralen uit L.
 Het probleem is nu dat deze elkaar niet rechts maar links van de lens snijden.
 Er ontstaat een beeld dat je niet op een scherm kunt krijgen, een **virtueel beeld**.
 De beeldsafstand = cm.
 Is de uittredende bundel konvergent of divergent?



figuur 6

v is groter/kleiner/gelijk aan f

Konklusie: als $v > f$ dan is het beeld
 als $v < f$ dan is het beeld

B. Vergroting

In de tekening hiernaast zie je voorwerp L_1L_2 .

B_1B_2 is het bijbehorende beeld.

Je ziet dat het beeld groter is.

Voor de vergroting gebruiken we de volgende definitie:

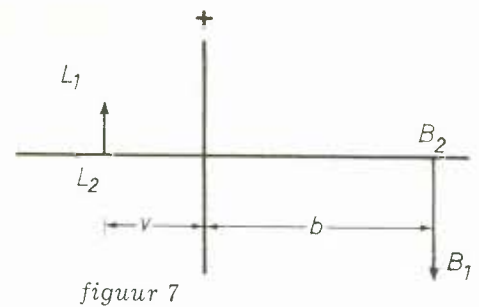
$$N = \frac{B_1B_2}{L_1L_2} = \frac{\text{langte van het beeld}}{\text{langte van het voorwerp}}$$

In onze tekening geldt: $N = \frac{1,6}{0,7} = \frac{16}{7} = 2,3$

In het praktikum heb je ontdekt dat je voor het berekenen van de vergroting ook kunt kijken naar b en v .

Want er geldt ook $N = \left| \frac{b}{v} \right| = \left| \frac{\text{beeldsafstand}}{\text{voorwerpsafstand}} \right|$

De absoluutstrepen staan er omheen voor de gevallen waarin het beeld virtueel is. Dan is b negatief. De absoluutstrepen zorgen ervoor dat de vergroting dan toch positief wordt. Een negatieve vergroting is onzin. N is altijd positief!



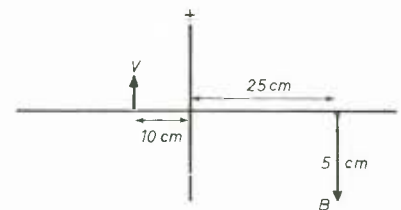
4

Een voorwerp staat op 10 cm voor een bolle lens.

Om een scherp beeld te krijgen moet het scherm op 25 cm van de lens staan.

Bereken de vergroting. $N =$

Als het beeld 5 cm lang is, hoe lang is dan het voorwerp?



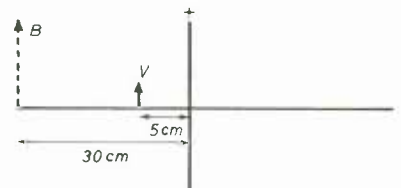
5

Een voorwerp staat 5 cm voor een bolle lens.

Er ontstaat een virtueel beeld op 30 cm voor de lens.

Wat is de beeldsafstand?

Wat is de vergroting?

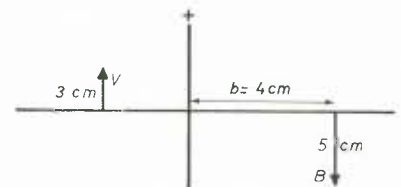


6

Een bolle lens maakt van een voorwerp van 3 cm lengte een reëel beeld van 5 cm lengte.

Dit beeld staat op 4 cm van de lens.

Bereken de voorwerpsafstand.

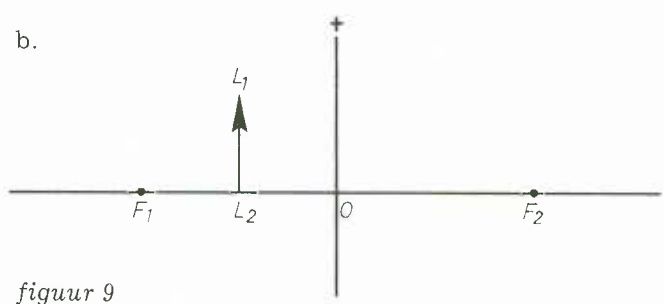
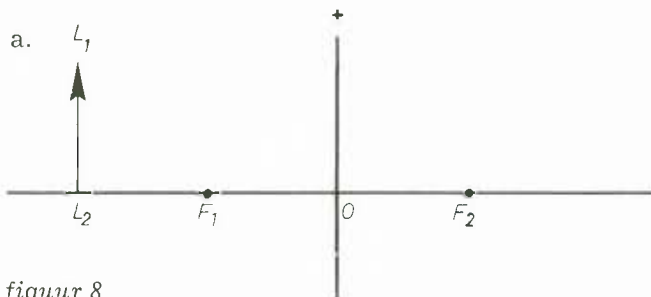


7

Hieronder staan twee situaties die jezelf af moet maken.

Konstrueer het beeld B_1B_2 van pijl L_1L_2 .

Bereken de vergroting met $\frac{B_1B_2}{L_1L_2}$ en met $\frac{b}{v}$.

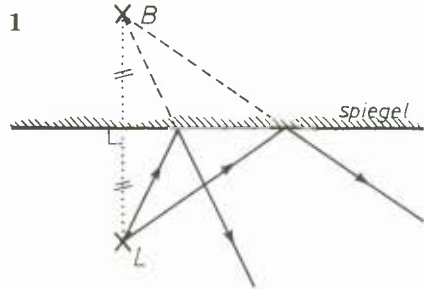


L_1L_2	=	.....	cm	}	$N =$	.....
B_1B_2	=	.....	cm			
v	=	.....	cm	}	$N =$	.....
b	=	.....	cm			
f	=	.....	cm			

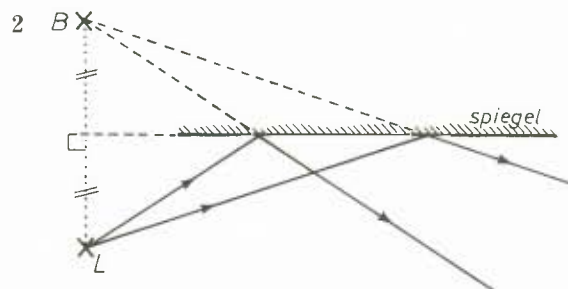
L_1L_2	=	.....	cm	}	$N =$	.....
B_1B_2	=	.....	cm			
v	=	.....	cm	}	$N =$	.....
b	=	.....	cm			
f	=	.....	cm			

