

## §2 Terugkaatsing en breking

### Instapvragen bij §2

Hoeveel weet je al van de onderstaande vragen? Noteer je voorlopig antwoord.

- Voorwerpen die geen licht geven kunnen we toch zien. Hoe komt dat?

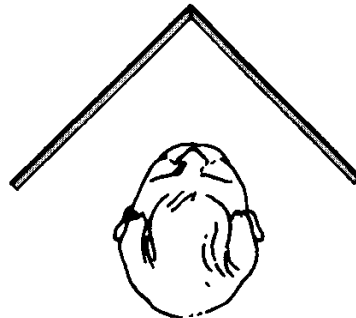
- Hoe komt het dat we een spiegelbeeld kunnen zien? Waar zit dat spiegelbeeld eigenlijk?

- Hoe komt het dat voorwerpen die (gedeeltelijk) onder water zijn er anders uitzien?

### Probleem 1 - Spiegeltje, spiegeltje

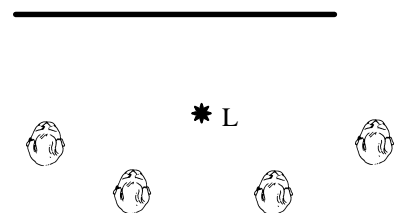
1. Een grote spiegel staat opgesteld voor de klas. Vlak voor de spiegel staat een voorwerp. Omschrijf zo nauwkeurig mogelijk waar het spiegelbeeld van het voorwerp zich bevindt. Gebruik daarbij zonnodig een tekening.

2. Twee spiegels maken een hoek van  $90^\circ$  met elkaar. Hoeveel spiegelbeelden kun je dan zien?



3. Voorspel ook hoeveel spiegelbeelden er zullen zijn als de hoek tussen de spiegels  $60^\circ$  is.

4. Een lamp L staat voor een spiegel. Ziet iedereen het spiegelbeeld van de lamp op dezelfde plek?



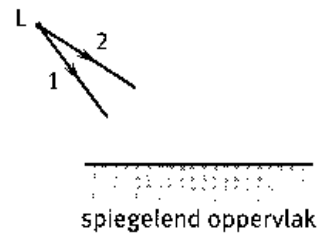
**Theorie §2: lichtbundels en terugkaatsing**

Lees blz. 59 t/m 62 grondig door. Daarin komt een aantal begrippen en formules voor. Omschrijf in je eigen woorden wat er met die begrippen bedoeld wordt.

Divergente en convergente lichtbundels	
Spiegelende terugkaatsing	
Invals- en terugkaatsingshoek	
Spiegelbeeld	
Terugkaatsingswet $i = t$	

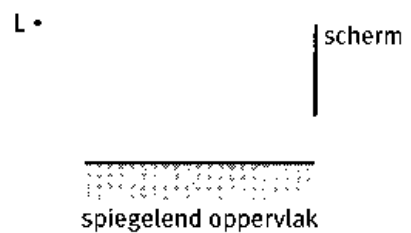
**Opgaven**

- 1 Op een van de ruimtevluchten naar de maan heeft men op het maanoppervlak een reflector achtergelaten. Vanaf de aarde kan men nu met een laser de afsta tot de maan nauwkeurig bepalen.
- a Leg uit hoe men die afstand bepaalt: wat wordt er gemeten en hoe wordt daarmee de afstand tussen de aarde en de maan bepaald?



**Figuur 3**

- b Waarom wordt voor deze afstandsbeplating een laser gebruikt en niet een andere sterke lichtbron?



**Figuur 4**

- 2 In figuur 3 staat een puntvormige lichtbron L voor een spiegel. Teken in figuur 3 het verdere verloop van de twee getekende lichtstralen.
- 3 In figuur 4 staan een puntvormige lichtbron L en een scherm voor een spiegel. Teken in figuur 4 de twee lichtbundels die vanuit L op het scherm invallen.

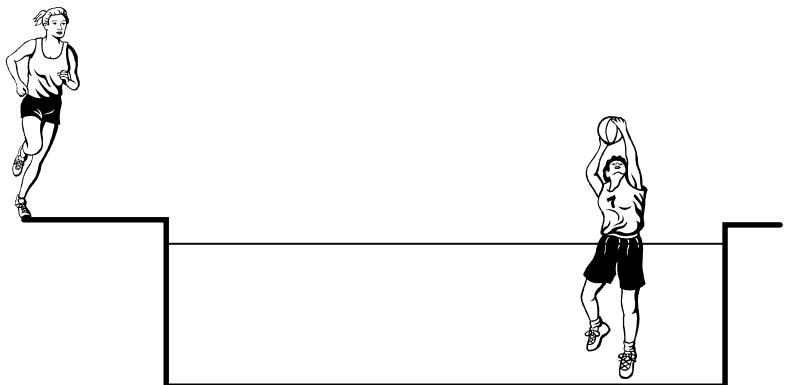
### Probleem 2 - Wat doet een spiegel.

