



Blok 15 | Optika II

Basisstof

P1	
Lichtbreking	5
P2	
Enkele optische verschijnselen	6
P3	
Het oog	8
T1	
Lichtbreking	10
T2	
Enkele optische verschijnselen	12
T3	
Het oog	13
W1	
Lichtbreking	15
W2	
Enkele optische verschijnselen	15
W3	
Het oog	17

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

- P1, W1, T1.**
- P2, T2, W2.**
- P3, T3, W3.**

Herhaalstof

H1	
Breking	18
H2	
Oog en bril	19
H1	
Antwoordblad	21
H2	
Antwoordblad	21

Extra stof

101	
Hoekvergrotingen loep	22
102	
Hoekvergroting en loep	24
104	
Mikroskoop	27
106	
Verrekijker en mikroskoop	29
107	
Gezichtsbedrog	33
109	
Lensafwijkingen	38

Niet in dit pakket opgenomen, maar wel in de klas aanwezig zijn het extra stofbladen:

103	
Verrekijker en prismakijker	
105	
Negatieve lens en Hollandse kijker	
111	
Kamera's en scherptediepte	
108	
Kleuren	

Je kunt niet zomaar aan elk extra stofblad beginnen.

Bij een aantal extra stofbladen moet je eerst al een ander blad hebben gedaan.

Hieronder vind je de verschillende volgorden:

- 101
- 102←101
- 103←102←101
- 104←102←101←93
- 105←102←101←95←93
- 106←101
- 107
- 108
- 109
- 111← 93

Wat je moet kunnen aan het eind van blok 15

	Te vinden in:
1 Je moet weten wat de normaal, de hoek van inval en de hoek van breking zijn.	T1
2 Je moet weten dat een lichtstraal niet breekt als deze langs de normaal invalt.	P1, T1
3 Je moet weten hoe een lichtstraal ten opzichte van de normaal breekt als: <i>a</i> de lichtstraal van lucht in perspex komt; <i>b</i> de lichtstraal van perspex in lucht komt. Je moet dit in een figuur kunnen tekenen.	P1, T1
4 Je moet weten dat als licht door een grensvlak breekt, er door dat grensvlak ook licht wordt teruggekaatst. Je moet dit in een figuur kunnen tekenen.	P1, T1
5 Je moet weten hoe groot de hoek van breking is als de hoek van inval gelijk is aan de grenshoek.	T1
6 Je moet weten wanneer totale terugkaatsing optreedt.	P1, T1
7 Je moet in een figuur kunnen tekenen hoe een schuin invallende lichtstraal door een dikke ruit gebroken wordt.	P2, T2
8 Je moet in een figuur kunnen tekenen hoe vanuit verschillende richtingen invallende lichtstralen door een prisma gebroken of teruggekaatst worden.	P2, T2
9 Je moet met behulp van lichtbreking de werking van de bolle en van de holle lens kunnen verklaren.	P2, T2
10 Je moet vragen kunnen beantwoorden als in W2.	W2
11 Je moet weten wat de nabijheidsafstand is.	P3, T3
12 Je moet in een tekening van een oog (doorsnede) het netvlies en de ooglenzen kunnen aanwijzen.	P3, T3
13 Je moet kunnen uitleggen hoe je oog ervoor zorgt dat je een voorwerp dat niet te dichtbij staat, altijd scherp kunt zien. Je moet weten dat dit akkommoderen heet.	P3, T3
14 Je moet van een bijziend oog en van een verziend oog kunnen zeggen welk soort bril er nodig is om de afwijking te verhelpen.	P3, T3
15 Je moet van elk van de oogafwijkingen van W3, (vraag 5) kunnen zeggen welk soort bril er nodig is om de afwijking te verhelpen.	W3

Lichtbreking

In blok 11 hebben we gezien hoe lichtstralen die op een bolle lens vielen gebroken werden.

In dit blok gaan we dieper in op het verschijnsel lichtbreking.

De relatie tussen lichtbreking en de verandering van de richting waarin je het voorwerp ziet.

1

Proef met een dik stukje perspex.

Leg een stukje perspex op de regels die je nu leest.

Beweeg je hoofd heen en weer.

Wat gebeurt er met de regels die je leest?

2

Een potlood in een bekglas met water.

Beweeg een potlood in het midden van een glas heen en weer.

Kijk waar je het potlood ziet staan, zoals in figuur 1.

a Wanneer zie je het potlood niet verschuiven in het water?

b Wanneer is de verschuiving maximaal?

c Wanneer is het potlood in het water niet meer te zien?

d Teken in figuur 1 één situatie, waarbij het potlood verschoven is.

Blijkbaar zie je in het water niet het potlood zelf, maar een **beeld** van het potlood. In werkelijkheid is het potlood immers niet gebroken.

3

Speld met halve cilinder.

Schuif de speld heen en weer, achter het stukje glas of perspex, zie figuur 3 en 4.

Hoofd niet bewegen!

a Wanneer zie je het beeld van de speld niet verschoven?

b Wanneer is de verschuiving maximaal?

c Wanneer is het beeld niet meer te zien?

d Teken in figuur 3 één situatie, waarbij het beeld van de speld verschoven is.

4

Lichtkastje met halve cilinder.

Laat met behulp van een lichtkastje een smalle lichtbundel **loodrecht** op de vlakke kant van de cilinder vallen.

Teken in figuur 5 en 6 de verdere loop van het licht als het

a precies op het midden invalt,

b niet in het midden invalt,

c vlak aan de rand invalt.

Konklusie:

Wat gebeurt blijkbaar met het licht als je een voorwerp niet in de juiste richting ziet?

Bij de volgende proeven gaan we de breking nader onderzoeken.

5

Drie spelden op één lijn.

Deze proef heeft nog niets met breking te maken, maar is een voorbereiding op proef 6 en proef 7.

Prik twee spelden P en Q hieronder in het papier.

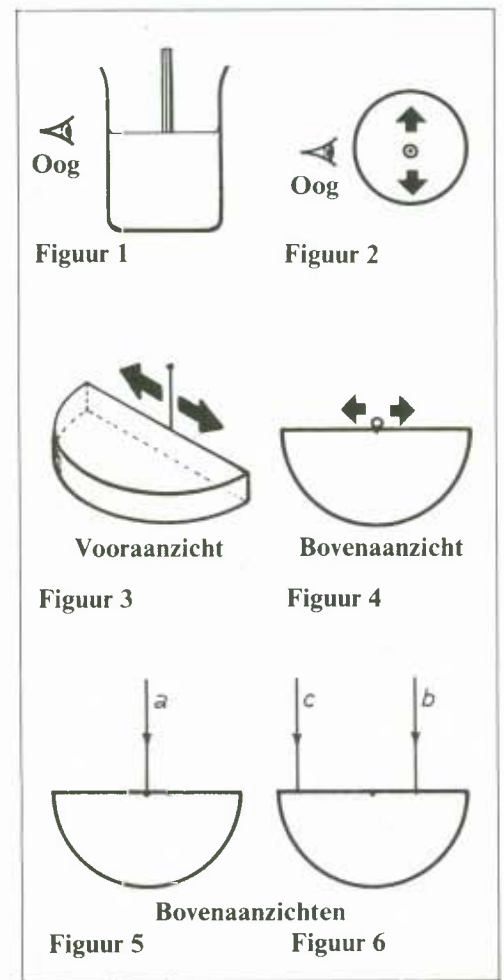
Kijk nu zó, dat Q in het verlengde ligt van P.

Zet nu achter Q nog een speld R, zodat je P, Q en R precies achter elkaar ziet staan. Teken nu een lijn van P naar Q en van Q naar R.



Konklusie:

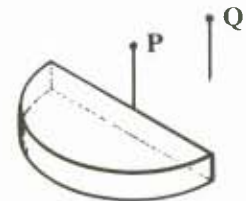
Als je in een proef ziet dat 3 of 4 spelden precies achter elkaar staan wanneer je erlangs kijkt, weet je dat je ze door één lijn met elkaar kunt verbinden.



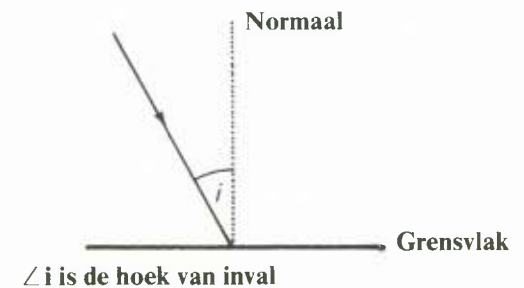
6

Spelden met halve cilinder. Gebruik een vel tekenpapier.

Prik speld P precies tegen het midden van



de vlakke kant van de cilinder. Prik speld Q zodanig dat de verbindingslijn QP samenvalt met de loodlijn op de rechte kant. Deze loodlijn heet de **normaal**.



a De bedoeling is om nu twee andere spelden R en S aan de **andere kant** van de cilinder te prikken.

Doe dit zó, dat R, S, P en Q in één rechte lijn achter elkaar te zien zijn als je langs R en S door de cilinder kijkt.

Zorg er wel voor dat de spelden rechtop staan!

Geef op je tekenvel aan waar R en S staan.

b Kijk nu van de **andere kant** dus langs Q en P door de cilinder. Wat zie je?

c Haal de cilinder weg en trek de verbindingslijn QP en RS. Trek ze door tot aan het rechte grensvlak.

Liggen P, Q, R en S op één lijn?

Blijkbaar treedt er geen verschuiving op.

7

Prik de spelden P en Q weer op dezelfde plaats als bij proef 6, zie het tekenvel, en draai dan de halve cilinder langzaam over een hoek van ongeveer 20° .

a Waar moeten nu de spelden R en S staan zodat je ze alle vier weer in één rechte lijn achter elkaar ziet staan als je door de cilinder kijkt?

b Kijk nu van de **andere kant** langs Q en P door de cilinder, wat zie je?

c Trek weer de verbindingslijnen QP en RS door tot aan het grensvlak.

d Stel dat deze lijnen lichtstralen voorstellen. Hoe worden deze lichtstralen dan gebroken als ze van lucht naar perspex gaan?

e Vergelijk dit resultaat van proef 6. Wat is het verschil?

8

Kontroleer met een lichtkastje de resultaten van de proeven 6 en 7. Je ziet nu dat de lichtstralen op het grensvlak worden gebroken.

a Wordt er ook licht op het grensvlak teruggekaatst?

b Als de hoek van inval groter wordt, wordt er steeds meer/steeds minder licht teruggekaatst. (Aanwijzing: onderzoek dit met het lichtkastje).

9

Totale terugkaatsing.

a Prik R en S op dezelfde plaats als bij proef 6a.

Draai de cilinder langzaam rond.

Zijn R en S altijd te zien als je van de andere kant door de cilinder kijkt?

b Bepaal het grensgeval dat de beide spelden nog net te zien zijn.

Teken de loop van de invallende 'lichtstraal'.

Teken ook de loop van de gebroken 'lichtstraal'.

c Waar blijft het licht als je de cilinder nog iets verder doordraait?

(Aanwijzing: Kijk eens naar de andere kant van de cilinder.)

10

Onderzoek je bevindingen van proef 9 met het lichtkastje.

Blok 15 | Praktikum 2

Enkele optische verschijnselen

1

Dik stukje glas of perspex.

Leg het stukje perspex of glas op een bedrukte bladzijde van je boek.

Beweeg je hoofd heen en weer.

a Wanneer zie je geen verschuiving?

b Wanneer is de verschuiving maximaal?

c Leg een tweede stukje glas of perspex op het eerste. Welk verschil merk je op?

De volgende 4 proeven (2 t/m 5) moet je eerst op een los vel papier doen en dan netjes in het blok overtekenen.

Ga steeds met spelden of een lichtkastje na hoe de getekende lichtstraal PQ verder loopt. Teken dit.

Als er ook terugkaatsing plaatsvindt, teken dan ook de teruggekaatste lichtstraal.

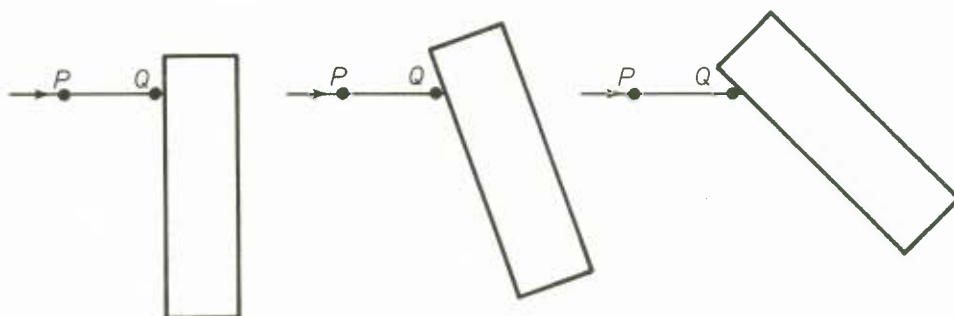
2

Dikke ruit.

a Wat gebeurt er met de hoek van de inval in de onderstaande tekening?

b Laat met behulp van lichtkastjes een lichtstraal invallen zoals hieronder is getekend.

Wat gebeurt er met de richting van de uittrekkende lichtstraal ten opzichte van de invallende lichtstraal?



c Wat valt je verder nog op?

3

Prisma.

Hiernaast zijn 2 (verschillende) prisma's getekend. Laat met behulp van een lichtkastje lichtstralen uit de richting PQ invallen op de prisma's. Maak tekeningen van de uittredende stralen.

Welk verschil is er tussen de uittredende stralen bij de verschillende prisma's?

Welk verschil is er tussen de uittredende lichtstralen bij proef 3 en die bij proef 2?

Hoe komt dat?

4

De bolle lens.

Laat lichtstralen invallen op bolle lenzen volgens de situaties hiernaast. Teken de uittredende stralen.

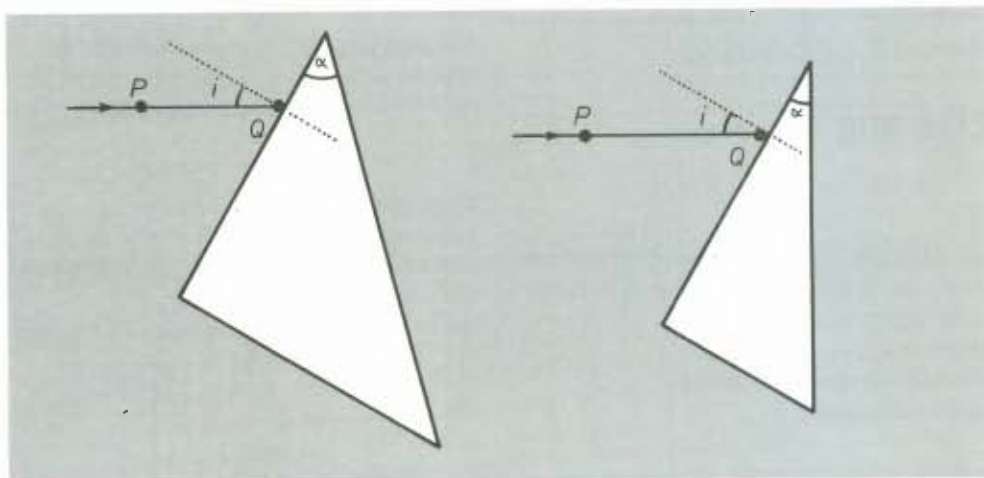
Wat valt je op?

5

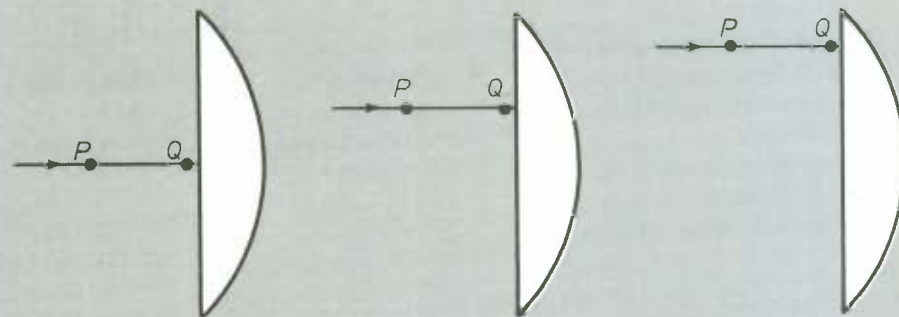
De holle lens.

a Voer dezelfde opdracht uit als bij 4.