H 1 Terugkaatsing en spiegels

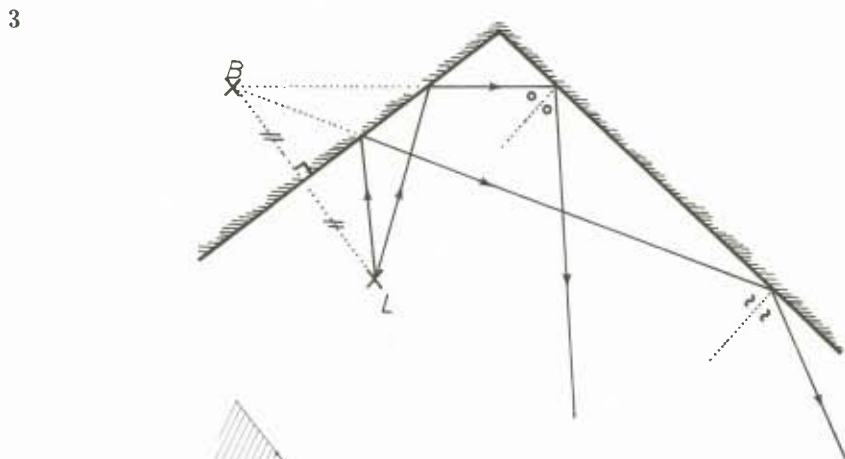
B. Spiegels



figuur 3



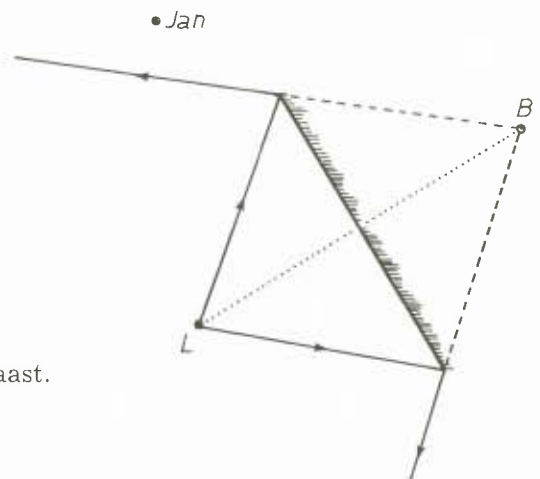
figuur 4



4
Randstralen.

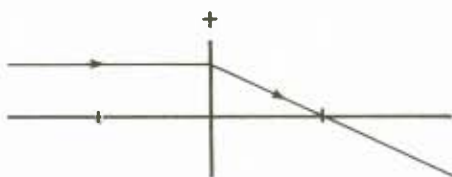


5
Jan kan het lichtpunt niet zien. Kijk maar naar de tekening hiernaast.

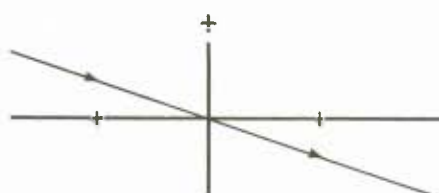


H 2 Beeldkonstruktie en vergroting

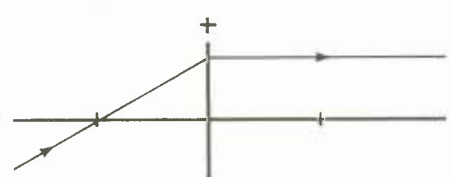
A. Beeldkonstruktie



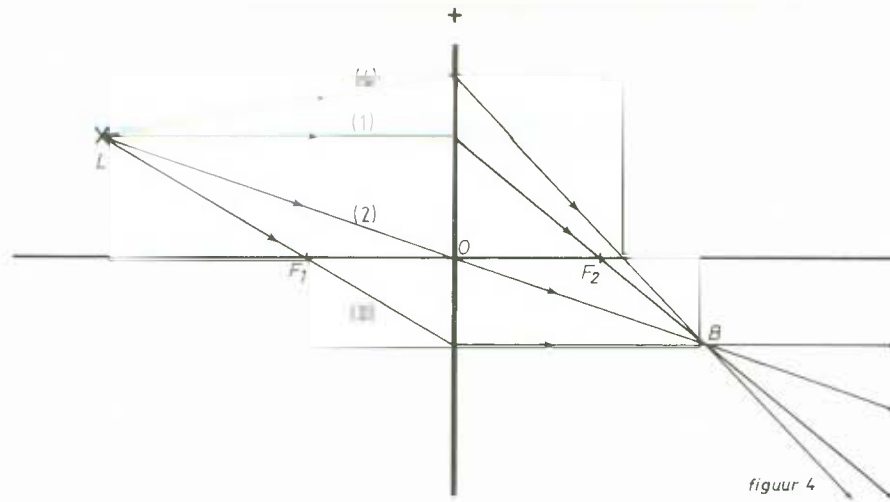
figuur 1



figuur 2



figuur 3

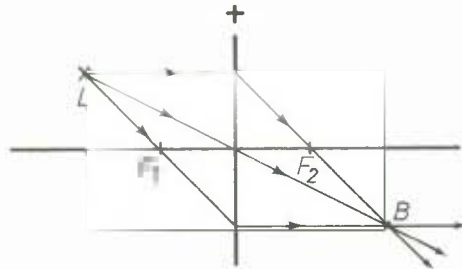


figuur 4

1

- a. Een bolle lens heeft een konvergerende werking.
- b. Ook deze lens heeft een konvergerende werking.
De lichtstralen worden door de lens naar elkaar toe gebogen. Er ontstaat echter **geen** konvergerende lichtbundel.

2

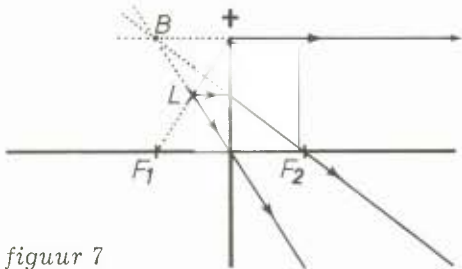


figuur 6

$$\begin{aligned} f &= 1 \text{ cm} \\ v &= 2 \text{ cm} \\ b &= 2 \text{ cm} \\ v &\text{ is groter dan } f. \end{aligned}$$

De uittredende bundel is konvergent.

3



figuur 7

v is kleiner dan f

$$\begin{aligned} v &= 0,5 \text{ cm} \\ f &= 1,0 \text{ cm} \\ b &= -1,0 \text{ cm (het -teken moet er voor want het beeld is virtueel).} \end{aligned}$$

De uittredende bundel is divergent.

B. Vergroting

4

$$N = \left| \frac{b}{v} \right| = \left| \frac{25 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} \right| = |2,5| = 2,5$$

$$N = \frac{\text{grootte van het beeld}}{\text{grootte van het voorwerp}}$$

Invullen geeft:

$$2,5 = \frac{5 \text{ cm}}{\text{grootte van het voorwerp}}$$

Daaruit volgt: grootte van het voorwerp = 2 cm.