- Op een overheadsheet schrijf je een woord, b.v. SPIEGEL. De sheet houd je voor een spiegel, zodanig dat je het woord kunt lezen. Wat zie je nu in de spiegel? Omcirkel je voorspelling.
  - Het normaal leesbare woord
  - Het woord in spiegelbeeld
  - Het woord in spiegelbeeld en achterstevoren
  - Het woord op zijn kop
- In de winkel sta je voor een pas-spiegel, om te kijken of de broek wel lang genoeg is. Moet de spiegel dan helemaal tot aan de grond doorlopen? Hoe lang moet een pas-spiegel tenminste zijn om je spiegelbeeld helemaal te kunnen zien? Omcirkel je voorspelling.
  - Minstens zo lang als jezelf, van de grond tot de bovenkant van je hoofd.
  - Tenminste de helft van de lengte van je lichaam.
  - Dat hangt af van de afstand tot de spiegel: hoe verder je van de spiegel staat des te minder zie je van je eigen lichaam.
  - Hoe verder je van de spiegel staat des te meer zie je van je eigen lichaam.
- Als je voor een spiegel staat en je krabt aan je linker oor, dan krabt je spiegelbeeld aan zijn/haar rechter oor. De spiegel wisselt dus links en rechts om. Maar dat geldt niet voor boven en onder. Hoe kan dat?

### Probleem 3 - In het zwembad

Je staat tot je middel in het zwembad. Zoals altijd doe je je best om op te vallen door een beetje stoer te doen. Dat valt niet mee, want iemand die vanaf de kant naar je kijkt ziet het onderste gedeelte van je lichaam heel anders dan normaal.

- Op welke manier ziet het gedeelte dat onder water is er anders uit? Omcirkel je voorspelling.
  - breder
  - smaller
  - langer
  - korter
- Hoe groot is die verandering (maak een schatting in %)?



### Demonstratie

Onderzoek het verschijnsel met behulp van een bak water en twee gelijke voorwerpen (bijvoorbeeld twee poppen). Controleer of je voorspelling klopt.

### Vervolgopdracht

Leg uit hoe het komt dat het gedeelte onder water er anders uitziet.

## Theorie §2: Lichtbreking

Lees de theorie van blz 63 t/m 68. Noteer wat de onderstaande begrippen betekenen.

Invalshoek, brekingshoek	
Breking naar de normaal toe	
Breking van de normaal af	
Brekingsindex	
Kleurschifting	
Totale terugkaatsing	

### Formulelijst

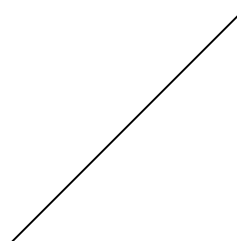
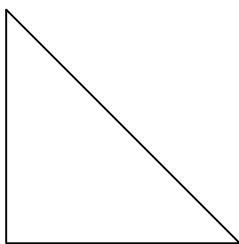
Noteer bij de onderstaande formules:

- Wat betekent elk symbool?
- Welke eenheid hoort bij elk symbool?
- Wanneer kun je de formule toepassen?

$\frac{\sin i}{\sin r} = n$	
$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$	
$\sin g = \frac{1}{n}$	