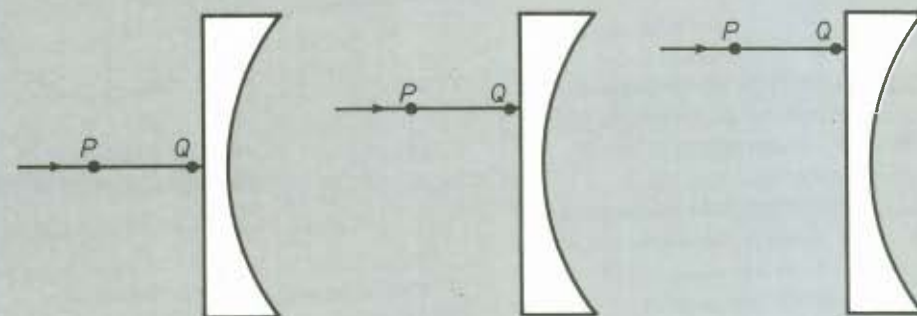
Wat valt je op?



Bolle lens



Holle lens



Het oog

1

Beweeg deze bladzijde steeds dichterbij je oog toe. Laat de afstand meten, waarop je de tekst nog net een minuut lang kan lezen.

We noemen deze afstand de **nabijheidsafstand**.

Je kunt voorwerpen die zich verder van je oog bevinden dan de nabijheidsafstand, als je wilt altijd scherp zien.

2

Bekijk een model van het oog (misschien heb je dit bij de biologieles al eens gezien). Zoek op waar zich het netvlies en de ooglenzen bevinden.

Maak een schematische tekening van het oog (niet teveel details).

Waar komt het licht het oog binnen?

In blok 11 heb je gezien dat een lens een scherp beeld van een voorwerp kan ontwerpen op een scherm.

Welk deel van het oog vervult de functie van scherm?

3

In P 2 van blok 11 heb je gezien dat je een fototoestel steeds op de juiste afstand in moet stellen om een scherpe foto te kunnen maken.

Bij je oog heb je dezelfde problemen als je kijkt naar iemand die steeds dichterbij komt. Je moet als het ware steeds opnieuw instellen. De manier van instellen is alleen héél anders.

a Hoe stel je een kamera scherp?

b Omdat bij het oog de afstand lens-netvlies vast ligt, is de enige mogelijkheid dat de sterkte van de ooglenzen veranderd wordt. Dat gebeurt dan ook!

De sterkte van de ooglenzen kan worden gevarieerd met behulp van spiertjes die de ooglenzen van vorm kunnen doen veranderen. Als deze spiertjes ontspannen zijn, is de ooglenzen het minst bol.

c Is het konvergerend vermogen van de ooglenzen met ontspannen spiertjes het grootst of het kleinst?

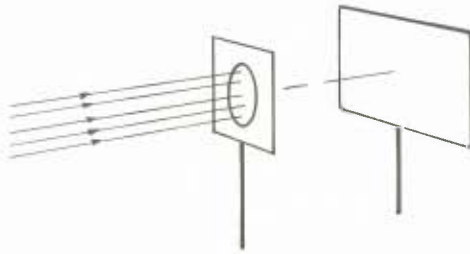
Als de spiertjes zich spannen, wordt de ooglenzen boller. Het boller worden van de ooglenzen noemen we **akkommoderen**.

4

Akkommoderen.

We kunnen de situatie bij je oog nabootsen met een lens en een scherm op een vaste afstand van elkaar.

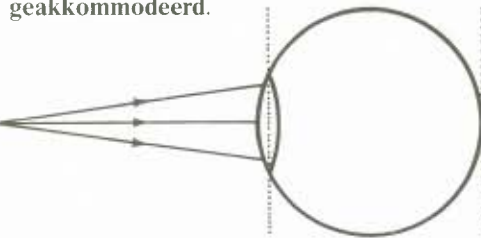
Het beeld op het scherm moet scherp zijn.



a Teken de loop van de stralen in het 'oog' in de tekening hier boven.

b Op welke afstand van de lens ligt dus het netvlies?

Voorwerp dichtbij. Oog **niet** geakkommodeerd.



c Waar komt het (scherpe) beeld te liggen als het oog niet is geakkommodeerd?

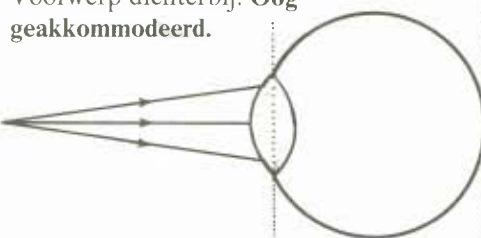
d Teken de verdere loop van de lichtstralen.

Het beeld komt nu niet op het netvlies terecht. Je ziet het voorwerp nu onscherp.

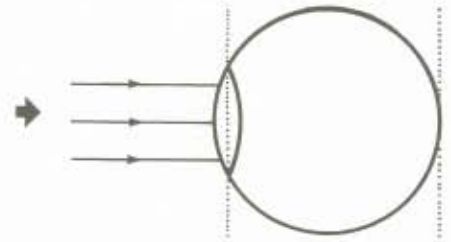
e Moet je oog, om nu een scherp beeld te krijgen, sterker of minder sterk konvergeren?

De situatie die dan ontstaat kan worden nagebootst in de volgende figuur.

Voorwerp dichterbij. Oog **geakkommodeerd**.



Als het voorwerp ver weg is, is het oog **niet geakkommodeerd**.



f Teken de verdere loop van de lichtstralen.

5

Oogafwijkingen (de bril).

Een normaal oog ziet scherp in het oneindige zonder te akkommoderen. Het heeft een nabijheidsafstand van ongeveer 20 cm en is dan maximaal geakkommodeerd.

In T2 heb je geleerd dat positieve lenzen de invallende stralen

terwijl negatieve lenzen de invallende stralen

a Laat een leerling met een bril met negatieve glazen bepalen:

- 1 of hij/zij zonder bril kan zien in het oneindige (heel ver weg).
- 2 hoe groot zijn/haar nabijheidsafstand is.

b Herhaal dit met een leerling met positieve glazen.

Voorgaande gevallen worden elk weergegeven door één van de vier tekeningen.

Bepaal welke tekening bij welk geval hoort.

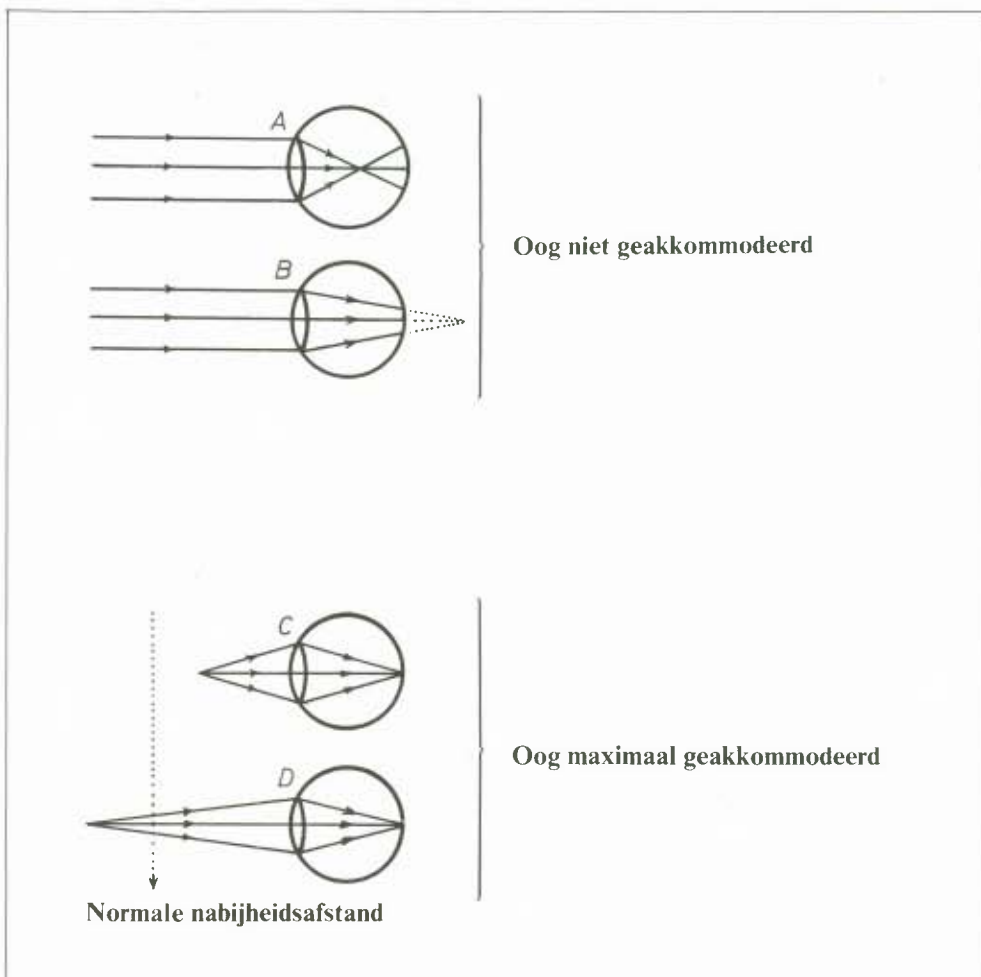
Bij geval a1 hoort tekening

Bij geval a2 hoort tekening

bij geval b1 hoort tekening

Bij geval b2 hoort tekening

Welk geval wordt bijziend en welk geval wordt verziend genoemd?



Lichtbreking

In P 1 heb je ontdekt dat lichtstralen een verandering van richting kunnen ondergaan als ze van lucht naar een andere doorzichtige stof gaan of omgekeerd. Laten we eerst eens kijken, wat het zien van een voorwerp in een bepaalde richting inhoudt. Normaal zal licht **afkomstig van het voorwerp** langs een rechte lijn **in ons oog** vallen. We zien het voorwerp dan ook op een plaats waar het zich werkelijk bevindt, zie figuur 1. Plaatsen we nu tussen ons oog en het voorwerp een blokje perspex dan zien we het voorwerp niet meer op zijn oude plaats, maar we zien het beeld van het voorwerp iets verschoven, zie P1 proef 1 en figuur 2 hiernaast.

Om de verschijnselen die optreden wat overzichtelijker te beschrijven, maken we de volgende afspraken, kijk ook maar in figuur 2:

- 1 De normaal is een loodlijn op het grensvlak in het punt waar een lichtstraal aankomt.
 - 2 De hoek van inval, i , is de hoek tussen de invallende straal en de normaal.
 - 3 De hoek van breking, r , is de hoek tussen de gebroken straal en de normaal.
- r komt van refractie = breking.

Omdat er twee keer breking optreedt bij een stuk perspex, als licht van lucht naar perspex gaat (1) en als licht van perspex naar lucht gaat (2), hebben we tijdens de proeven een speciaal stuk perspex gebruikt.

Daarmee is het mogelijk om één keer breking te vermijden.

Het stuk perspex is een halve cilinder met het middelpunt M op grensvlak I, zie figuur 3.

Tijdens de proeven zagen we dat **lichtstralen die loodrecht op een grensvlak invallen, niet van richting veranderen**, zie figuur 3.

Als we nu lichtstraal 1 scheef op het grensvlak I laten vallen in M, dan zal de lichtstraal gebroken worden en in het perspex langs een straal van de cirkel lopen, zie figuur 4. Bij grensvlak II aangekomen zal de hoek van de invallende straal 2 dan altijd 0° zijn. De straal van een cirkel staat altijd loodrecht op de omtrek. Daarom zal bij de overgang van perspex naar lucht in dit geval nooit breking optreden. Dit gaat alleen op als lichtstraal 1 bij M op het stuk perspex valt.

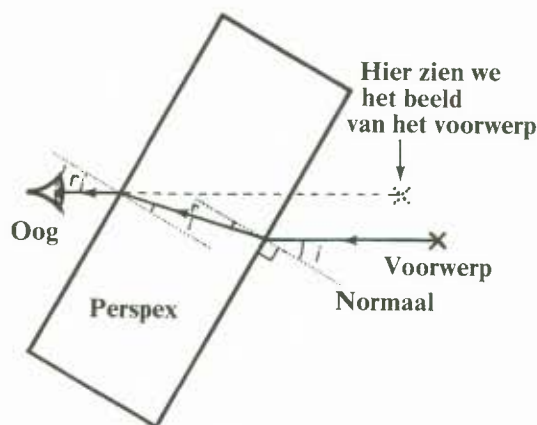
Omdat **de loop van de lichtstralen omkeerbaar** is, geldt het ook als lichtstraal van de andere kant binnenvalt, zie figuur 5.

Het breken van lichtstralen splitsen we nu in twee gevallen:

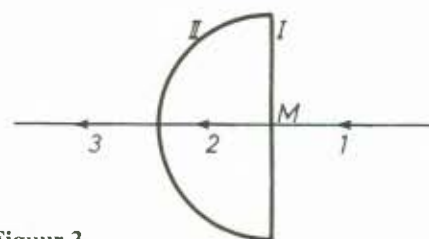
- A Licht dat gaat van lucht naar perspex, glas of water;
 - B Licht dat gaat van water, glas of perspex naar lucht.
- Voorbeelden hiervan vind je op de volgende bladzijde.



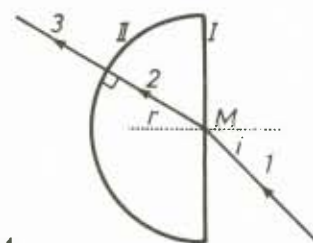
Figuur 1



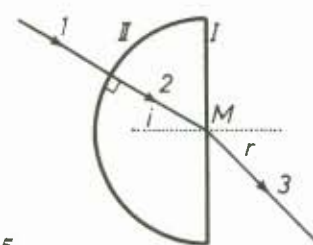
Figuur 2



Figuur 3



Figuur 4



Figuur 5

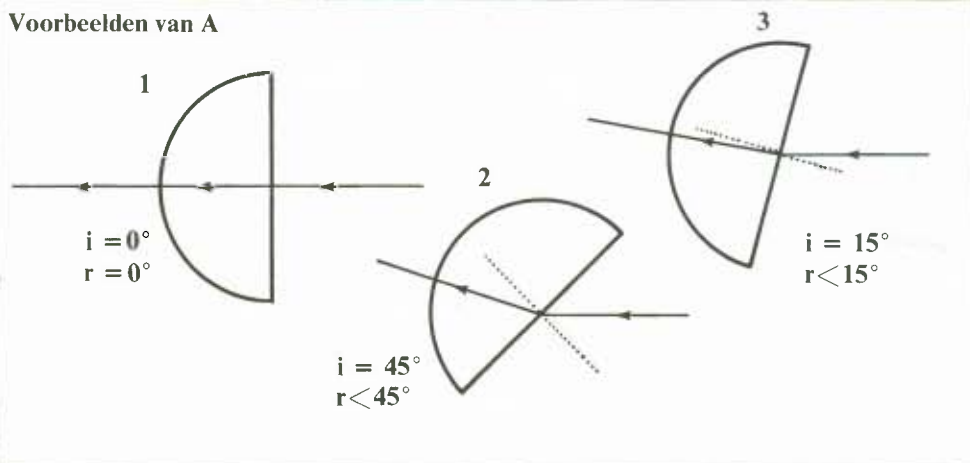
**Tabel voor breking van
lucht naar perspex**

i	r
0	0
15	11
30	21
45	30
60	38
75	44
90	46

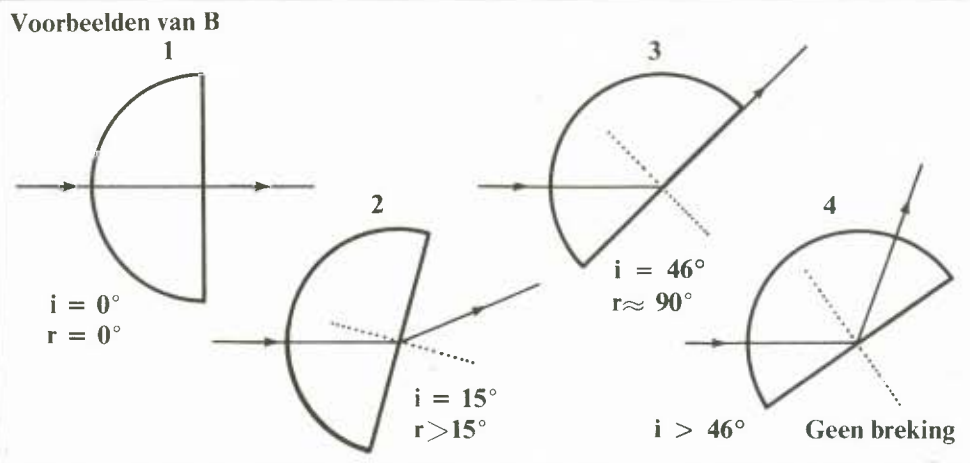
**Tabel voor breking van
perspex naar lucht**

i	r
0	0
15	21
30	44
43	82
46	90
60	-
75	-
90	-

Voorbeelden van A



Voorbeelden van B



Uit bovenstaande voorbeelden vinden we drie regels voor lichtbreking:

1 Als de hoek van inval 0° is, is de hoek van breking ook 0° .

Dat wil zeggen, **geen breking bij loodrechte inval**.