5

$b = -30 \text{ cm}$ (virtueel beeld)

$$N = \left| \frac{b}{v} \right| = \left| \frac{-30 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \right| = |-6| = 6$$

(De vergroting is altijd positief).

6

$$\text{De vergroting } N = \frac{\text{grootte van het beeld}}{\text{grootte van het voorwerp}} = \frac{5 \text{ cm}}{3 \text{ cm}} = \frac{5}{3}$$

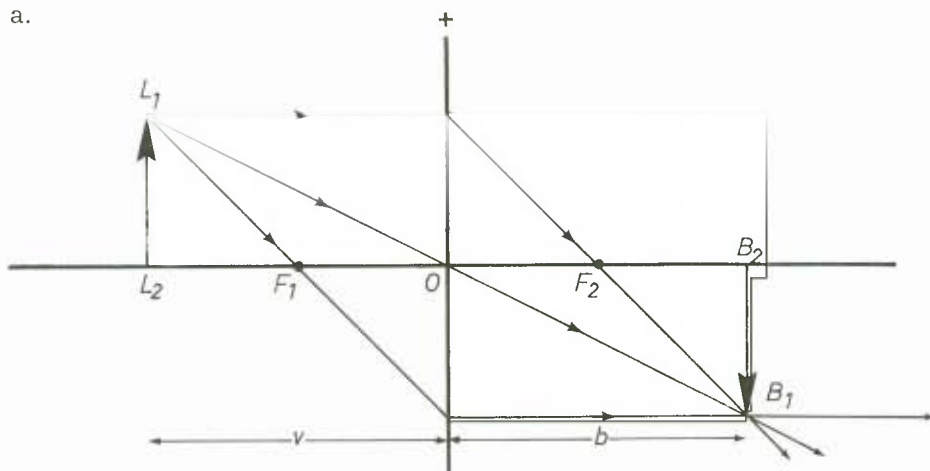
$$\text{Ook geldt: } N = \left| \frac{b}{v} \right| = \frac{4 \text{ cm}}{v}$$

$$\text{We stellen beide weer gelijk: } \frac{4 \text{ cm}}{v} = \frac{5}{3}$$

$$\text{Daaruit volgt: } 5v = 12 \text{ en } v = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ cm.}$$

7

a.

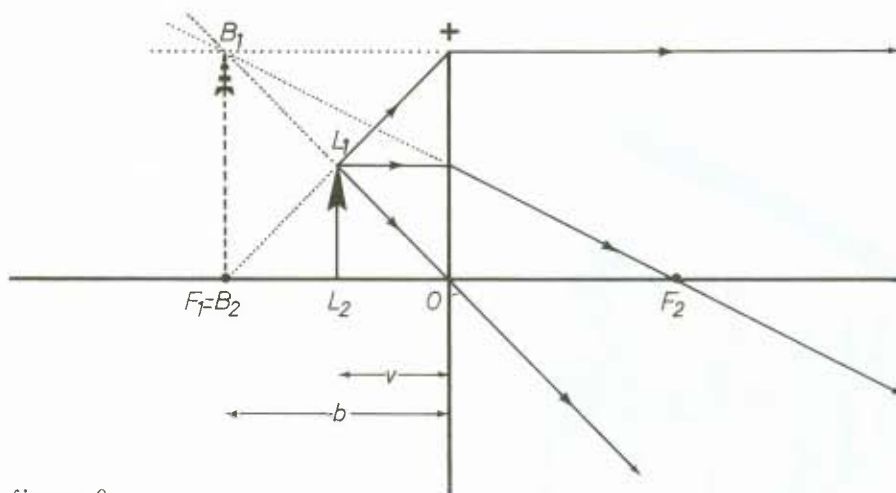


$$\left. \begin{array}{l} L_1 L_2 \\ B_1 B_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 2 \text{ cm} \\ = 2 \text{ cm} \end{array} \left\{ N = \frac{2}{2} = 1 \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} v \\ b \\ f \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 4 \text{ cm} \\ = 4 \text{ cm} \\ = 2 \text{ cm} \end{array} \left\{ N = \left| \frac{4}{4} \right| = 1 \right.$$

figuur 8

b.



$$\left. \begin{array}{l} L_1 L_2 \\ B_1 B_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 1,5 \text{ cm} \\ = 3 \text{ cm} \end{array} \left\{ N = \frac{3}{1,5} = 2 \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} v \\ b \end{array} \right\} \begin{array}{l} = 1 \text{ cm} \\ = -3 \text{ cm} \end{array} \left\{ N = \left| \frac{-3}{1,5} \right| = 2 \right.$$

$$f = 3 \text{ cm}$$

figuur 9

107 Gezichtsbedrog

Er zijn bij het woord gezichtsbedrog misschien wel 2 of 3 dingen die je te binnen schieten - misschien heb je wel eens iets meegemaakt waarvan je achteraf zegt; dat was gezichtsbedrog, want het bestond niet echt! Soms ook zie je wel tekeningen die je een bepaald idee geven, dat echter niet juist is.

Van het laatste komen er een paar voorbeelden. Misschien is het ook wel leuk om iets te weten van de, toch wel erg ingewikkelde manier, waarop onze hersens reageren op de prikkels van ons oog. Eigenlijk is het een klein stukje psychologie, maar wel leuk om te weten.

Als baby weten we niet hoe de wereld eruit ziet. Langzamerhand leer je voorwerpen kennen, omdat je ze vaak ziet of voelt. Door voelen bijvoorbeeld leer je goed het verschil onthouden tussen iets wat rond en iets wat vierkant is. Al vroeg ontwikkelen zich in onze hersens allerlei vaste patronen, waardoor we voorwerpen die we zien, ook direct herkennen.

Bij het kijken naar voorwerpen zijn er in onze hersens verschillende „automatische” gedachten ontwikkeld in de loop van onze eerste levensjaren. Steeds als we weer iets zien, komen die processen op gang. In onze hersenen zit bijvoorbeeld opgeslagen het idee van:

Konstantheid van kleur van een voorwerp:

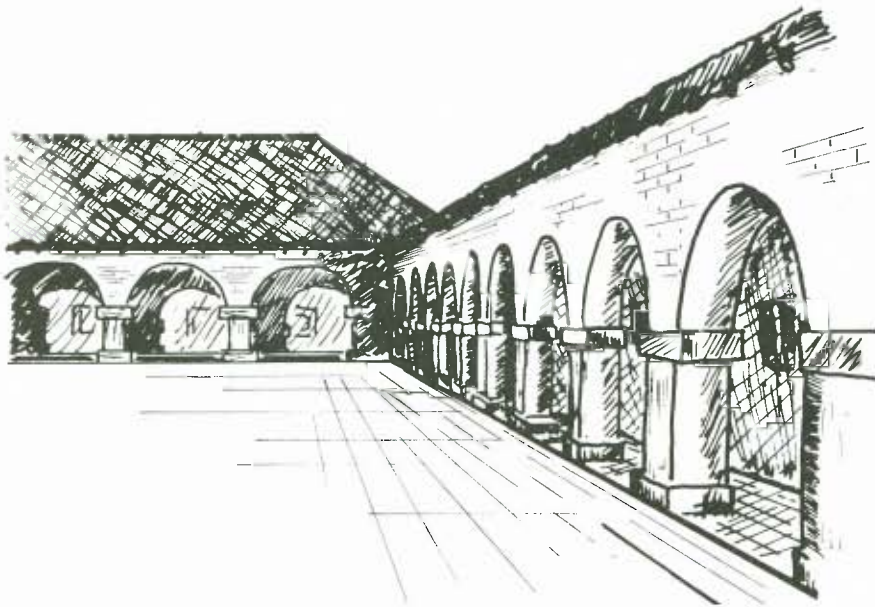
Hoewel licht soms heel verschillend op een voorwerp kan vallen, en zelfs andere kleuren kan hebben, weten we dat het voorwerp zijn zelfde kleur houdt, gras is gewoon groen, omdat we dat weten, daarom zeggen we dat het er groen uit ziet, zelfs al kun je dat moeilijk zien.

Konstantheid van vorm van een voorwerp:

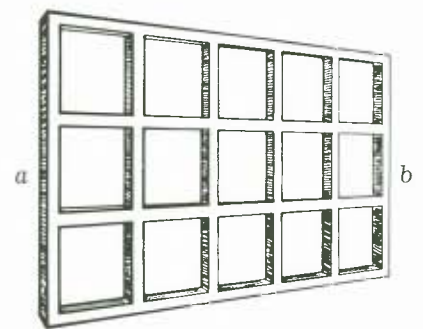
Als er een deur of raam opengaat waar we recht tegenaan kijken, verandert de vorm die we zien van rechthoekig via trapeziumvormig naar een verticale lijn als we tegen de dikte aankijken. Toch zien we niet de vorm van het raam veranderen maar we zeggen: dat is gewoon steeds hetzelfde raam, maar het draait rond.

Een tekening zoals hiernaast suggereert dus dat zijkant a dicht bij ons is als zijkant b, terwijl het toch op een plat stuk papier staat, met a en b. evenver van ons oog!

Konstantheid van grootte van voorwerpen:



Hoewel de grootte van de verschillende bogen, vooraan en achteraan erg veel verschilt, (meet maar eens na, de achterste is 4 x zo klein als de voorste!) kost het ons geen enkele moeite om te zeggen dat alle bogen even groot zijn, we zien allemaal **dezelfde** poorten op een rij!



Uit experimenten is gebleken dat we deze begrippen langzaam aan leren. Kinderen van 6 jaar, die keken naar een kubus van 9 cm op een afstandje, pakten een kubus van 7 cm die ze aanwezen als even groot. Volwassenen pakten wèl de kubus van 9 cm.

Konstantheid van plaats:

Als we ons hoofd draaien zien we alles om ons heen nièt voorbij flitsen, maar we realiseren ons op dat moment dat alles een plaats heeft en stilstaat, terwijl ons hoofd beweegt.

Je zou verwachten dat we alles zagen als op een film van een beginnening, die de kamera tijdens het filmen te snel beweegt.

Aan allerlei tekeningen kun je zien dat er in onze hersenen nog meer ingewikkelde processen optreden tijdens het kijken, we brengen vanzelf al een soort ordening aan in wat we zien.

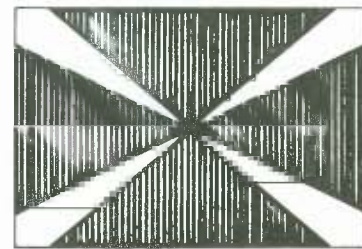
In tekening 1 bijvoorbeeld onderscheiden we een voor- en achtergrond. Afhankelijk van de manier waarop je het bekijkt, vier lichte banen boven een donkere achtergrond, of vier puntige zwarte stukken boven een lichte achtergrond. Je kunt beide manieren van kijken verwisselen!

Bij tekening 2 treedt hetzelfde effect op.

De plaatjes bij 3 a en b laten duidelijk zien dat we een soort ordening aanbrengen bij het kijken. We „zien” sommige dingen bij elkaar horen. Toch zie je in tekening b dat je die waarneming kunt veranderen door een paar horizontale streepjes aan te brengen. De verticale staan op dezelfde plaats. Nu staat het linker streepje alleen!

Hieronder, in tekening 4 en 5, nog een paar voorbeelden van rijen die je bij elkaar ziet. Omdat dingen die dichterbij bij elkaar staan, voor ons oog bij elkaar lijken te horen (4), of omdat **dezelfde** dingen bij elkaar lijken te horen (5).

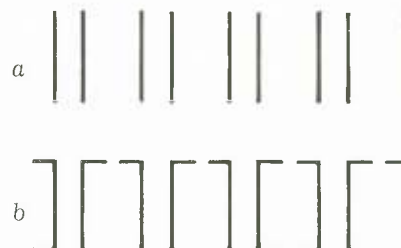
Lijnen die kontinu verlopen geven ook structuur bij het kijken. In tekening 6 lijkt het patroon in 6 a te zijn opgebouwd uit de twee figuren van 6 b en niet uit de twee figuren van 6 c. Dat lijkt op het eerste gezicht wel logisch, toch is dat een automatisch proces in de hersenen. Het feit, dat we ons al deze dingen, heel onbewust - zonder erbij te hoeven nadenken - realiseren als we ergens naar kijken, betekent echter ook dat er in sommige gevallen echt **gezichtsbedrog** ontstaat. De voornaamste verklaring is, dat we geneigd zijn alles 3-dimensionaal, met diepte erin, te zien.