### Experiment 1 - Lichtkastje, prisma en perspex blok

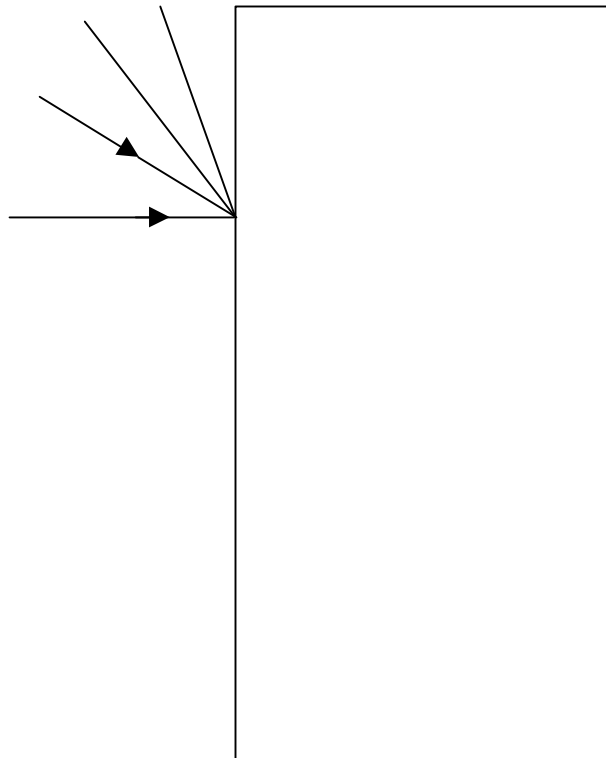
- A** Een prisma wordt op twee manieren gebruikt: je kunt ermee om een hoekje kijken (in een periscoop of een verrekijker) en je kunt er een spectrum (een regenboog) mee maken. Gebruik voor de volgende onderzoeken zo nodig een lichtkastje en maak een tekening.



- Hoe kun je met een prisma om de hoek kijken? Teken de lichtstraal in het linkerprisma
- Hoe kun je met een prisma een spectrum maken? Teken de lichtstraal in het rechterprisma.

**B** De richting van een lichtstraal verandert als het door glas of perspex gaat. Laat de lichtstraal door het perspex blok gaan, en er aan de andere kant weer uitkomen.

- Teken hiernaast hoe de verschillende lichtstralen door het blok gaan, en er aan de andere kant weer uitkomen.
- In welke richting wordt de lichtstraal gebroken als de lichtstraal het blok ingaat?
- In welke richting wordt de lichtstraal gebroken als de lichtstraal naar buiten komt?
- Meet bij het perspex blok de invalshoek en de brekingshoek. Controleer of de brekingswet klopt. Doe hetzelfde bij de lichtstraal die het blok uitkomt.



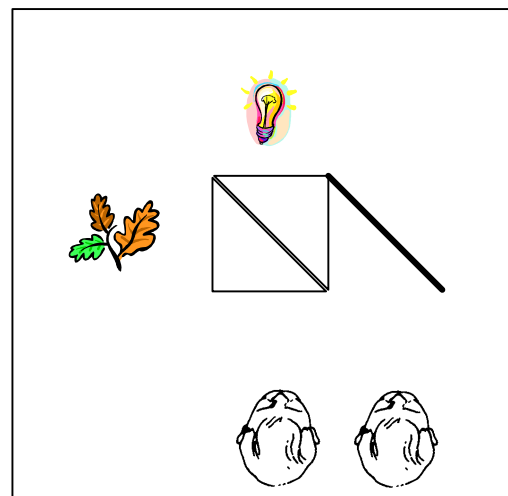
Breking vanuit lucht		
hoek i	hoek r	

Breking naar lucht		
hoek i	hoek r	

**Probleem 4 - Twee prisma's en een spiegel**

In de getekende opstelling zie je twee prisma's, een spiegel en twee voorwerpen. Nico kijkt vanaf de voorzijde naar het prisma en in de spiegel.

- Wat ziet Nico in het prisma?
- Wat ziet Nico in de spiegel?
- Wat zal Nico zien als de smalle spleet tussen de twee prisma's gevuld wordt met water?

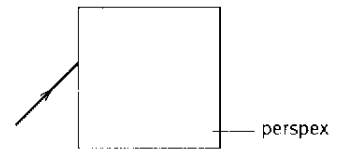


- Controleer je voorspelling met een experiment in de klas.

### Opgaven

- 4 Een lichtstraal valt onder een invalshoek van  $60^\circ$  in op een stuk plexiglas van 2,5 cm dik. De brekingshoek is  $35^\circ$ .
- Bereken de brekingsindex van plexiglas.
  - Teken het verdere verloop van de invallende lichtstraal tot deze het stuk plexiglas heeft verlaten.

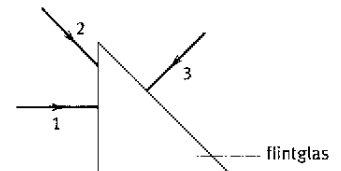
- 5 In figuur 6 valt een lichtstraal in op een perspex kubus.
- Welke waarde heeft de brekingsindex van perspex?



Figuur 6

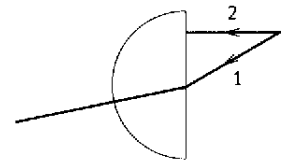
- Teken in figuur 6 het verdere verloop van de invallende lichtstraal tot deze de perspex kubus heeft verlaten.