2 Als een lichtstraal van lucht naar perspex, glas of water gaat, is r altijd kleiner dan i .

Dat wil zeggen, er vindt **breking plaats naar de normaal toe**.

(Zie tekeningen bij A waar hoek r kleiner is dan hoek i .)

3 Als een lichtstraal van perspex, glas of water naar lucht gaat, is r altijd groter dan i .

Dat wil zeggen, er vindt **breking plaats van de normaal af**.

(Zie tekeningen bij B waar hoek r groter is dan hoek i .)

Opmerking

Bij elk grensvlak vindt behalve breking ook terugkaatsing plaats. Bij overgang van perspex, glas of water naar lucht is er een grensgeval. Bij een bepaalde hoek van inval, **de grenshoek g** , is de hoek van breking $r = 90^\circ$. De gebroken lichtstraal scheert dan langs het grensooppervlak (zie 3e tekening bij B en P1, proef 9).

Maakt men nu hoek i nog groter, dan zou hoek r groter dan 90° moeten worden en dat kan natuurlijk niet. In dit geval ziet men alleen een teruggekaatste lichtstraal (zie de vierde tekening bij B).

Er vindt **totale terugkaatsing** plaats.

Enkele optische verschijnselen

Lees in T1 nog eens de drie belangrijke regels voor lichtbreking door. Hiermee kunnen we de volgende proeven verklaren.

Licht door een dik stuk glas of perspex.

Bij een stukje perspex breekt het licht eerst naar de normaal toe, het gaat van lucht naar perspex, zie figuur 1.

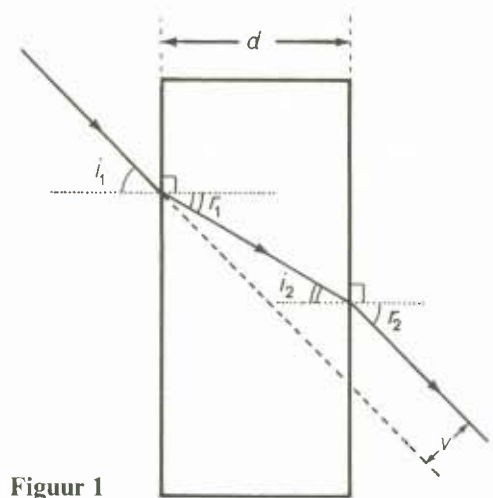
Daarna breekt het even sterk van de normaal af, het gaat van perspex naar lucht.

Resultaat: Alleen een verschuiving v!

Deze verschuiving is groter naarmate:

- hoek i groter is (zie P2);
- de dikte van het stukje perspex groter is (zie W2).

De verschuiving hangt ook nog af van het soort materiaal.



Figuur 1

Het prisma.

Bij een prisma krijgt een lichtstraal een richtingverandering. De hoek tussen de invallende en uitgaande lichtstraal noemen we deviatie.

Bij de overgang van lucht naar perspex vindt breking naar de normaal toe plaats de lichtstraal knikt dus naar beneden.

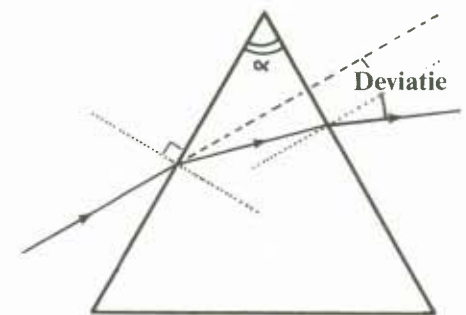
Bij de overgang van perspex naar lucht vindt breking van de normaal af plaats. Omdat de zijvlakken niet evenwijdig zijn, zijn ook de normalen niet evenwijdig. Het licht knikt dus weer naar beneden toe.

Het licht breekt door een prisma dus naar het dikke gedeelte van dat prisma toe.

(Is het prisma omgedraaid, dan breekt het licht natuurlijk naar boven toe, dus weer naar het dikke gedeelte van het prisma.) Zie Figuur 3.

De deviatie is groter naarmate de tophoek α groter is.

De deviatie hangt ook af van het soort materiaal.



Figuur 2

De bolle en de holle lens.

Bij een bolle lens, ook wel positieve lens genoemd, breekt het licht naar het midden toe, dat is het dikke gedeelte van de lens, zie figuur 4.

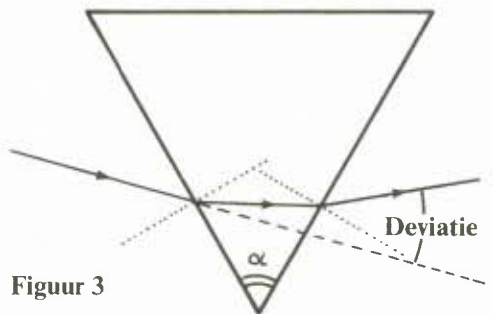
De lens is zo geslepen, dat een evenwijdige lichtbundel – die evenwijdig aan de hoofdas invalt – in één punt, het brandpunt F wordt samengebracht.

Een **bolle lens convergeert** een lichtbundel.

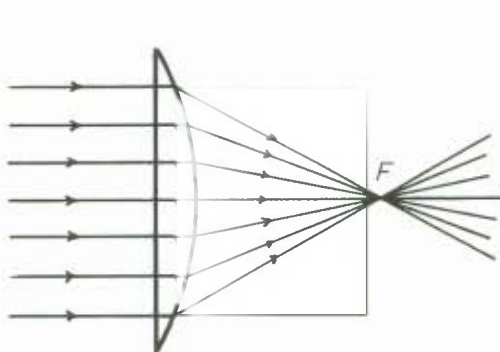
Bij een holle lens, ook wel negatieve lens genoemd, breekt het licht naar de buitenkant toe, dat is het dikke gedeelte van de lens, zie figuur 5.

De lens is zo geslepen, dat een evenwijdige lichtbundel – nadat hij door de lens is gegaan – uit één punt, het brandpunt F lijkt te komen.

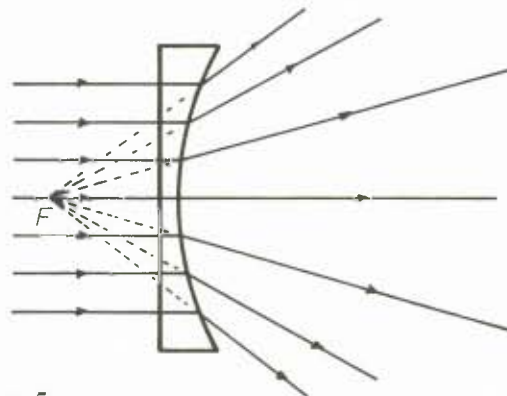
Een **holle lens divergeert** een lichtbundel.



Figuur 3

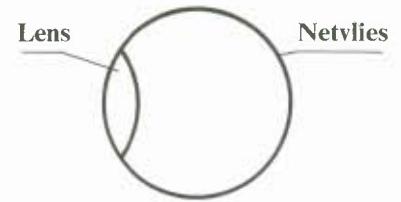
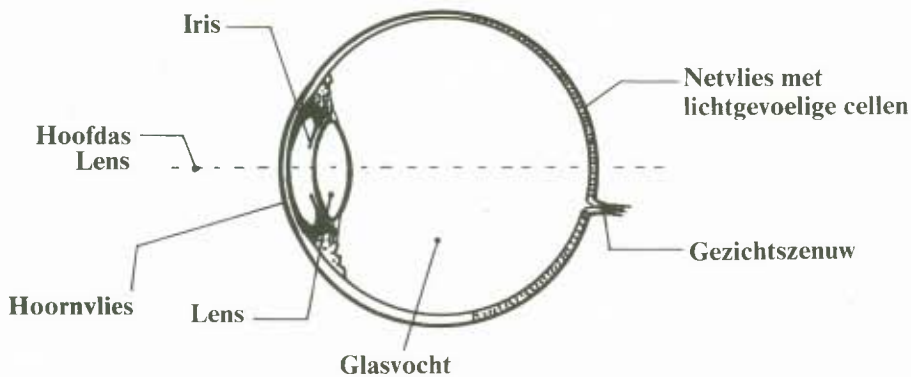


Figuur 4



Figuur 5

Het oog



Vereenvoudigde voorstelling van het oog die we in de optika gebruiken

Schematische voorstelling van het oog

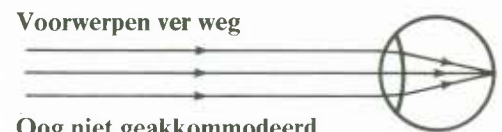
Wanneer we voorwerpen scherp zien, werpt de ooglens een beeld van het voorwerp op het netvlies. Omdat er in het oog niet met lens en scherm geschoven kan worden, is er een aparte voorziening, waardoor het oog voorwerpen op alle afstanden van het oog scherp op het netvlies kan afbeelden. De ooglens kan 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.

Hoe dichter het voorwerp zich bij het oog bevindt, des te sterker moet het oog akkommoderen om een scherp beeld op het netvlies te ontwerpen.

Als het oog maximaal geakkommodeerd is, bevindt het voorwerp zich in het **nabijheidspunt**. 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 steeds groter.

Het is echter wel mogelijk zo sterk te akkommoderen dat een voorwerp binnen de nabijheidsafstand gedurende een korte tijd scherp kan worden waargenomen (bij voorbeeld 10 seconden), maar dat is nogal vermoeiend.



Oog niet geakkommodeerd



Oog geakkommodeerd



Oog maximaal geakkommodeerd

Oogafwijkingen.

Bijziend oog.

1

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

2

Met een negatieve lens kunnen we zorgen dat de lichtstralen in één punt op het netvlies samen komen.

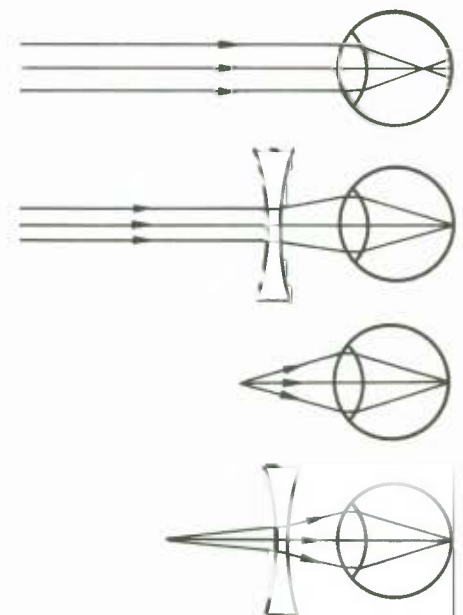
3

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

Vandaar de naam bijziendheid.

4

De negatieve lens maakt hier weer een normale nabijheidsafstand van.



Verziendheid

1

De ongeakkommodeerde oog lens convergeert te zwak zodat evenwijdige lichtstralen **achter** het netvlies in één punt samen laten komen.

2

De oog lens moet 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.

3

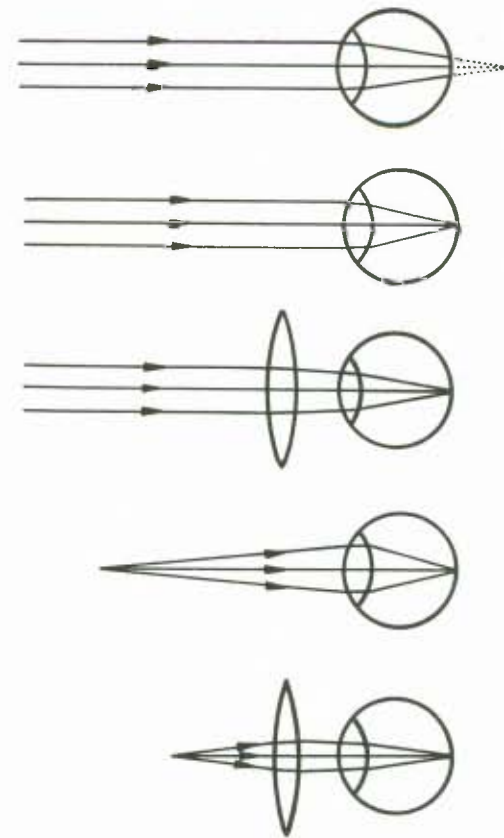
Met een positieve lens kunnen we zorgen dat de lichtstralen **op het netvlies** in één punt samen komen, zonder dat de oog lens moet akkommoderen.

4

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.

5

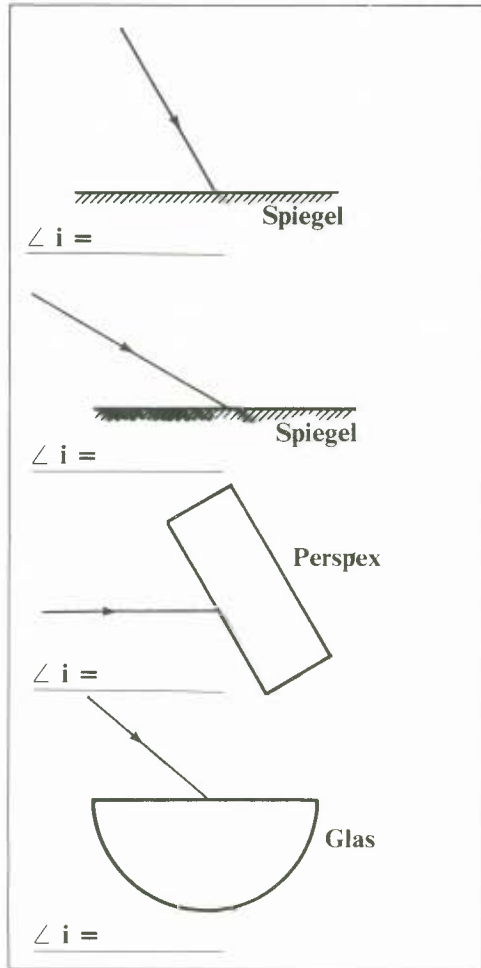
Met een positieve lens kunnen we de nabijheidsafstand van het oog verkleinen.



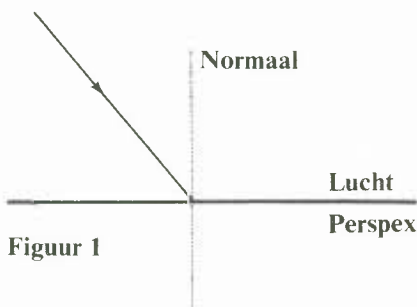
Lichtbreking

1
Uit welke proeven uit P1 blijkt dat de gang van lichtstralen omkeerbaar is?

2
Hieronder vind je vier situaties waarbij sprake is van een invallende lichtstraal. Meet met je geodriehoek in alle vier gevallen de hoek van inval.

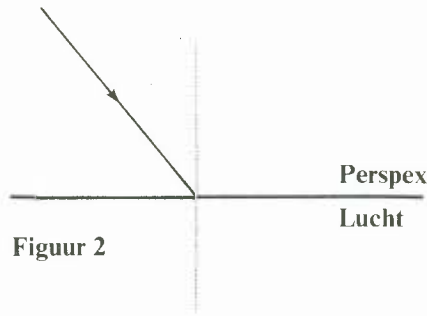


3
a Teken in figuur 1 een gebroken straal zò, dat er sprake is van breking naar de normaal toe.



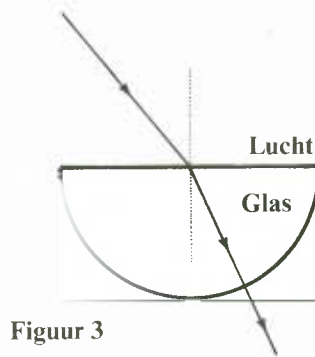
Figuur 1

b Teken in figuur 2 een gebroken straal zò, dat er sprake is van breking van de normaal af.



Figuur 2

c Is er in figuur 3 sprake van breking van de normaal af óf breking naar de normaal toe?

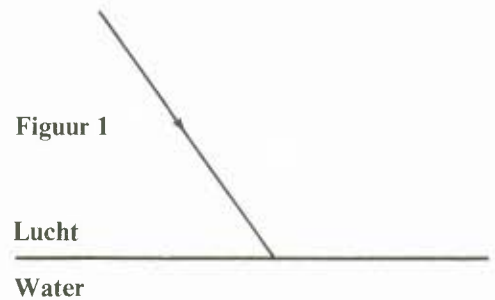


Figuur 3

Enkele optische verschijnselen

1
Een lichtstraal valt op het grensvlak van lucht en water. Zie figuur 1.

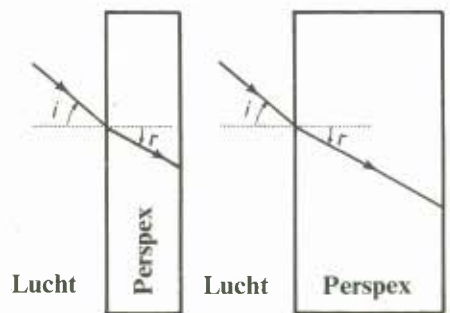
a Teken de normaal.
b Teken het verdere verloop van de lichtstraal.
c Teken met een andere kleur de loop van de lichtstraal die onder een grotere hoek invalt.