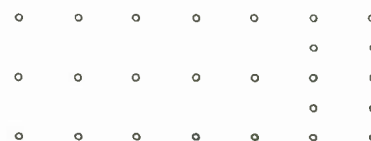
Tek. 1



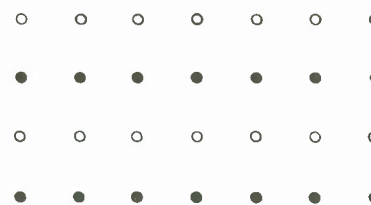
Tek. 2



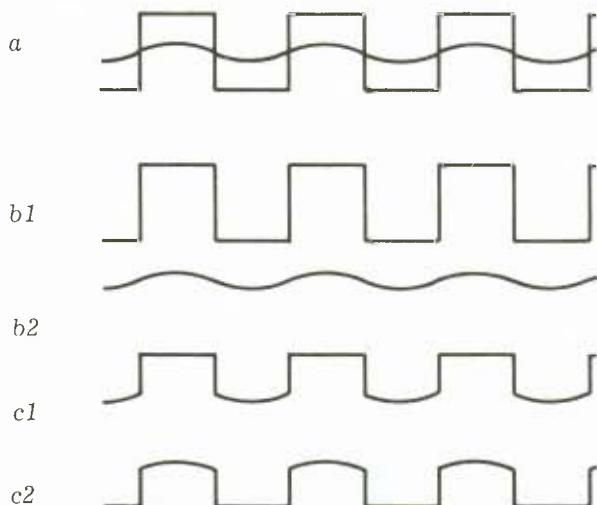
Tek. 3



Tek. 4



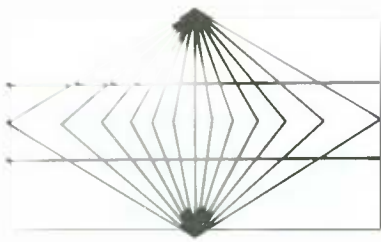
Tek. 5



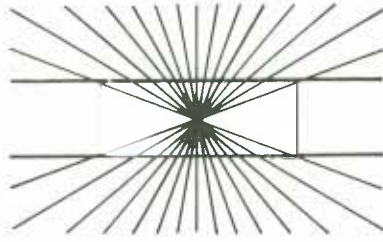
Tek. 6

$$a = b1 + b2 \text{ maar ook } a = c1 + c2$$

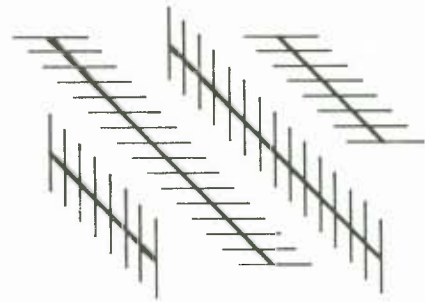
Hieronder staan een aantal - bekende - voorbeelden. In a en b zijn de horizontale lijnen echt evenwijdig - de lange diagonale lijnen in c zijn ook evenwijdig, en de lijnen 1 en 2 in d en e even lang. Misschien weet je zelf nog wel meer voorbeelden!



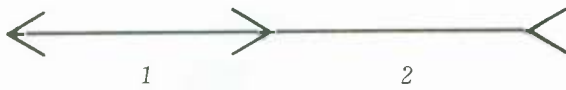
a



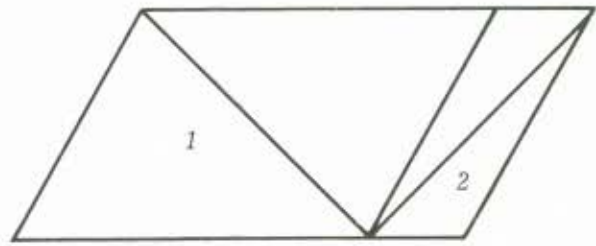
b



c

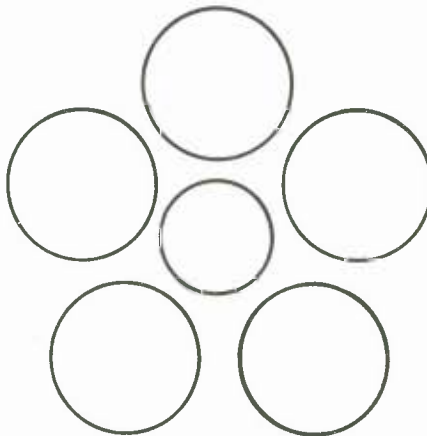
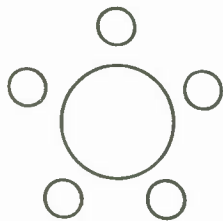


d



e

Hieronder nog een voorbeeld met cirkels - de binnenste cirkels zijn evengroot!



Dat brengt ons bij een bekend probleem, dat in de astronomie al honderden jaren bekend is - de **maan illusie**: het feit dat de maan bij de horizon groter lijkt dan recht boven je hoofd. Je kunt dat zelf wel eens nagaan op een heldere avond.

Tenslotte heeft men ook wel gevonden waar dat nu aan ligt; als je voorover buigt en tussen je benen door naar de maan kijkt, lijkt de maan weer net zo groot - de illusie is dan verdwenen!

Een dergelijk verschijnsel kun je ook merken aan de tekeningen hiernaast. Welk gedeelte van de acht en de letter S is groter: de bovenste of de onderste helft?

Als je de bladzijde omdraait en de figuren op zijn kop bekijkt, wordt het snel duidelijk!

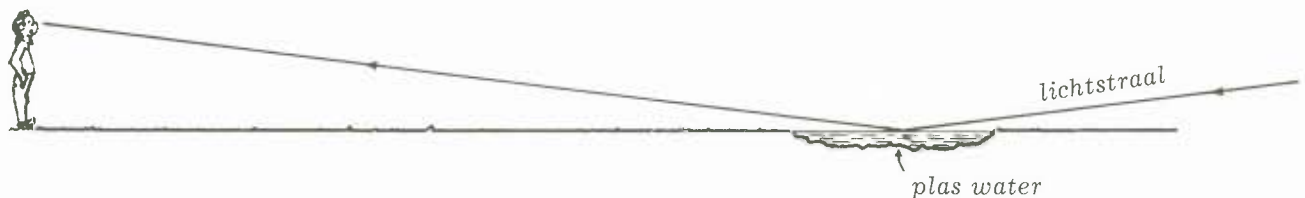


Er bestaan nog andere, minstens zo spektakulaire vormen van gezichtsbedrog. Daarbij gaat het niet om wat onze hersenen doen met allerlei waarnemingen, maar om bepaalde natuurkundig verklaarbare verschijnselen die ons de indruk geven dat er iets is, terwijl het er toch niet is.

Misschien denk je nu aan spoken of zoiets. Maar daarover zijn zoveel tegenstrijdige meningen, dat we daar maar beter geen verklaring voor kunnen verzinnen.

Nee, het gaat om een verschijnsel dat je vast wel kent: op een warme dag zie je soms in de verte plassen liggen op asfaltwegen - en dat terwijl het dagen niet heeft geregend. Als je dichterbij komt zie je ze niet meer - het wegdek is gewoon droog.

De verklaring kun je, met wat hulp, zelf wel bedenken. Daarvoor moet je eerst eens naar onderstaande tekening kijken waarin wel plassen op de weg liggen.

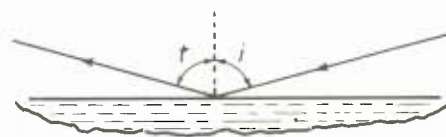


Het licht van de hemel wordt door de plas weerkaatst, omdat het zo plat, dat wil zeggen onder een heel kleine hoek, op het wateroppervlak valt. Dan gedraagt het wateroppervlak zich als een spiegel, waarbij de hoek van inval = hoek van terugkaatsing.