Figuur 1

2
Zie proef 2 en 3 van P2.
Waarom is bij een prisma de gebroken lichtstraal **niet** evenwijdig aan de invallende lichtstraal en bij een rechthoekig stukje perspex **wel**?

3
De verschuiving tussen de invallende en uitredende lichtstraal bij perspex hangt ook af van de dikte van het perspex. Maak dit duidelijk in de twee tekeningen van figuur 2.



Figuur 2

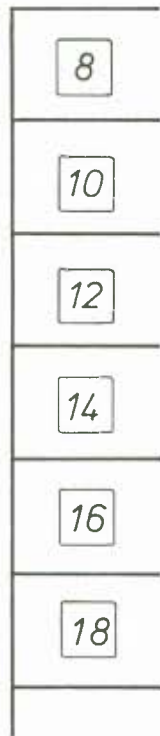
4

Iemand kijkt vanaf een vaste plaats door een raam naar buiten (het raam is het niet getekende stuk).

a Geef aan welke huisnummers van de overburen hij kan lezen vanuit de getekende positie x in figuur 3. Dit gebied heet het 'gezichtsveld'.



Figuur 3

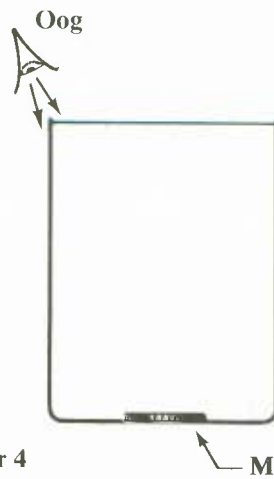


b Geef minstens drie manieren aan waarop het gezichtsveld kan worden vergroot, zodat je meer huisnummers kan zien. Je mag allerlei hulpinstrumenten gebruiken.

5

Leg een munt precies midden in een wijd glas met water (tot de rand gevuld).

a Kijk vlak over en onder de rand van het glas en bepaal in beide gevallen in welke richting je de munt ziet liggen. (Met je vinger aangeven).



Figuur 4

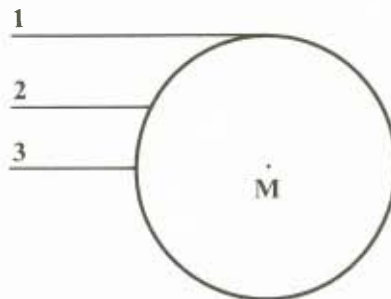
b Geef de plaats waar je de munt ziet liggen in figuur 4 aan.

c Teken de loop van de lichtstralen die je in staat stellen de munt te zien liggen als je over én onder de rand kijkt.

6

Een regenboog ontstaat doordat invallend zonlicht op een heel bepaalde manier een waterdruppel doorloopt. Het zonlicht valt van links in op een ronde waterdruppel en wordt daar gebroken, zie figuur 5.

a Teken de normalen voor de drie lichtstralen.



Figuur 5

b Geef aan hoe de gebroken lichtstralen ongeveer verder lopen in de waterdruppel.

Aan de andere kant van de druppel vindt weer breking plaats!

c Teken eerst de normalen en dan de verdere loop van de lichtstralen.

Aan de rechterkant vindt behalve breking óók terugkaatsing plaats!

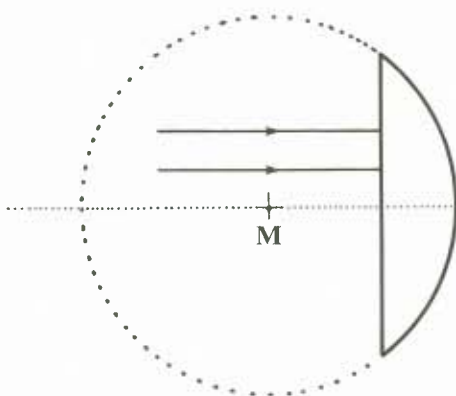
d Teken de teruggekaatste stralen in de waterdruppel.

Deze teruggekaatste stralen worden aan de onderkant van de druppel weer gedeeltelijk gebroken.

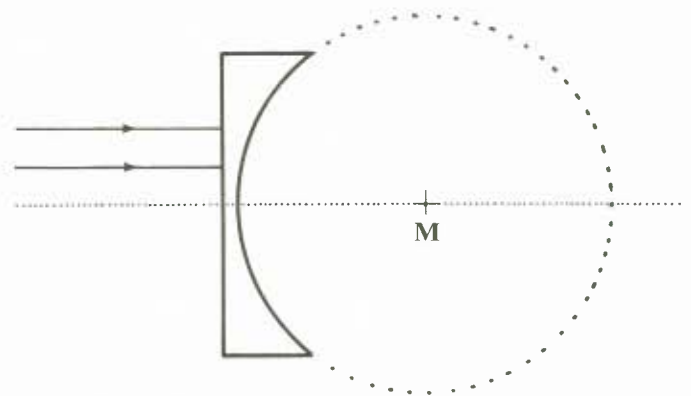
e Teken eerst de normalen en dan de verdere loop van de lichtstralen.

7

Teken het verdere verloop van de invallende lichtstralen in figuur 6 en 7. Teken eerst de normaal. M is het middelpunt van de cirkelboog in de lenzen.



Figuur 6



Figuur 7

Het oog

1

Een fototoestel lijkt in veel opzichten op het oog.

Welke onderdelen van een fototoestel kun je vergelijken met onderstaande delen van het oog?

Oog	Fototoestel
Ooglens	
Netvlies	
Pupil	
Oogleden	

2

Op welke manieren wordt bij een fototoestel bereikt dat een voorwerp op veel afstanden van de kamera scherp kan worden afgebeeld?

3

Heeft een fototoestel ook een soort nabijheidsafstand?

4

a Wat is de functie van een leesbril?

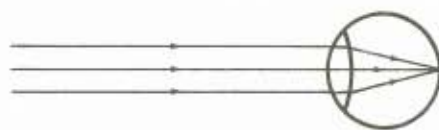
b Heeft een leesbril positieve of negatieve glazen?

5

Geef in nevenstaande situaties een gemotiveerd briladvies.

(N = nabijheidspunt)

Meneer A:

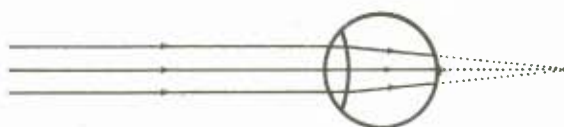


Oog zwak geakkommodeerd

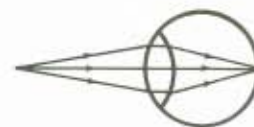


50 cm
Oog maximaal geakkommodeerd

Mevrouw B:



Oog ongeakkommodeerd



15 cm
Oog maximaal geakkommodeerd

Mejuffrouw C:



Oog ongeakkommodeerd



50 cm
Oog maximaal geakkommodeerd

Mevrouw D:



Oog ongeakkommodeerd



5 cm
Oog maximaal geakkommodeerd

Meneer E:



Oog ongeakkommodeerd



15 cm
Oog maximaal geakkommodeerd

Meneer F:



Oog ongeakkommodeerd



50 cm
Oog maximaal geakkommodeerd

Lichtbreking

Proef met een akkubak.

Vul een rechthoekige bak (akkubak) met water. Doe er wat krijtpoeder in om de gang van het licht zichtbaar te maken. Laat een smalle lichtbundel schuin van de zijkant invallen en teken hem. Hieronder vind je de belangrijkste begrippen en verschijnselen van lichtbrekingen op een rijtje gezet.

Hoe noemen we het?

Een lichtstraal **1** valt op het **grensvlak** lucht-water. (Zie figuur 1.)

De hoek die de lichtstraal maakt met de normaal (de loodlijn op het grensvlak) heet de **hoek van de inval i** .

De hoek die de gebroken straal **2** maakt met de normaal

heet de **hoek van breking r** . (Zie figuur 2).

Er wordt ook altijd een beetje licht teruggekaatst onder de **hoek van terugkaatsing t** (lichtstraal **3** in figuur 2):

Uit blok 11 weten we dat

$\angle i = \angle t$ (spiegelende terugkaatsing).

Hoe breekt een lichtstraal?

Een lichtstraal die langs de normaal invalt (dus loodrecht op het grensvlak) wordt niet gebroken. Als hoek $i = 0$ dan ook hoek $r = 0$, zie figuur 3.

Licht dat van lucht naar een andere doorzichtige stof gaat, breekt **naar de normaal toe**, dus hoek $r <$ hoek i , zie figuur 4.

Licht dat van één of andere doorzichtige stof naar lucht gaat, **breekt van de normaal af**, dus hoek $r >$ hoek i , zie figuur 5.

De hoek i , waarbij hoek $r = 90^\circ$, heet de **grenshoek g** , zie figuur 6.

Als de lichtstraal zo schuin invalt dat hoek $i >$ grenshoek g , dan is er geen breking meer, alleen nog terugkaatsing.

Dit noemen we **totale terugkaatsing**, zie figuur 7.

Totale terugkaatsing is alleen mogelijk bij de overgang van één of andere doorzichtige stof naar lucht.

Vragen

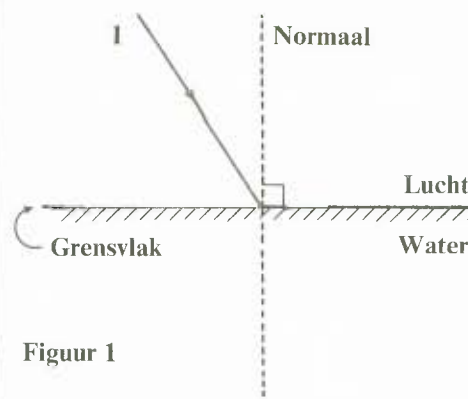
1

Een lichtstraal valt scheef op een dik stuk glas, zie figuur 8.

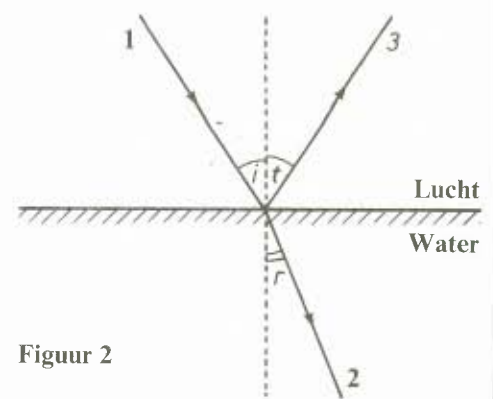
a Hoe heet de stippellijn in figuur 8?

b Maak de tekening af.

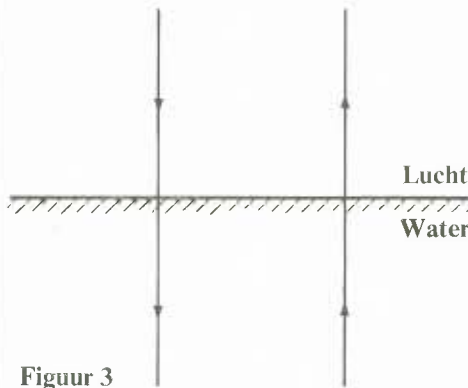
c Hoe komt de lichtstraal uit het glas vergeleken met de opvallende lichtstraal?



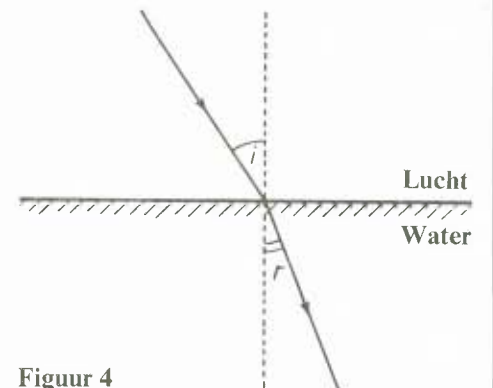
Figuur 1



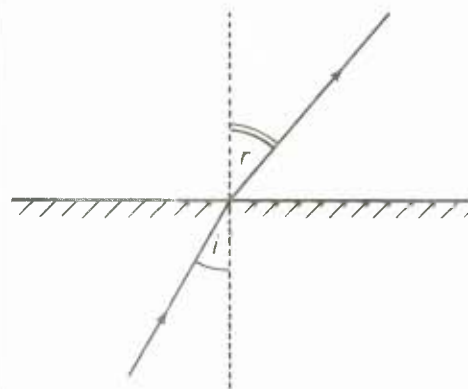
Figuur 2



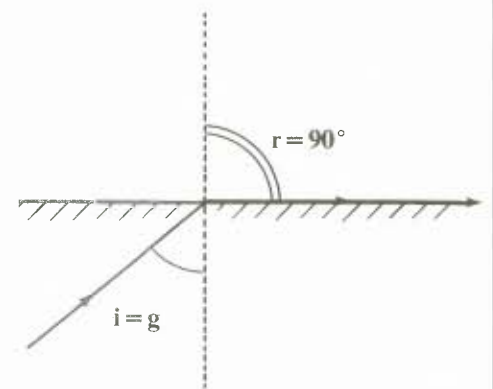
Figuur 3



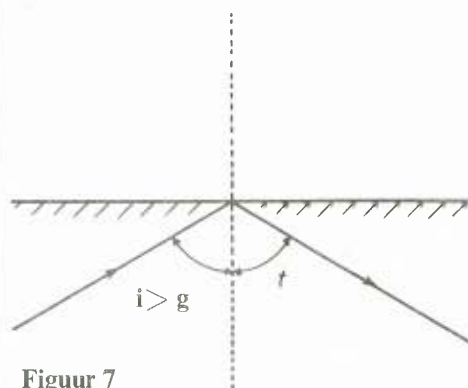
Figuur 4



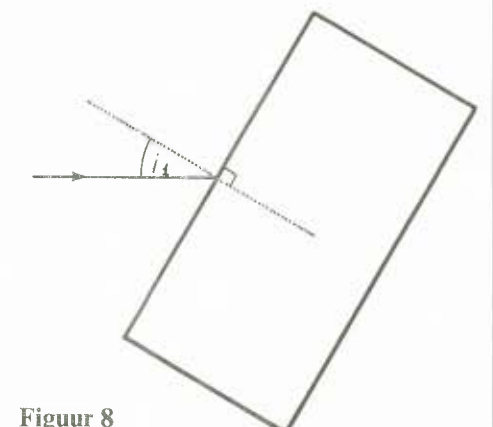
Figuur 5



Figuur 6



Figuur 7

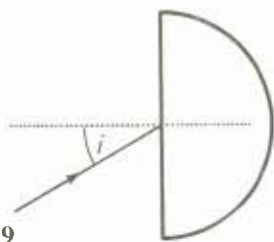


Figuur 8

d Wat is het verband tussen i_2 en r_2 en wat tussen r_1 en i_2 ?

2

Zie figuur 9.

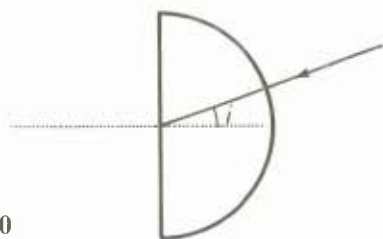


Figuur 9

- a Teken het verdere verloop van de lichtstraal als de hoek van breking = 20° .
b Teken met een andere kleur de gang van een lichtstraal waarvan de hoek van inval = 20° .

3

Zie figuur 10. De grenshoek g is 42° .



Figuur 10

- a Teken het verdere verloop van de lichtstraal als de hoek van breking = 30° .
b Teken met een andere kleur de gang van een lichtstraal waarvan de hoek van inval = 30° .
Kijk nu eens naar figuur 9 en 10. Die tekeningen lijken veel op elkaar. Dit wijst er op dat de gang van de lichtstralen omkeerbaar is.
c Teken met weer een andere kleur de gang van een lichtstraal waarvan de hoek van inval = 50° .

Blok 15 | Herhaalblad 2

Oog en bril

De drie belangrijkste oogafwijkingen zijn bijziendheid, verziendheid en oudziendheid.

1

Bijziend.

Lichtstralen van ver komen in een punt vóór het netvlies. Het oog is niet geakkommodeerd, zie figuur 1.

- a Wat gebeurt met het snijpunt als het oog gaat akkommoderen?

- b Wat voor lens moet een bril dus hebben om het snijpunt op het netvlies te laten komen?

- c Teken in figuur 2 de lens en maak de stralengang af.

2

Verziend.

Lichtstralen van ver komen samen in een punt achter het netvlies. Het oog is niet geakkommodeerd, zie figuur 3.

- a Wat gebeurt met het snijpunt als het oog gaat akkommoderen?

- b Heeft een verziend iemand dus een bril nodig om ver gelegen objecten scherp te kunnen zien?

- c Een verziend iemand wil toch zonder akkommoderen objecten van ver scherp zien. Wat voor een lens heeft zijn bril dan nodig?

- d Teken in figuur 4 die lens en maak de stralengang af.

3

Oudziend.

Lichtstralen vanuit een punt op ongeveer 15 cm afstand (normale nabijheidsafstand) komen in een punt achter het netvlies samen. Het oog kan namelijk niet zo sterk meer akkommoderen, zie figuur 5.

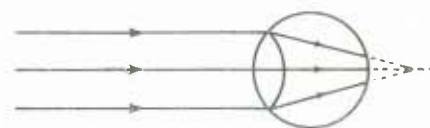


Figuur 1



Lens

Figuur 2

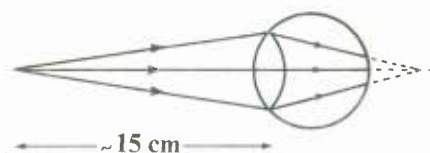


Figuur 3

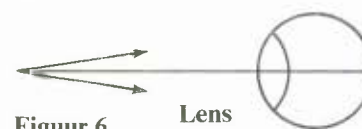


Lens

Figuur 4



Figuur 5



Figuur 6

Lens

- a Wat gebeurt er met het snijpunt als het oog niet maximaal akkommodeert?

- b Wat voor een lens moet een bril hebben opdat een oudziend iemand dichtbij toch scherp kan zien?

- c Teken in figuur 6 die lens en maak de stralengang af.

Vragen

4

a Waar ligt het nabijheidspunt van een bijziend oog in vergelijking met een normaal oog?

b Heeft een bijziend iemand een bril nodig om dichtbij scherp te kunnen zien?

5

Kan een verziend iemand zonder bril voorwerpen in de verte scherp zien?

6

Kan een verziend iemand zonder bril voorwerpen dichtbij scherp zien?

7

Heeft een oudziend iemand een bril nodig om in de verte te kunnen kijken?

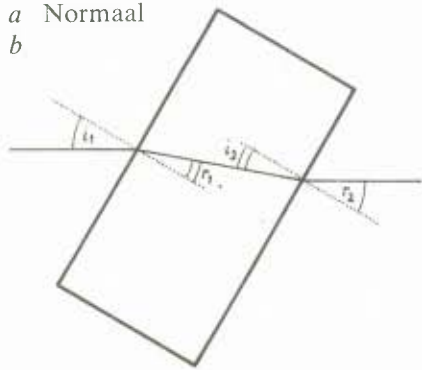
8

Als een normaal ziend persoon een positieve bril opzet, wordt hij dan bijziend of verziend?

Herhaalblad 1 Lichtbreking

1

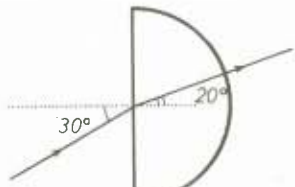
- a Normaal
b



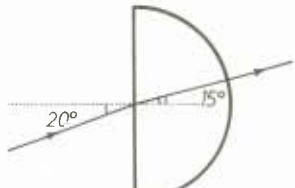
- c De lichtstraal komt evenwijdig met de opvallende lichtstraal uit het glas.
d Hoek $i_1 = \text{hoek } r_2$; hoek $r_1 = \text{hoek } i_2$.

2

a

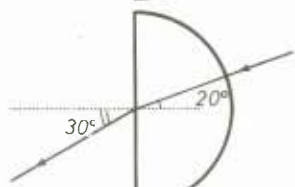


b

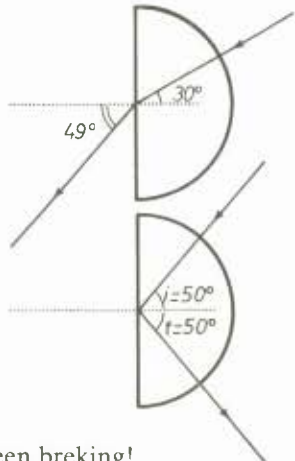


3

a



b



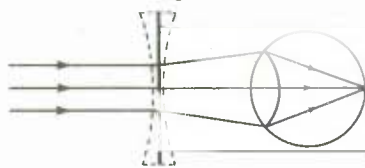
- c Geen breking!
Wel totale terugkaatsing, de hoek van inval is groter dan de grenshoek g .

Herhaalblad 2 Oog en bril

1

- a Als het oog gaat akkommoderen, wordt de ooglenz boller. De lichtstralen worden sterker gebroken, het snijpunt komt nog meer vóór het netvlies te liggen.
b Een bril met negatieve lenzen.

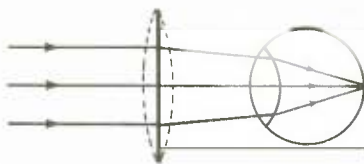
c



2

- a De ooglenz wordt boller, de lichtstralen worden sterker gebroken, het snijpunt kan op deze manier op het netvlies komen.
b Nee, met akkommoderen kan hij ook scherp zien. Hij zal daarmee zijn oog wel extra vermoeien.
c Een positieve lens.

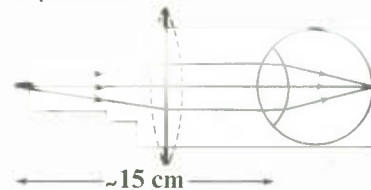
d



3

- a De ooglenz is minder bol en het snijpunt komt nog verder achter het netvlies te liggen.
b Een positieve lens.

c



4

- a Veel dichterbij het oog.
b Nee hij kan juist dichterbij nog scherp zien in vergelijking met iemand met een normaal oog.

5

- Ja, als hij akkommodeert wel.

6

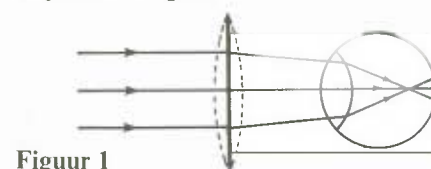
- Nee, want al akkommodeert hij maximaal, de lichtstralen komen toch achter het netvlies samen.

7

- Nee, zijn oog kan alleen niet meer goed akkommoderen. Met een ongeakkommodeerd oog kan hij nog steeds goed in de verte kijken.

8

- Hij wordt bijziend!
De positieve lens zorgt ervoor dat de lichtstralen vóór zijn netvlies elkaar snijden, zie figuur 1.



Figuur 1

Hoekvergroting en loep

Dit extra stof blad is in twee delen gesplitst.

In het eerste deel staat hoe een loep werkt en wat hoekvergroting is.

In het tweede deel wordt de hoekvergroting berekend.

Je moet dus eerst 101 doen, voordat je eventueel aan 102 begint.

Inleiding.

Vraag 1

Als je tijdens een boswandeling een eindje verderop een mooie paddestoel ziet, wat doe je dan als je hem beter wilt bekijken?

Vraag 2

Waarom doe je dat eigenlijk?

Waarom je de paddestoel duidelijker ziet, kun je verklaren met figuur 1 en 2.



De paddestoel staat ver weg (± 10 m)



De paddestoel staat nu zo dicht mogelijk voor je (± 25 cm).

In figuur 1 staat de paddestoel ver weg. Het beeld dat op het netvlies ontstaat, is vrij klein en bestrijkt weinig lichtgevoelige celletjes. Elk van die celletjes geeft door middel van een zenuwverbinding informatie aan de hersenen.

Als de paddestoel dichterbij staat, zoals in figuur 2, bestrijkt het beeld op het netvlies een groter aantal lichtgevoelige celletjes. De hersenen krijgen meer informatie en we zien de paddestoel duidelijker.

Op grote afstand zien we iets roods. Dichterbij zien we dat de hoed rood is en de steel wit. Nog dichterbij zien we witte stippen op de hoed, enzovoort.

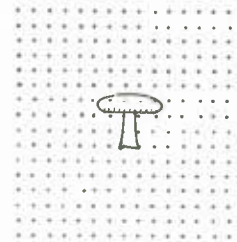
Vraag 3

Waarom kun je de paddestoel in beide gevallen (zie figuur 1 en 2) **scherp** zien?

Vraag 4

Waarom kun je de paddestoel duidelijker zien als je hem dichtbij bekijkt?

We zouden ook kunnen zeggen dat de hoek waaronder de lichtstralen in het oog vallen, in figuur 2 groter is dan in figuur 1. De grootte van deze hoek, de **gezichtshoek**, bepaalt in feite de grootte van het beeld op het netvlies.



Figuur 1a
Klein beeld op netvlies, weinig gezichtscellen, weinig details.

Je ziet de paddestoel wel scherp maar nog niet duidelijk genoeg.



Figuur 1



Figuur 2



Figuur 2a
Groter beeld op netvlies veel gezichtscellen, meer details.

Nu zie je de paddestoel ook weer scherp, maar bovendien heel duidelijk.

Vul aan:

Hoe groter de gezichtshoek waaronder je een voorwerp bekijkt, hoe

Vraag 5

Op welke afstand zie je een voorwerp het duidelijkst?

Nu zou iemand kunnen zeggen:

‘Als ik ook nog de verschillende details van de paddestoel duidelijk wil zien, ga ik gewoon dichterbij kijken. Dan wordt de gezichtshoek steeds groter en daarmee ook het beeld op het netvlies’.

Vraag 6

Waarom gaat deze redenering niet meer op als de afstand tussen oog en paddestoel bijvoorbeeld 1 cm wordt?

Vul aan:

Het beeld op het netvlies wordt wel steeds groter, maar ook

Konklusie:

Je ziet een voorwerp **zo duidelijk mogelijk**, als je hem **scherp** ziet en bovendien onder een **zo groot mogelijke gezichtshoek**.

Hoe werkt een loep?

Als je een voorwerp bekijkt op een afstand die kleiner is dan jouw nabijheidsafstand (± 25 cm), wordt het beeld op je netvlies onscherp en daardoor ook onduidelijk.

Vraag 7

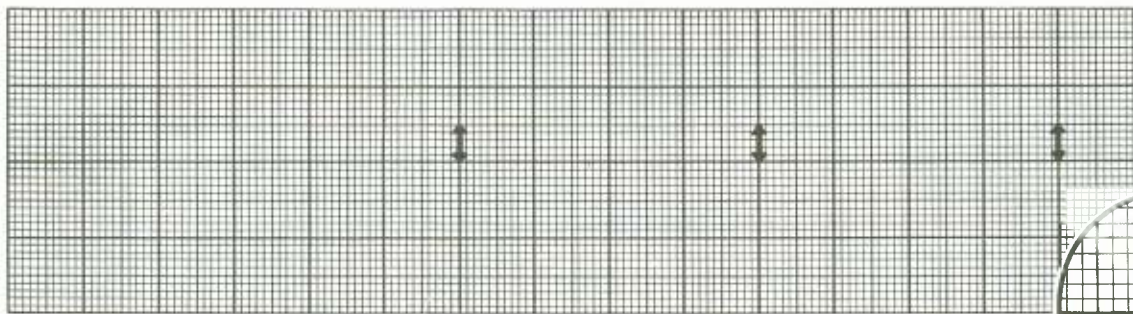
Ligt het beeld van het voorwerp dan vóór of achter je netvlies?

Vraag 8

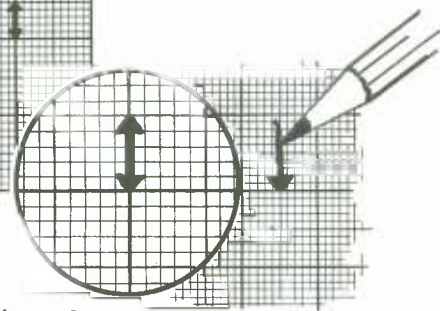
Wat voor lens moet je gebruiken om dit beeld toch scherp op je netvlies te krijgen?

Je hebt waarschijnlijk wel eens door een loep of een vergrootglas gekeken. Dit moet dus wel een positieve/negatieve (schrapt de verkeerde weg) lens zijn.

Om duidelijk te maken hoe een loep werkt, ga je oefenen in de **dubbelzicht methode**.



Figuur 3



Figuur 3a

Wat je bij figuur 3 met de loep ziet en natekent.

Op het grafiekenpapier zijn drie pijltjes van 0,5 cm getekend.

Leg dit vel zò op tafel, dat je het linkerpijltje precies vertikaal onder je ziet. Neem een loep en stel deze nu zo in, dat je met je ene oog een scherp en maximaal vergroot beeld van het pijltje ziet, terwijl je tegelijkertijd het grafiekenpapier met je andere oog scherp ziet. Na enig oefenen lukt dit best.

Opracht 1

Teken nu naast dit linker pijltje op het grafiekenpapier het beeld dat door de loep wordt gevormd (op ware grootte).

Neem daarna de loep weg en vergelijk het nagetekende beeld met het oorspronkelijke pijltje.

Opdracht 2

Herhaal opdracht 1 voor nog twee andere loepen.

Maak hierbij gebruik van de middelste en de rechtse pijl op het grafiekenpapier op de vorige bladzijde.

Opdracht 3

Bepaal met behulp van de pijlen de vergroting van elke loep. Zet het resultaat op het grafiekenpapier er bij.

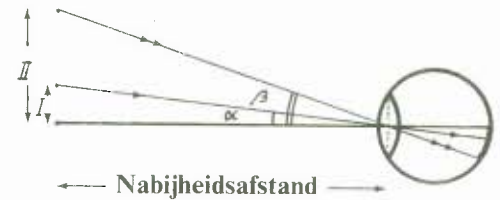
Konklusie

Hoe kleiner de brandpuntafstand van de loep (dus hoe sterker de loep), hoe groter is de vergroting en hoe duidelijker je een voorwerp ziet.

Het getal dat je voor de vergroting vindt, geeft ook de verhouding aan van de gezichtshoek waaronder je het voorwerp ziet **met** lens (hoek β) en de gezichtshoek waaronder je het voorwerp ziet **zonder** lens (hoek α). Dit getal wordt de hoekvergroting genoemd. (α spreekt uit: alpha en β spreekt uit: bèta; dit zijn de eerste twee letters uit het griekse alfabet, zie ook figuur 4).

In figuur 4 staat getekend:

- I is de grootte van het pijltje in werkelijkheid.
De bijbehorende hoek is α .
- II is de grootte van het pijltje met loep.
De bijbehorende hoek is β .



Figuur 4

Blok 15 | Extra stof 102

Hoekvergroting en loep

Voordat je dit blad gaat doen, moet je eerst blad 101 gedaan hebben.

Inleiding

In het voorgaande gedeelte hebben we hoekvergroting uit proeven bepaald, maar is het niet mogelijk om van een bepaalde lens direkt de hoekvergroting te berekenen? We zullen de proef daarom nog eens bestuderen.

Wanneer je het pijltje op het grafiekenpapier met het blote oog zo duidelijk mogelijk wilt zien, moet je dit pijltje op nabijheidsafstand (n is ongeveer 25 cm) bekijken.

Je ziet het pijltje dan nog net scherp en onder de grootste gezichtshoek: α_{\max} is de maximale hoek alpha die met het blote oog mogelijk is (zie figuur 5).

Door gebruik te maken van een loep wordt de gezichtshoek waaronder je het pijltje ziet groter.

Uit figuur 4 (zie blad 101) blijkt dat je het voorwerp dichtbij kunt zien, maar dan moet je wel maximaal akkommoderen.



Figuur 5

Vraag 1

Waarom is dit maximaal akkommoderen op de lange duur zo hinderlijk?

De voordelen van een loep.

De vraag is nu of je bij gebruik van een loep nog steeds zo moet akkommoderen.

De oplossing van deze vraag vind je, als je opdracht 1 uitvoert.

In de tekening hieronder staat het pijltje precies in het brandpunt van de loep.



Vraag 2

Opdracht 2

Figuur 7

Vraag 3

Vraag 4

Vraag 5

Op jouw oog lens vallen bij gebruik van een loep dus bundels evenwijdige lichtstralen. Hoe sterk moet je je oog nu akkommoderen om het beeld van het pijltjes scherp te kunnen zien?

Door het pijltje op brandpuntafstand van de loop te houden, zie je het beeld van het pijltje vergroot. Omdat bovendien de lichtstralen evenwijdig in je oog vallen, hoef je niet te akkommoderen.

De hoekvergroting bij een loep.

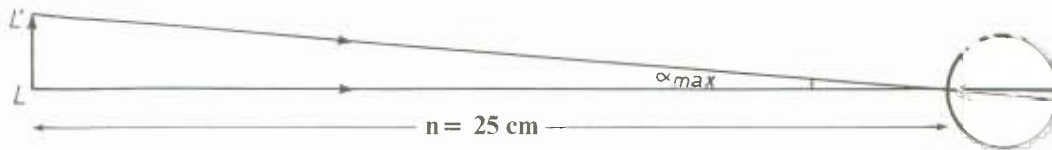
In extra stofblad 101 heb je gevonden dat de hoekvergroting gelijk was aan de verhouding tussen de hoek waaronder je het voorwerp ziet met lens (hoek β) en de hoek waaronder je het voorwerp ziet **zonder** lens op nabijheidsafstand (hoek α_{\max}). In formulevorm kun je dit zo schrijven:

$$N_{\text{angulair}} = \frac{\text{Gezichtshoek oog met lens}}{\text{Gezichtshoek oog zonder lens}} = \frac{\beta}{\alpha_{\max}}$$

(angulus betekent hoek in het Latijn).