Wat zien we dan, als we in de richting van de plas kijken?

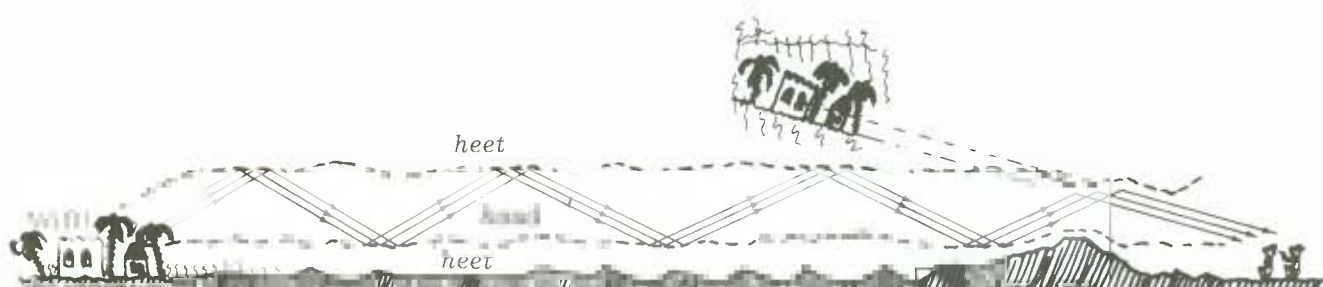
Omdat de weg zwart is, wordt er erg veel warmte van de zon geabsorbeerd. Op heel hete dagen kan het asfalt soms zo warm worden dat het zacht wordt. Boven de weg ontstaat dan een heel dun laagje lucht dat ook erg warm is, veel warmer dan de lucht daarboven.

Dit warme laagje lucht gaat zich gedragen als een vloeistoflaagje en dus als een spiegel op het wegdek.



De terugkaatsing die je krijgt bij het grensvlak van koude en warme lucht is ook de verklaring voor het optreden van fatamorgana's -luchtspiegelingen die bijvoorbeeld vermoeide en uitgedroogde woestijnreizigers zien van oase's met palmen en water. Je kent misschien wel het mooie verhaal van de detektievels Jansen en Jansens uit het stripboek van Kuifje: Het zwarte goud. Beiden rennen naar het water van een oase in de verte om een duik te nemen - en ploffen dan in het woestijnzand neer!

De verklaring voor zo'n luchtspiegeling is het feit dat warme en koude lucht boven de woestijn zorgen voor terugkaatsing van lichtstralen vanuit de oase. Dat kan over zulke grote afstanden gebeuren, dat de oase zelf niet meer te zien is, maar wel de teruggekaatste stralen.



verklaring luchtspiegeling

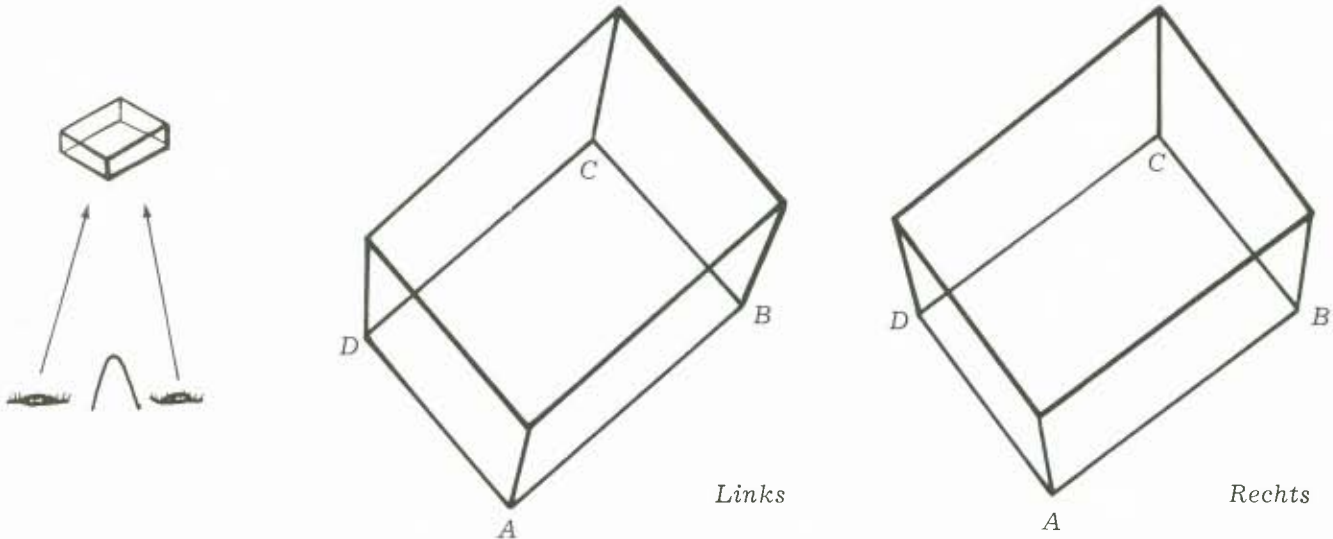
Wil je meer weten van luchtspiegelingen, kijk dan in „Kijk” no. 1977.

Nu nog een stukje over 2 proeven met „ruimtelijk zien”; tenslotte moet je na al dat lezen ook eens iets zelf doen!

1

Neem eens twee spelden, een in je linker en een in je rechter hand. Beweeg nu je handen naar elkaar en probeer de spelden met de punten tegen elkaar te krijgen. Je merkt, dat het niet moeilijk is. Maar als je dezelfde proef doet met 1 oog dicht, lukt het niet!

Het blijkt dat je met 1 oog geen afstanden kunt schatten. Een erg ingenieus „proces” in de hersenen zorgt ervoor dat het met twee ogen wél lukt. De beelden die op het netvlies komen, zijn in het algemeen verschillend. Dat komt omdat je ogen $\pm 6,5$ cm uit elkaar staan en dus vanuit een andere hoek tegen voorwerpen aankijken, zeker als het voorwerp dichtbij staat. Hieronder staan de beelden getekend die linker- en rechteroog waarnemen bij het kijken naar een „doosje” van ijzerdraad.



In onze hersenen worden beide beelden zò gekombineerd dat het resultaat is dat we diepte zien.

Als je nu op een of andere manier kans ziet met het linkeroog alleen de linkertekening, en met het rechteroog alleen de rechters tekening te zien, dan verschijnt de doos als ruimtelijk voorwerp.

Daarvoor bestaat er een handige manier. Als je het linkerbeeld natekent met een lichtrode viltstift, en bekijkt door een stukje rood cellofaan, is de tekening vrijwel onzichtbaar - het witte papier ziet er rood uit, evenals de rode lijnen, die je bijna niet ziet.