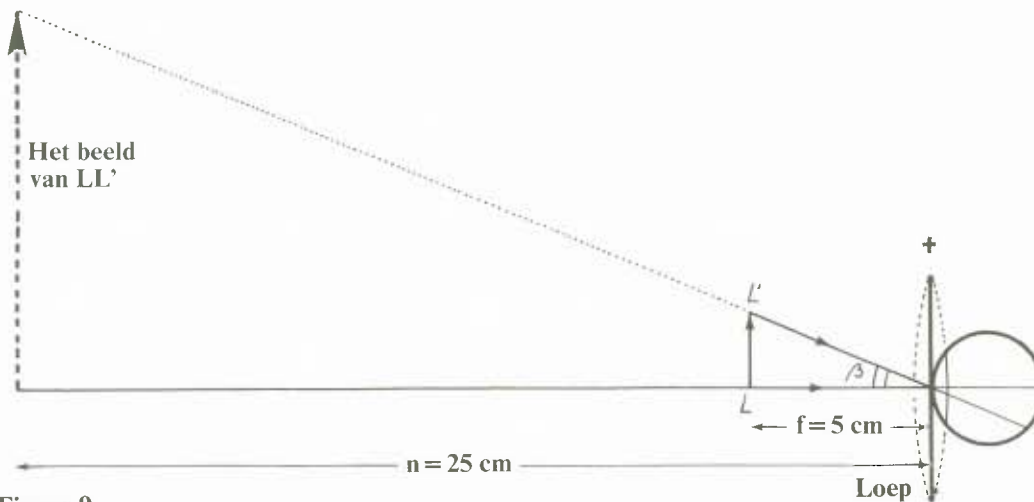
Omdat je de hoeken α en β niet gemakkelijk kunt meten, gaan we proberen voor N_{angulair} een andere formule te vinden, waarmee we wel eenvoudig kunnen werken.

Hieronder zie je een tekening van een voorwerp op 25 cm afstand van het oog. Het oog is maximaal geakkommodeerd.



Figuur 8

Hieronder zie je een tekening van een voorwerp op brandpuntafstand ($f = 5$ cm) voor de loep. Het oog is niet geakkommodeerd.



Figuur 9

De verhouding van de hoeken α en β wordt bepaald door de verhouding tussen de nabijheidsafstand (n) en de brandpuntafstand (f).

De vergroting wordt dus bepaald door de verhouding van n en f .

In formulevorm geldt:

$$N_{\text{angulair}} = \frac{\beta}{\alpha_{\max}} = \frac{n}{f}$$

Je kunt de hoekvergroting berekenen zonder een proef te doen.

Als je de nabijheidsafstand van je oog en de brandpuntafstand van de lens maar weet.

Opdracht 3

Bepaal de brandpuntafstand f van de lens.

Bereken nu N_{angulair} , als je voor de nabijheidsafstand de waarde 25 cm neemt.

Vergelijk de berekende uitkomst met de gemeten waarde.

Klopt het?

Als je de tangens kent!

Voor niet al te grote hoeken mag $\frac{\beta}{\alpha_{\max}}$

vervallen worden door $\frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha_{\max}}$, omdat

de tangens dan evenredig is met de hoek. Ga dit na door de hoeken van 5° , 10° , 15° , 20° .

Uit figuur 8 blijkt: $\text{tg } \alpha_{\max} = \frac{LL'}{n}$

Uit figuur 9 blijkt: $\text{tg } \beta = \frac{LL'}{f}$

Dan geldt voor de hoekvergroting:

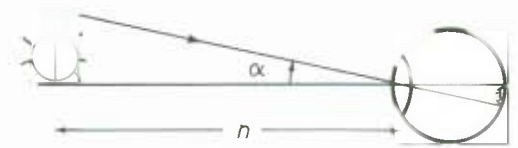
$$N_{\text{angulair}} = \frac{\text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha_{\max}} = \frac{\frac{LL'}{f}}{\frac{LL'}{n}} = \frac{n}{f}$$

Mikroskoop

Inleiding

Een voorwerp zie je zo duidelijk mogelijk (met veel details), als je het op de nabijheidsafstand n van je oog houdt (zie blad 102).

De gezichtshoek α is dan het grootst (zie figuur 1). Maar een héél klein beetje zie je zelfs dan nog niet duidelijk genoeg. Met een mikroskoop kun je veel meer details zien. Hoe komt dat?



Figuur 1

Proef 1

Benodigdheden:

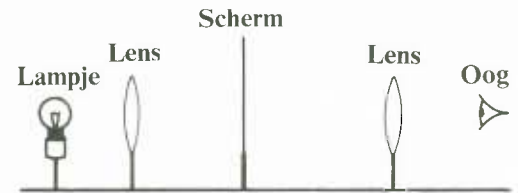
- twee positieve lenzen ($f = 5\text{ cm}$ en $f = 10\text{ cm}$).
- optische rail + liniaal + scherm (van matglas of transparantpapier).
- helder gloeilampje (6V) + spanningskast.

- Plaats de twee lenzen achter elkaar op de rail met het scherm ertussen (zie figuur 2).
- Plaats de voorste lens zo, dat op het scherm een vergroot beeld van de gloeidraad van de lamp wordt afgebeeld.

- Kijk nu door de achterste lens naar het beeld op het scherm. Verschuif deze lens totdat je een scherp beeld ziet.

Haal nu het scherm weg.

- Verschuif deze (achterste) lens, totdat je een vergroot beeld door de lens ziet. Je hebt nu het principe van de mikroskoop ondekt!



Figuur 2

Principe van een mikroskoop.

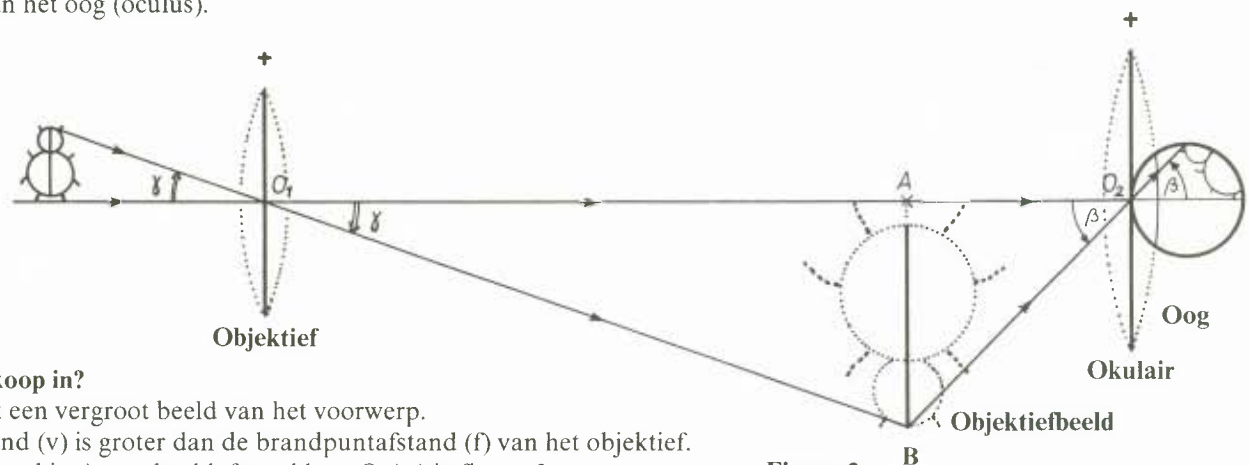
Van een heel klein beestje wordt met een positieve lens een vergroot beeld gemaakt (deze lens noemen we het objektief van de mikroskoop).

Dit vergrote beeld bekijk je onder een grote hoek met een loep (deze lens noemen we het okulair van de mikroskoop).

- Op deze manier is hoek β groter dan hoek α (zie figuur 1 en 3). Je ziet dus meer details.
- Eigenlijk bekijk je niet het (heel kleine) beestje, maar het vergrote beeld van het beestje.

Een mikroskoop bestaat dus in principe uit twee lenzen.

In figuur 3 zie je dat het objektief aan de kant zit van het voorwerp (objekt) en het okulair aan de kant van het oog (oculus).



Figuur 3

Hoe stel je de mikroskoop in?

- Het objektief vormt een vergroot beeld van het voorwerp.

Dus de voorwerpafstand (v) is groter dan de brandpuntafstand (f) van het objektief.

Het beeld wordt gevormd in A met beeldafstand $b = O_1A$ (zie figuur 3).

Voor het objektief geldt de lenzenformule:

$$\frac{1}{f_{ob}} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{f_{ob}} - \frac{1}{v}$$

Je kunt b dus berekenen, als je f_{ob} en v weet.

- Het objektief beeld (zie AB in figuur 3) bekijk je met het okulair als loep zonder te akkommoderen.

Vraag 1

Je wilt zonder te akkommoderen door het okulair kijken.

Waar moet dan het objektiefbeeld (AB) staan ten opzichte van het okulair?

(zie ook blad 102)

Konklusie.

Een mikroskoop moet je zò instellen dat de afstand objektief-okulair ($O_1 O_2$) gelijk is aan beeldafstand plus de brandpuntafstand van het okulair.

In formulevorm:

$$O_1 O_2 = b + f_{ok}$$

De hoekvergroting van een mikroskoop.

Met een mikroskoop vergroot je eigenlijk twee maal! Eerst met het objektief en daarna met het okulair. De uiteindelijke vergroting is dan:

$$N_{\text{mikroskoop}} = N_{ob} \times N_{ok} = N_{\text{mikroskoop}} = \frac{b}{v} \cdot \frac{n}{f_{ok}}$$

(zie ook blad 102 voor N_{ok}).

Proef 2

Benodigdheden:

- twee positieve lenzen ($f = 5\text{ cm}$ en $f = 10\text{ cm}$);
- optische rail + scherm (van matglas of transparantpapier);
- lamp met geodriehoek ervoor;
- liniaal.

a Plaats de lenzen achter elkaar en het scherm er tussen (zie figuur 4).

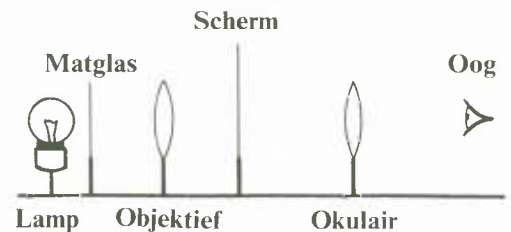
b Welke lens gebruik je als objektief?

c Maak van de centimeter-schaalverdeling van een geodriehoek een vergroot beeld op het scherm.

d Haal het scherm weg en kijk door het okulair; verschuif het totdat je een vergroot (scherp) beeld ziet.

e Schat de hoekvergroting van de mikroskoop door met het ene oog dóór de mikroskoop te kijken en met de andere erlangs.

De vergroting is



Figuur 4

Vraag 2

Is de afstand objektief-okulair van jouw mikroskoop gelijk aan $b + f_{ok}$? Verklaar een eventueel verschil.

Vraag 3

Bereken de hoekvergroting $N_{\text{mikroskoop}} = \frac{b}{v} \cdot \frac{n}{f_{ok}}$ (neem $n = 25\text{ cm}$).

Klopt dit met wat je vindt in de proef?

Proef 3

Bij een praktikummikroskoop staat zowel op het objektief als op het okulair de vergroting aangegeven.

a Bekijk een stukje millimeter-papier onder de mikroskoop bij de kleinste vergroting. Kijk met één oog door de mikroskoop en met het andere oog langs de mikroskoop naar het papier.

Schat de hoekvergroting. De geschatte waarde is

b Bereken de hoekvergroting. De berekende waarde is

Klopt het?

Verrekijker en mikroskoop

Inleiding.

In het extra stofblad 101 heb je kunnen zien hoe je voorwerpen met een loep beter kunt bekijken. In dit extra stofblad gaan we na hoe de verrekijker (sterrekijker) opgebouwd is.

Voorwerpen die erg klein zijn, zodat je met een loep daar nog niet veel aan kan zien, kun je bekijken met een mikroskoop. We zullen ook nagaan hoe een mikroskoop in elkaar zit.

Vraag 1

Wat verstaan we onder de gezichtshoek? (Zie eventueel blad 101).

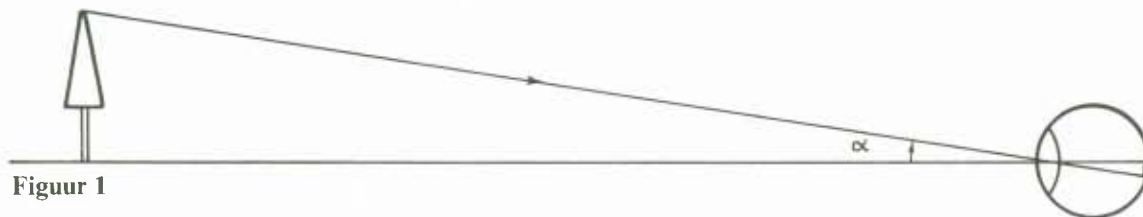
Vraag 2

Wanneer zien we een voorwerp het duidelijkst (Zie eventueel blad 101).

A

De verrekijker.

Bij het bekijken van een voorwerp door een verrekijker lijkt het alsof het voorwerp dichterbij staat. Hoe komt dat? Het beeld dat met behulp van de kijker gevormd wordt komt op meer netvliescellen terecht. Het gevolg is dat je meer details kunt onderscheiden.



Figuur 1



Figuur 2

Als je figuur 1 vergelijkt met figuur 2 dan zie je dat het beeld op meer netvliescellen komt, als het voorwerp dichterbij staat.

Proef 1

Benodigdheden:

- twee positieve lenzen in een houder (de brandpuntafstanden moeten verschillend zijn);
- een scherm, liefst van matglas.

Kijk eens door één van beide lenzen naar een ver verwijderd voorwerp op zodanige afstand van je oog, dat je het voorwerp scherp en zo groot mogelijk kan waarnemen. Neem hiervoor een ver verwijderd voorwerp buiten.

Vraag 3

Vind je dat je nu meer details van het voorwerp kunt waarnemen dan zonder lens, met andere woorden, zie je het voorwerp onder een grotere hoek?

Vraag 4

Zou je een verrekijker kunnen maken die slechts uit één lens bestaat?

Proef 2

Ontwerp met behulp van dezelfde lens een beeld van hetzelfde voorwerp op het scherm (zie tekening van figuur 3).

Ver verwijderd voorwerp



Figuur 3

Vraag 5

Neem je nu meer, minder of net zoveel details waar als bij proef 1?

Proef 3

Door met een loep een beeld op het scherm waar te nemen, kun je meer details van het beeld waarnemen. Projekteer met behulp van de lens met de **grootste** brandpuntafstand een beeld op het scherm.

Plaats de andere lens op brandpuntafstand achter het scherm en bekijk het beeld door deze lens. (Als het scherm ondoorzichtig is, kan dit natuurlijk niet.)

Haal het scherm weg en kijk nog eens.

Vraag 6

Neem je meer of minder details waar dan in één van de voorafgaande proeven of net zoveel?

Vraag 7

En als je het vergelijkt met hetgeen je ziet als je naar het voorwerp kijkt zonder gebruik te maken van enig optisch middel (behalve eventueel je bril)?

Proef 4

Projekteer nu met behulp van de lens met de **kleinste** brandpuntafstand een beeld op het scherm.

Plaats de andere lens op brandpuntafstand achter het scherm en bekijk het beeld door deze lens.

Haal het scherm weg en kijk nog eens.

Vraag 8

Welk verschil merk je op tussen proef 3 en proef 4?

Konklusie.

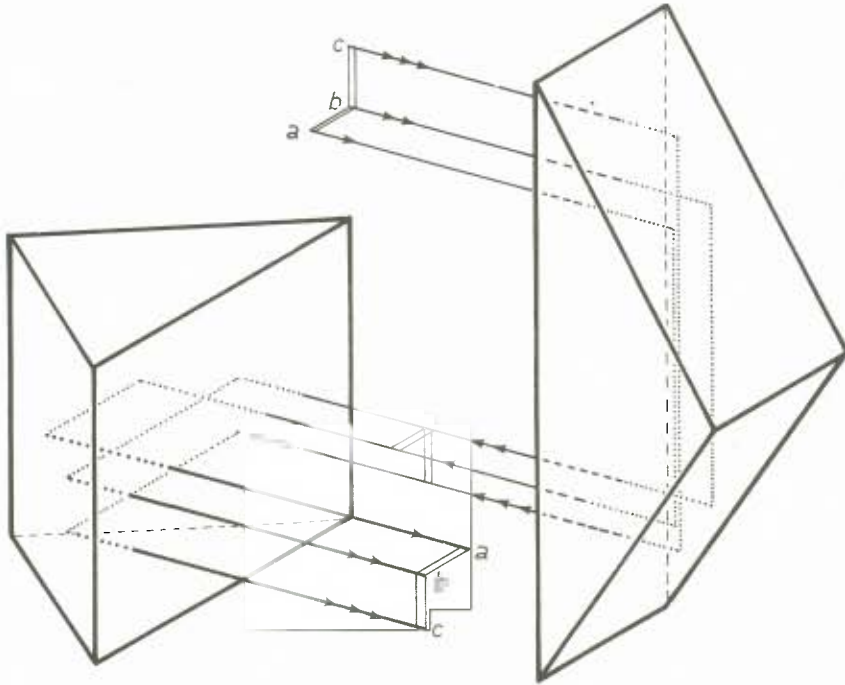
Een verrekijker bestaat uit twee lenzen, met verschillende brandpuntafstanden.

De lens met de grootste/kleinste (het foute antwoord doorstrepen) brandpuntafstand bevindt zich het dichtst bij het oog.

De lens met de grootste brandpuntafstand haalt het voorwerp dichterbij door er een omgekeerd beeld van te ontwerpen; deze lens heet het objektief (objekt = voorwerp). Dit beeld bekijken we dan met een loep, die een kleine brandpuntafstand heeft; deze lens heet het okulair (oculus = oog), omdat deze zich het dichtst bij je oog bevindt.

Een toepassing: de prismakijker.

Zonder extra voorzieningen neem je met de hiervoor beschreven kijker een beeld waar, waarbij zowel onder en boven als links en rechts verwisseld zijn. Je kunt dit weer goed maken door tussen het objektief en het okulaire twee prisma's te plaatsen op de manier zoals in figuur 4 is aangegeven. In de figuur zijn drie lichtstralen a, b en c getekend. Je kunt vaststellen dat inderdaad de beoogde wisseling tot stand komt. Bovendien heeft het gebruik van prisma's het voordeel dat de lichtweg 'opgevouwen' wordt, waardoor bij eenzelfde vergroting, de kijker groter, dus handzamer, kan zijn dan een kijker zonder prisma's. Deze kijkers worden prismakijkers genoemd.



Getallen op kijkers.

Op de prismakijker kun je bijvoorbeeld de volgende getallen aantreffen: $7\times$ 35 en 'Field' $7,1^\circ$.

Het getal $7\times$ geeft aan dat je door deze kijker een ver verwijderd voorwerp onder een hoek ziet die $7\times$ groter is dan zonder kijker.

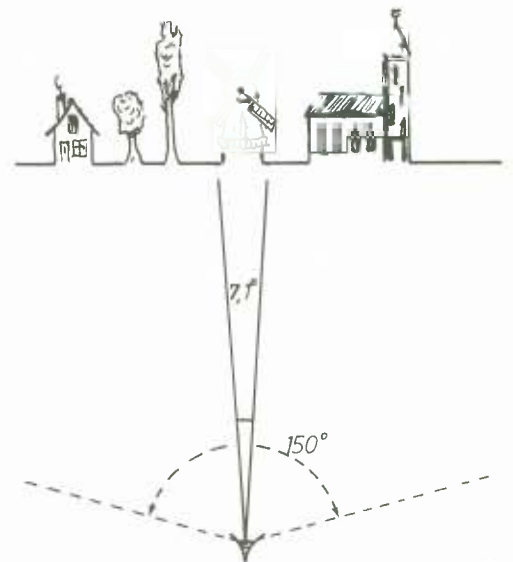
Als je een voorwerp ziet onder een grotere hoek, dan bedekt het beeld ook meer netvliescellen. Als de diameter van de eerste lens van de kijker (het objektief) net zo groot zou zijn als de diameter van de lensopening van het oog, dan zou dezelfde hoeveelheid licht via de kijker over een groter netvlies-oppervlak verdeeld worden, vergeleken met het geval dat je met het blote oog het voorwerp zou zien. We zouden bij gebruik van deze kijker een lichtzwak beeld waarnemen. Daarom is het prettig als de diameter van het objektief groter is, zodat meer licht in je oog valt en het beeld op het netvlies lichtsterker is. Bij de genoemde verrekijker was de diameter 35 mm, dit is de betekenis van het getal 35.

'Field' $7,1^\circ$ betekent dat het gezichtsveld $7,1^\circ$ bedraagt als je door deze kijker kijkt. Het gezichtsveld geeft de begrenzing aan waarbinnen je iets kunt zien. Bij de kijker heeft die begrenzing de vorm van een kegel die bij deze kijker een tophoek van $7,1^\circ$ heeft. Ter vergelijking: het gezichtsveld van het oog zonder optisch instrument bedraagt circa 150° in het horizontale vlak en circa 130° in het verticale vlak (als je tenminste rechtop staat).

Figuur 4

Je kunt met een verrekijker veel minder voorwerpen tegelijk zien, omdat elk voorwerp een groter deel van het netvlies vult.

Wanneer je bijvoorbeeld naar de horizon kijkt, zie je tegelijk veel voorwerpen, bijvoorbeeld een kerk, bomen, een molen, enzovoort. Door de kijker zie je dan óf alleen de molen, óf alleen de kerk, enzovoort. (Zie de tekening hiernaast.)



Figuur 5

Vraag 9

Bepaal het gezichtsveld van je oog. Houdt je hoofd en je oog stil.

Vraag 10

Kijk ook eens wat het gezichtsveld is, als je wel je oog beweegt.

Vraag 11

Bepaal het gezichtsveld van de verrekijker.

De mikroskoop.

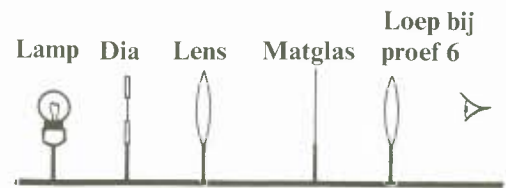
Proef 5

Benodigdheden:

- twee positieve lenzen in een houder (het kunnen dezelfde zijn als bij de verrekijker);
- een dia, verlicht;
- een scherm liefst van matglas.

Maak met behulp van een positieve lens een afbeelding van de dia op het scherm. Zorg voor een zo groot mogelijk beeld, in ieder geval moet het een vergroot beeld worden, maar het scherm moet niet te ver weg staan.

Je krijgt het beste resultaat als je dia met een felle lamp belicht (zie ook figuur 6).



Figuur 6

Vraag 12

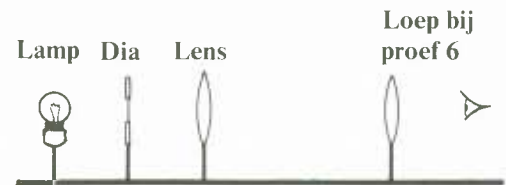
Zijn er meer details waar te nemen dan zonder lens?

Vraag 13

Als je het beeld op het matglas bekijkt, is je oog dan geakkommodeerd of niet?

Proef 6

Bekijk het beeld met een loep. (Plaats een positieve lens achter het matglazen scherm.) Haal vervolgens het scherm weg en kijk nogmaals (zie figuur 7).



Figuur 7

Vraag 14

Zijn er meer details waar te nemen dan bij proef 5?

Vraag 15

Waar moet het beeld dat door het objectief is gevormd zich bevinden om zonder akkommoderen bekeken te kunnen worden?

Er vindt dus tweemaal vergroting plaats, éénmaal door de eerste lens, het objectief, die voor een vergrote afbeelding van het voorwerp zorgt. Met de tweede lens, het okulair, bekijk je de afbeelding onder een grotere hoek dan zonder lens.

Bij een mikroskoop staan zowel op het objectief als op het okulair de vergroting aangegeven. Het produkt van die twee getallen geeft de totale hoekvergroting van die instelling van die mikroskoop.

Voorbeeld: Op het gebruikte okulair staat $15\times$, op het objectief $10\times$, dan is de totale hoekvergroting $150\times$.

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.

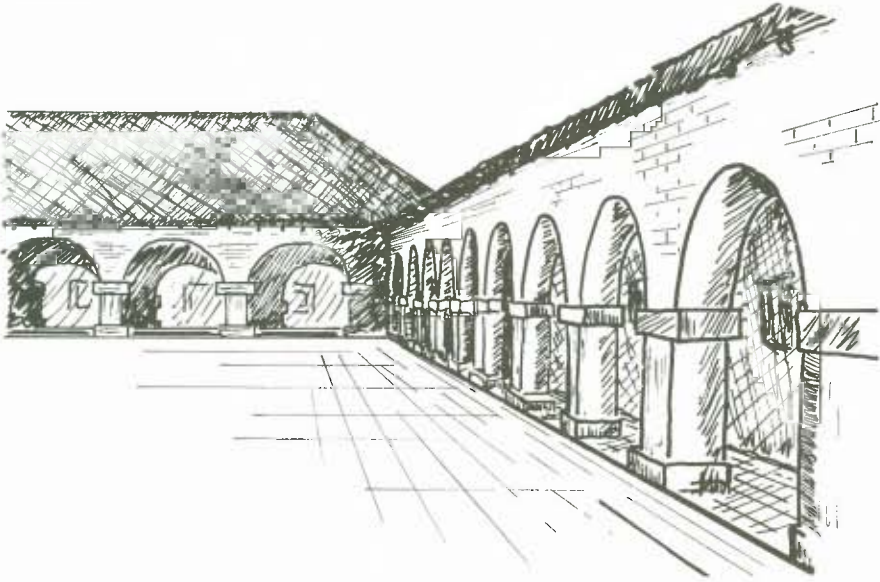
Van het laatste komen er een paar voorbeelden. Misschien is ook wel leuk om iets te weten van de, toch wel erg ingewikkelde manier, waarop onze hersens reageren op de prikkels van ons oog. Eigenlijk is het een klein stukje psychologie, maar wel leuk om te weten.

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 is en iets wat vierkant is. Al vroeg ontwikkelen zich in onze hersens allerlei vaste patronen, waardoor we voorwerpen die we zien, ook direkt 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.



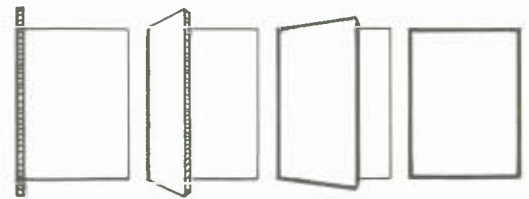
Konstantheid van vorm van een voorwerp:

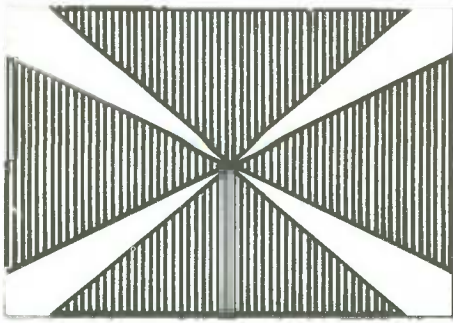
Als er een deur of raam opengaat waar we recht tegenaan kijken, verandert de vorm die we zien van rechthoekig via trapeziumvormig naar een verticale lijn als we tegen de dikte aankijken. Toch zien we niet de vorm van het raam veranderen maar we zeggen: dat is gewoon steeds hetzelfde raam, maar het draait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

Een tekening zoals hiernaast suggereert dus dat zijkant a dichterbij 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 $4\times$ 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!





Tekening 1



Tekening 2

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 wel de kubus van 9 cm.

Konstantheid van plaats:

Als we ons hoofd draaien zien we alles om ons heen niet 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 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 een 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.

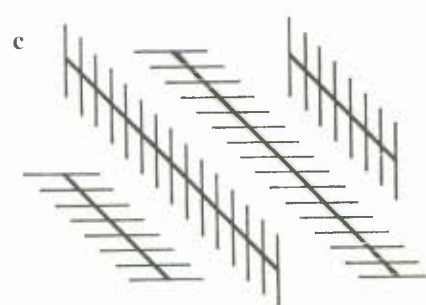
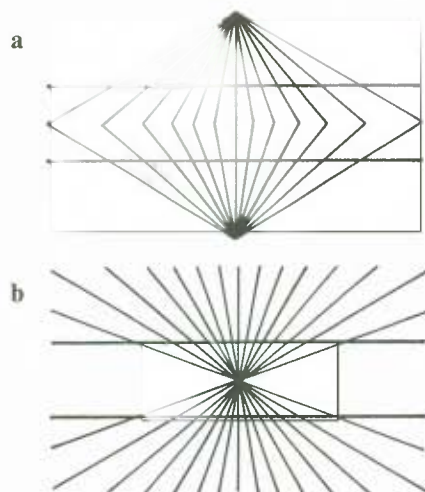
De plaatjes bij 3 a en b laten duidelijk zien dat we een soort ordening aanbrengen bij het kijken. We 'zien' sommige dingen bij elkaar horen. Toch zie je in tekening b dat je die waarneming kunt veranderen door een paar horizontale streepjes aan te brengen. De verticale staan op dezelfde plaats. Nu staat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

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

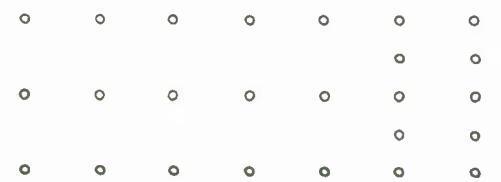
Lijnen die continu verlopen geven ook structuur bij het kijken. In tekening 6 lijkt het patroon te zijn opgebouwd uit de twee figuren van 6b en niet uit de twee figuren van 6c. Dat lijkt op het eerste gezicht wel logisch, toch is dat een automatisch proces in de hersenen. Het feit, dat we ons al deze 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.

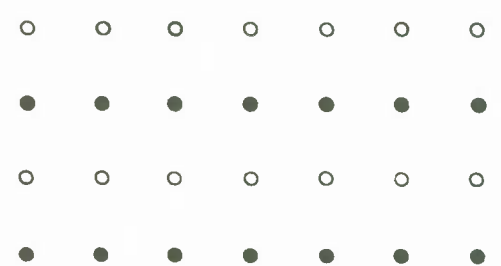
Hieronder staan een aantal – bekende – voorbeelden. In a en b zijn de horizontale lijnen evenwijdig; de lange diagonale lijnen in c zijn ook evenwijdig en de lijnen 1 en 2 in d en e even lang.



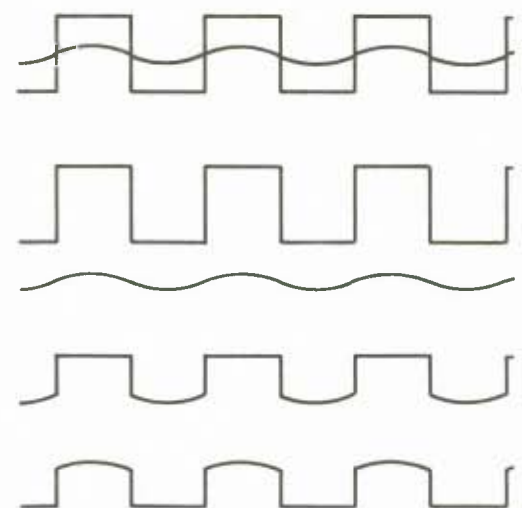
Tekening 3



Tekening 4

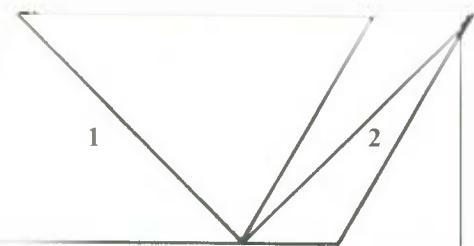


Tekening 5

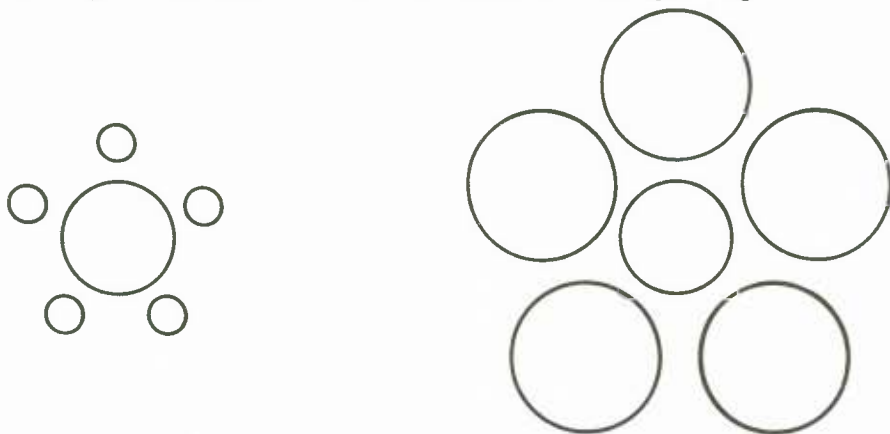


Tekening 6

$a = b1 + b2$ maar ook $a = c1 + c2$



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

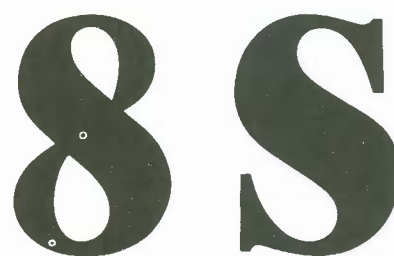


Dat brengt ons bij een bekend probleem, dat in de astronomie al honderden jaren bekend is — de **maan illusie**: het feit dat de maan bij de horizon groter lijkt dan recht boven je hoofd. Je kunt dat zelf wel eens nagaan op een heldere avond.