Het rechterbeeld moet je nu met groene viltstift natekenen; het versmelten van de figuren tot één ruimtelijk beeld gaat bovendien veel makkelijker als je ze over elkaar heen tekent, waarbij de grondvlakken samenvallen. (Zie hiernaast). Nu moet je nog een „bril” maken met rood en groen cellofaan, om de tekeningen te bekijken. Knip de vorm van de bril op de volgende pagina 2 x uit dun karton en plak de helften op elkaar met twee stukjes gekleurd cellofaan ertussen. Als je door de bril naar de rood-groene tekening kijkt, zul je na enige oefening, een soort ruimtelijk doosje van draad voor je op het papier zien staan.

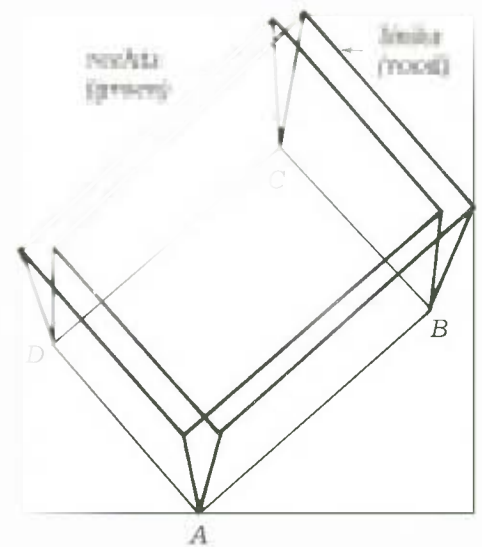
Wel volhouden als het niet direkt lukt. Een aantal keren snel knippen met je ogen helpt soms wel.

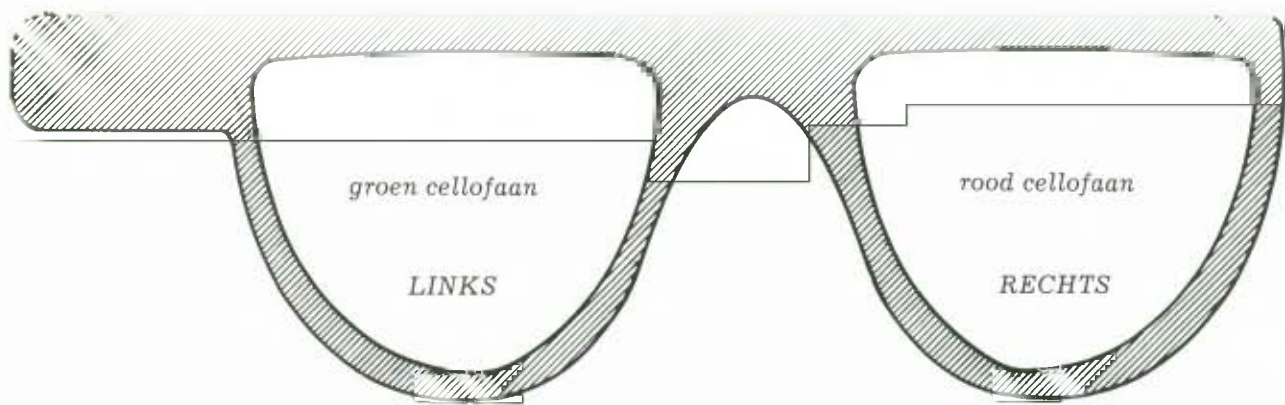
Op de voorpagina van Archimedes no. 3, 13e jaargang, staan twee tekeningen, of foto's, van postzegels die je ook door de bril kunt bekijken - die bril moet je dan echter omdraaien - rood cellofaan voor je linkeroog!

Zelf tekeningen proberen te maken kan ook. De eenvoudigste manier is, om draadfiguren te maken van bijvoorbeeld bloemendraad (heel dun, buigzaam ijzerdraad) en die dan na te tekenen.

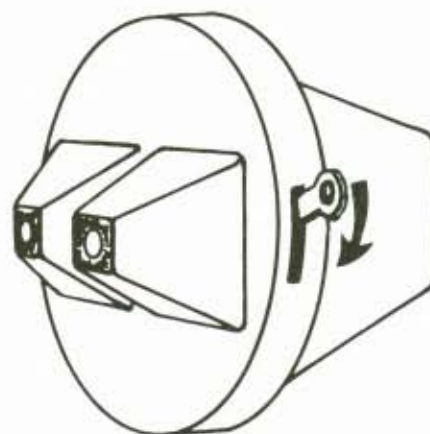
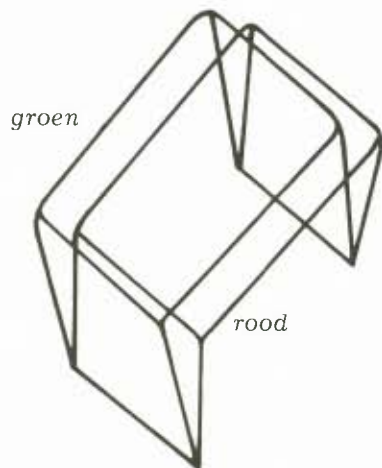
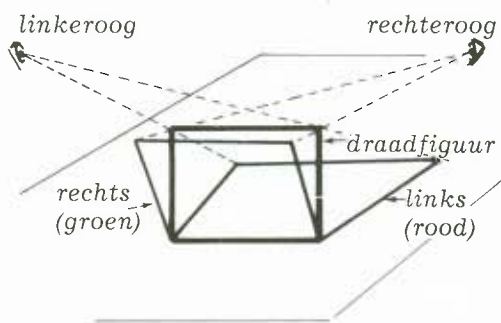
Daarvoor moet je ze op een vel papier zetten, 1 oog dicht doen en heel nauwkeurig natekenen wat je dan ziet.

Daarna je andere oog dichtdoen en weer precies natekenen wat je ziet. vooral je hoofd heel goed stilhouden, anders lukt het beslist niet.



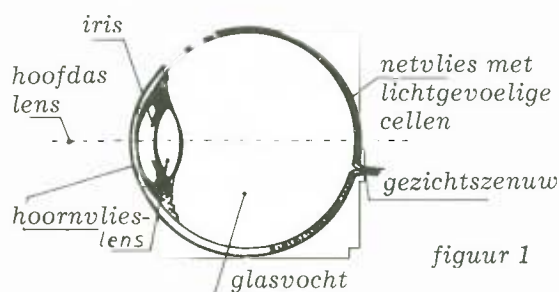


Daarna teken je de figuren over met groen en rood, en zet je gauw je bril op! Met wat oefening kun je een heel eind komen. Hiernaast staat nog zo'n figuur. Volgens dit principe werken ook stereoskopen. Dat is een ronde viewer waarin je een draaischijf stopt met allemaal dia's aan de rand. Daarvan bekijk je er steeds twee tegelijk, beide genomen van hetzelfde onderwerp maar vanuit een iets verschillende hoek, om precies de twee beelden te krijgen die je linker- en rechteroog in werkelijkheid ook zien. En ziedaar - een komplette 3-dimensionale foto. Misschien hebben jullie op school wel zo'n apparaat. Wil je nog meer lezen over dit onderwerp, kijk dan in Archimedes no. 5, 11e jaargang en no. 3, 13e jaargang.



stereoskopiese diaviewer

125 Het oog



figuur 1

SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET OOG

In figuur 1 zie je, hoe het oog er uit ziet. Voor het gemak zullen we in het vervolg het oog voorstellen door figuur 2.