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 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.



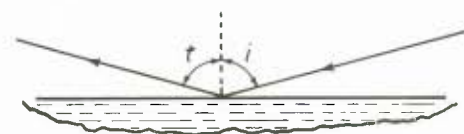
Het licht van de hemel wordt door de plas weerkaatst, omdat het zo plat — dat wil zeggen onder een heel kleine hoek — op het wateroppervlak valt. Dan gedraagt het wateroppervlak zich als een spiegel, waarbij de hoek van inval = hoek van terugkaatsing.

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

Nu bij een droge asfaltweg bij warm weer:

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.

Zoals je weet heeft hete lucht een veel kleinere dichtheid dan koude lucht — dat komt omdat die lucht is uitgezet en de afstand tussen de molekulen veel groter is geworden. Als je je nu nog kunt herinneren wat er gebeurde met lichtstralen in de holle cilinder in P1 van de basisstof, dan kun je zelf de rest wel verklaren.



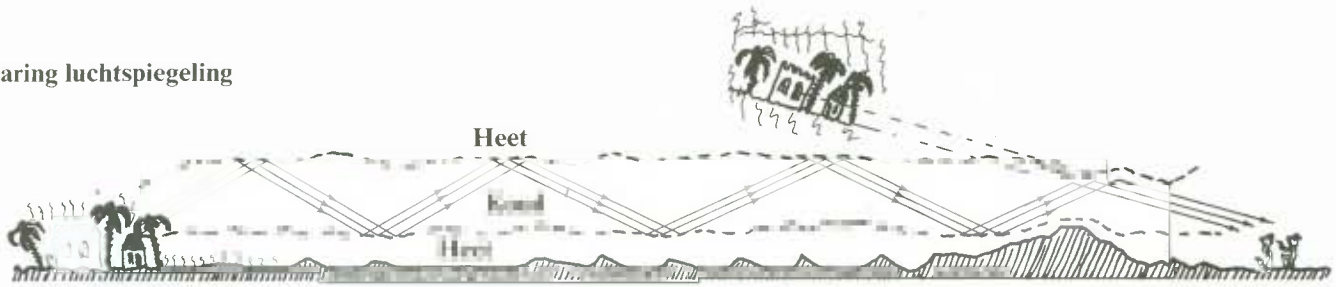
Teken zelf hoe de lichtstralen bij het grensvlak verder gaan.

Kun je nu een verklaring geven wat je ziet, als je naar heet asfalt in de verte kijkt, en waarom dat lijkt op plassen water?



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 detectives 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

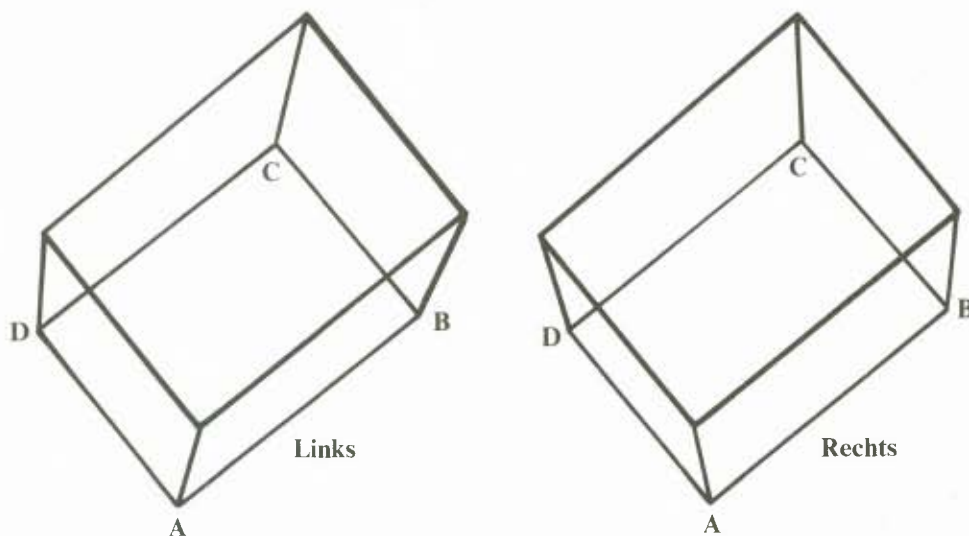
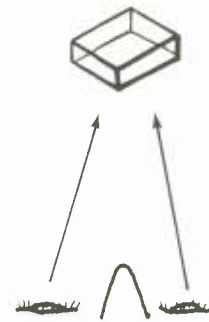


Wil je meer weten van luchtspiegelingen, kijk dan in 'Kijk' no. 00, 1977.

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, één in je linker- en één in je rechterhand. 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 één oog dicht, lukt het niet!

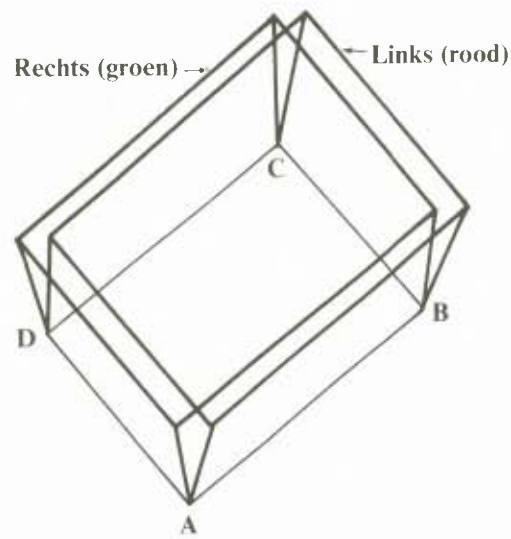
Het blijkt dat je met een oog geen afstanden kunt schatten. Een erg ingenieus 'proces' in de hersenen zorgt ervoor dat het met twee ogen wél lukt. De beelden die op het netvlies komen, zijn in het algemeen verschillend. Dat komt omdat je ogen $\pm 6,5$ cm uit elkaar staan en dus vanuit een andere hoek 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 zo 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 rechtertekening te zien, dan verschijnt de doos als ruimtelijk voorwerp.

Daarvoor bestaat 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 (zie pagina hieronder) 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.

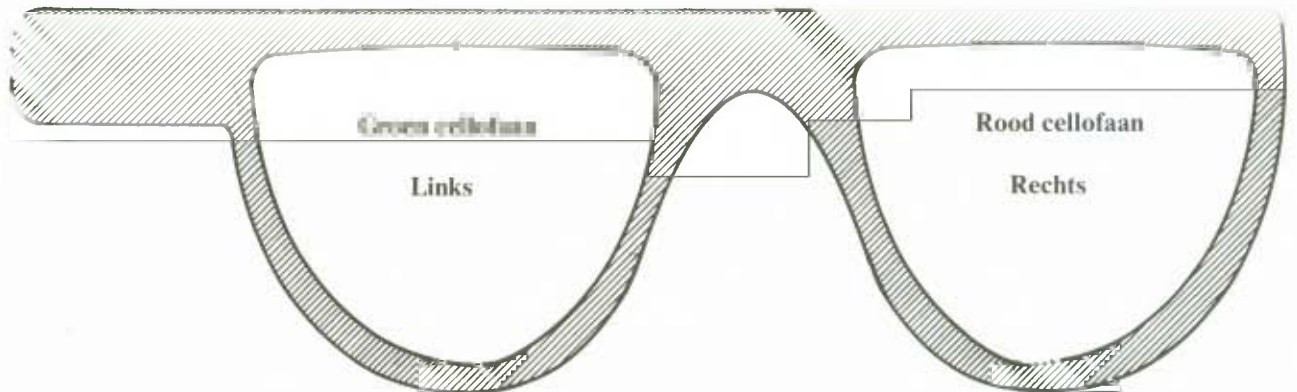
Wel volhouden als het niet direkt lukt. Een aantal keren snel knippen met je ogen helpt soms wel.

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 dan die na te tekenen.

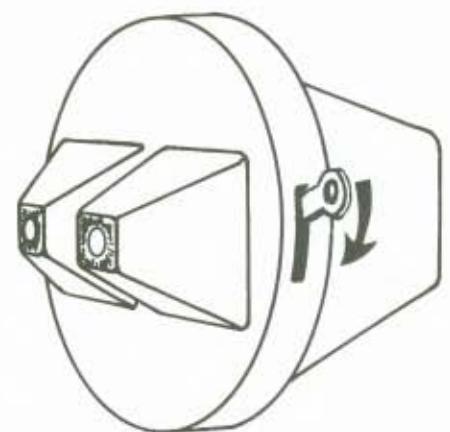
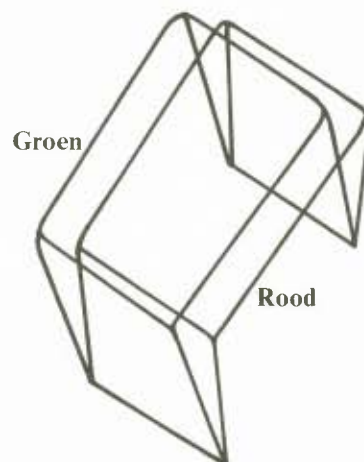
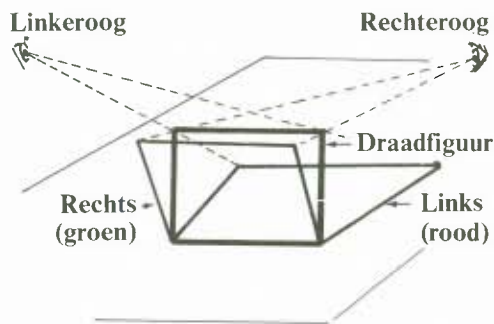
Daarvoor moet je ze op een vel papier zetten, één oog dicht doen en heel nauwkeurig natekenen wat je dan ziet.

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 met allemaal dia's aan de rand stopt. 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 complete 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

Lensafwijkingen

De beeldvorming bij lenzen blijkt te voldoen aan heel bepaalde regels. Als je blad 93 van blok 11 hebt gedaan, ken je zelfs de zogenaamde **lenzenformule**, die aangeeft hoe het verband is tussen voorwerpsafstand, beeldafstand en de brandpuntafstand.

Dit klinkt eenvoudiger dan het is.

Waarom is een goede lens zo duur? De lenzen die je op school gebruikt kosten hooguit enkele tientjes, maar er kunnen dan ook afbeeldingsfouten optreden. We zullen twee lensafwijkingen die hiervoor zorgen nader onderzoeken.

Proef 1

Neem een vergrootglas en kijk er door naar deze bladzijde. Wat zie je als je aan de rand van het glas door de loep kijkt?

Proef 2

Kijk eens schuin in de lens van een overheadprojector. Wat zie je aan de randen?

Proef 3

Laat bijvoorbeeld met behulp van een lichtkastje twee lichtstralen (niet te dicht bij elkaar) op een lens vallen met $f \approx 10$ cm (zie figuur 1).

Bepaal het snijpunt van de gebroken lichtstralen, als je een blauw filter in de bundel houdt.

Vervang het blauwe filter door een rood filter **zonder verder iets te verschuiven** en bepaal weer het snijpunt van de gebroken stralen.

Vragen.

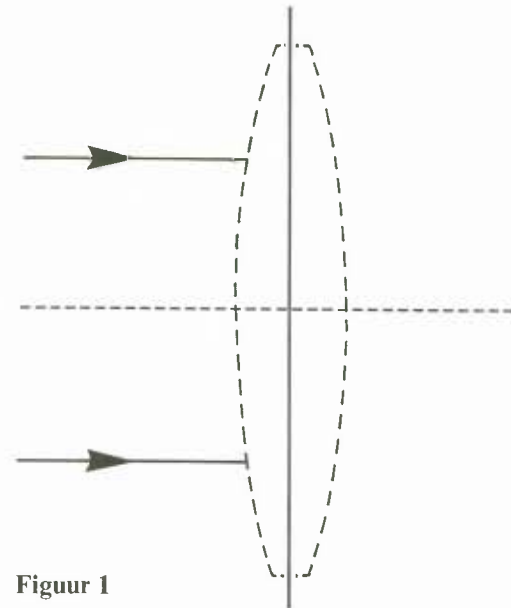
1
Wat valt je op aan de beide snijpunten?

2
Welke kleur licht wordt het sterkst gebroken?

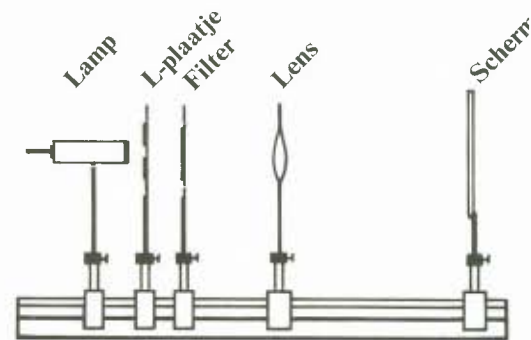
De gevonden afwijking noemen we **chromatische aberratie** (chroma = kleur, aberratie = afwijking).

3
Hoe kun je deze afwijking merken als je van een lichtgevend voorwerp een beeld ontwerpt op een scherm?

4
Iemand ontwerpt van een lichtgevend voorwerp een scherp beeld op een scherm (zie figuur 2). In de lichtbundel is voor de lens een blauw filter geplaatst. Hij vervangt het blauwe filter door een rood filter. Moet hij het scherm nu naar de lens toe of van de lens af schuiven om weer een scherp beeld te krijgen. Leg uit!



Figuur 1



Figuur 2

Proef 4

Neem een lens met een kleine brandpuntafstand ($f \approx 4$ cm).

Laat een bundel van minstens vijf evenwijdige lichtstralen over de volle breedte van de lens invallen (zie figuur 3).

Teken het verloop van de lichtstralen op een ander stuk papier.

5

Gaan de stralen achter de lens door één punt?

6

Welk verschil merk je op tussen de randstralen (a en f) en de stralen die door het centrum van de lens gaan (c en d)?

De gevonden afwijking heet **sferische aberratie**. Hierbij worden de randstralen sterker gebroken dan de stralen door het centrum van de lens.

7

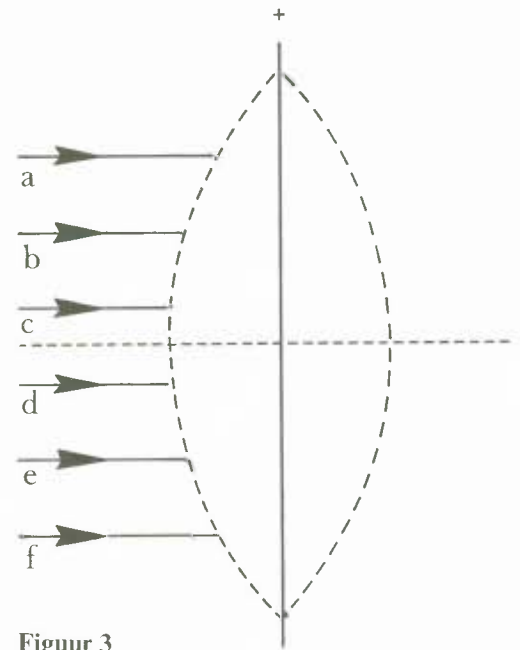
Iemand doet de volgende proef: hij plaatst achter elkaar een diafragma, een positieve lens en een scherm.

Bij gebruik van diafragma A ontstaat een scherp beeld als het scherm 15 cm achter de lens staat.

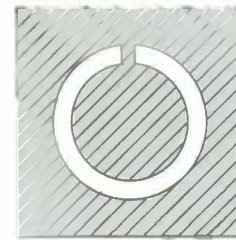
Hoe verandert deze afstand als diafragma A wordt vervangen door diafragma B, terwijl de afstand van het diafragma tot de lens in beide gevallen hetzelfde is? Leg uit!

Onderzoek.

Onderzoek of de mate waarin de twee genoemde afwijkingen optreden, afhangt van de sterkte van de lens. Schrijf precies op wat je gedaan hebt en welke konklusies je hebt getrokken.

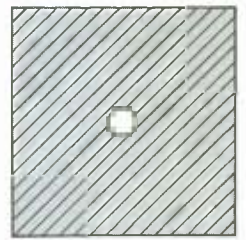


Figuur 3



Diafragma A

Figuur 4



Diafragma B