Wanneer we voorwerpen scherp zien, ontwerpt de ooglens een beeld van het voorwerp op het netvlies. Omdat er in het oog niet met lens en scherm geschoven kan worden, is er een aparte voorziening, waardoor het oog voorwerpen op alle afstanden van het oog scherp op het netvlies kan afbeelden. De ooglens kan boller worden. We noemen dit akkommoderen (letterlijk aanpassen).

Als het oog ongeakkommodeerd is, oftewel de ooglens zo zwak mogelijk is, komen evenwijdige lichtstralen in één punt op het netvlies (zie figuur 3).

Hoe dicht het voorwerp zich bij het oog bevindt, des te sterker moet het oog akkommoderen om een scherp beeld op het netvlies te ontwerpen (figuur 4).

Het dichtstbijzijnde punt, dat je gedurende langere tijd scherp kunt zien, heet **nabijheidspunt** (figuur 5).

We zeggen dan dat het oog maximaal geakkommodeerd is.

De afstand van het oog tot het voorwerp heet dan **nabijheidsafstand**.

Deze afstand bedraagt bij jonge mensen ongeveer 15 cm en wordt bij het ouder worden groter.

Een voorwerp binnen de nabijheidsafstand kan gedurende korte tijd (bijvoorbeeld 10 seconden) scherp worden gezien. Dit is nogal vermoeiend, omdat het oog sterk moet akkommoderen.

OOGAFWIJKINGEN

A. Bijziend oog

De ongeakkommodeerde ooglens konvergeert zo sterk dat evenwijdige lichtstralen voor het netvlies in één punt samenkomen.

Iemand met bijziende ogen kan voorwerpen op grote afstand niet scherp zien (zie figuur 6).

Met een holle (negatieve) lens kunnen we zorgen dat de lichtstralen in één punt op het netvlies samen komen (figuur 7).

Omdat de ooglens zo sterk konvergeert, is de nabijheidsafstand van zo'n oog ook veel kleiner.

De persoon kan voorwerpen zeer dichtbij scherp waarnemen (figuur 8).

De negatieve lens maakt hier weer een normale nabijheidsafstand van (figuur 9).



figuur 2

vereenvoudigde voorstelling van het oog die we in de optika gebruiken



figuur 3

oog niet geakkommodeerd



oog geakkommodeerd

figuur 4



oog maximaal geakkommodeerd

figuur 5



figuur 6



figuur 7



figuur 8



figuur 9

B. Verziendheid

De ongeakkommodeerde oog lens convergeert te zwak, zodat evenwijdige lichtstralen **achter** het netvlies in één punt samen komen (zie figuur 10).

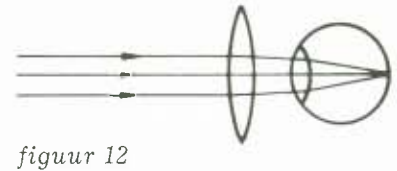


De oog lens moet dan akkommoderen om een voorwerp dat heel ver weg staat scherp af te beelden op het netvlies. Dit is op den duur vermoeiend voor de ogen.

Iemand met deze afwijking kan dus voorwerpen op grote afstand wel scherp waarnemen (figuur 11).



Met een positieve lens kunnen we zorgen dat de lichtstralen **op het netvlies** in één punt samenkomen, zonder dat de oog lens moet akkommoderen (figuur 12).

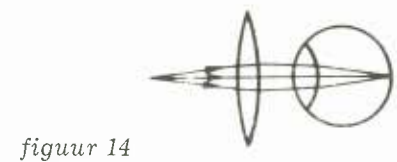


Als het voorwerp dichterbij komt, moet het oog steeds sterker akkommoderen. Als het voorwerp nog op vrij grote afstand van het oog is, is het oog al maximaal geakkommodeerd. Het nabijheidspunt ligt ver van het oog. Vandaar de naam verziendheid.

Iemand met zulke ogen kan voorwerpen op zeer korte afstand niet scherp waarnemen (figuur 13).



Met een positieve lens kunnen we de nabijheidsafstand van het oog verkleinen (figuur 14).



C. Oudziendheid

Deze afwijking komt voor bij oudere mensen.

Je weet vast wel, dat zij dikwijls moeite hebben om te lezen op kleine afstand. Je ziet oudere mensen dan ook dikwijls de krant lezen met uitgestrekte armen. Dat komt, omdat hun oog bij maximale akkommodatie niet zo sterk meer kan akkommoderen als vroeger. Het nabijheidspunt komt dan ook verder weg te liggen.

Net zoals bij verziendheid is dit te verhelpen met een positieve lens.

Vraag: Kun je begrijpen, dat iemand, die altijd bijziend geweest is, op latere leeftijd weer een normaal nabijheidspunt krijgt?

Welke bril en waarom?

Opdracht:

Onderzoek de bril van één van je klasgenoten. Je kunt dat doen met behulp van het lichtkastje.

Ga na:

- Heb je te maken met een holle lens of een bolle lens?
 - Hoe sterk de glazen zijn?
- Je moet dan de brandpuntsafstand van de lens bepalen. Doe dat voor beide glazen.

Probeer uit je bevindingen af te leiden welke oogafwijking de drager heeft.

Kontroleer je bevinding door de drager een test te laten doen (krant lezen, naar buiten kijken).

Praat met hem/haar en vraag wanneer deze zijn/haar bril vooral nodig heeft.

De sterkte van de lens

De opticien heeft het over glazen met een sterkte van -1 of $3\frac{1}{4}$ of $+2$;

De sterkte van een lens kun je berekenen uit de brandpuntsafstand. (zie blok 7; T 3).

De formule voor de sterkte luidt:

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

De eenheid van S is de dioptrie

Voorbeeld: een brilleglas heeft een f van 75 cm.

De sterkte is dan: $S = \frac{1}{0,75} = 1,3$ (afgerond)

Voor holle lenzen is S negatief.

Voor bolle lenzen is S positief.

Opdracht: bereken de sterkte van de glazen van de bril waarmee je gewerkt hebt.