- 6 In figuur 7 vallen drie lichtstralen in op een prisma van zeer zwaar flintglas. Teken in figuur 7 het verdere verloop van de drie lichtstralen.



Figuur 7

- 7 In figuur 8 vallen twee lichtstralen in op een halve cilinder van een doorzichtig materiaal. Van de eerste invallende lichtstraal is het verdere verloop na breking getekend.
- Bepaal de brekingsindex van het cilindermateriaal.



Figuur 8

- Teken in figuur 8 het verdere verloop van de tweede invallende lichtstraal.

## §3 Beeldvorming

### Instapvragen bij §3

Hoeveel weet je al van de onderstaande vragen? Noteer je voorlopig antwoord.

- Hoe maakt een lens een beeld? Wat gebeurt er met de lichtstralen?

- Wanneer is het beeld dat met een lens gevormd wordt vergroot en wanneer verkleind?

Wanneer is het beeld omgekeerd, en wanneer rechtop?

### Probleem 5 - Verschillende lenzen

In het lokaal staat een groot aantal verschillende lenzen: groot en klein, dik en dun, hol en bol. Noteer bij de volgende vragen je voorspelling:

- Welke lens is het sterkst? Zet de lenzen in volgorde van sterk negatief tot sterk positief.
- Met welke lens kun je de grootste afbeelding maken?

### Experiment 2 - Lenzen

Met een bolle lens kun je een scherp beeld maken op een scherm. Je gaat in dit experiment onderzoeken hoe zo'n beeld precies gevormd wordt. Je doet dit met behulp van *drie constructiestralen*

#### A Het brandpunt van een lens

1. Pak een vel wit papier en teken daarop een horizontale lijn (de hoofdas) en halverwege een kortere verticale lijn (de plaats van de lens). Zie figuur 1.
2. Leg de (plat-bolle) lens op de verticale lijn in het midden.
3. Maak nu met een lichtkastje (aansluiten op 12 V) en een dia met drie spleten drie evenwijdige smalle lichtbundels.
4. Laat deze drie bundels evenwijdig aan de hoofdas op de linkerkant van de lens vallen (zie figuur 2).

5. Teken in figuur 2 hoe de lichtstralen aan de rechterkant van de lens verder lopen. Meet de afstand tussen de lens en het punt waar de lichtstralen samenkomen.

*afstand* =

6. Laat de drie bundels nu van de rechterkant op de lens vallen en meet de afstand tussen de lens en het punt waar de stralen aan de linkerkant van de lens samenkomen.

*afstand* =

Het punt waarin de stralen uit een evenwijdige lichtbundel samenkomen wordt het *brandpunt* van de lens genoemd. De afstand tussen de lens en dit brandpunt heet de *brandpuntsafstand* ( $f$ ).

### **B Drie constructiestralen**

1. Begin met het vel papier uit de vorige opdracht. De brandpunten links en rechts van de lens moeten er al op staan. Teken ergens links van de lens én links van het brandpunt boven de hoofdas punt L (zie figuur 3).
2. Maak m.b.v. een dia met één spleet één smalle lichtbundel.
3. Laat de lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas van links invallen op de lens (zie straal a in figuur 3). Teken de invallende en de uitkomende straal op het witte vel.
4. Laat de lichtstraal nu schuin op het midden van de lens invallen (zie straal b in figuur 3). Teken weer de invallende en de uitkomende straal.
5. Laat nu de straal schuin door het linker brandpunt op de lens invallen (zie straal c in figuur 3). Teken de invallende en de uitkomende straal.
6. Als het goed is snijden de drie stralen elkaar rechts van de lens in één punt. Dit punt is het *beeldpunt* van L. Zet er een letter B bij.
7. Teken tenslotte in figuur 3 hoe je met drie constructiestralen het beeldpunt van punt L kunt construeren.

### **Theorie §3: Beeldvorming bij lenzen**

Lees de theorie op blz 69 t/m 76. Dit is voor een groot gedeelte een herhaling van eerdere theorie. Noteer wat de onderstaande begrippen betekenen.

Convergerende werking	
Hoofdas, optisch middelpunt	
Brandpunt en brandvlak	
Tekening van het beeldpunt met constructiestralen	
Brandpuntsafstand, voorwerps- en beeldafstand	
Lineaire vergroting	
Reëel en virtueel beeld	



### Formulelijst

Noteer bij de onderstaande formules:

- Wat betekent elk symbool?
- Welke eenheid hoort bij elk symbool?
- Wanneer kun je de formule toepassen?

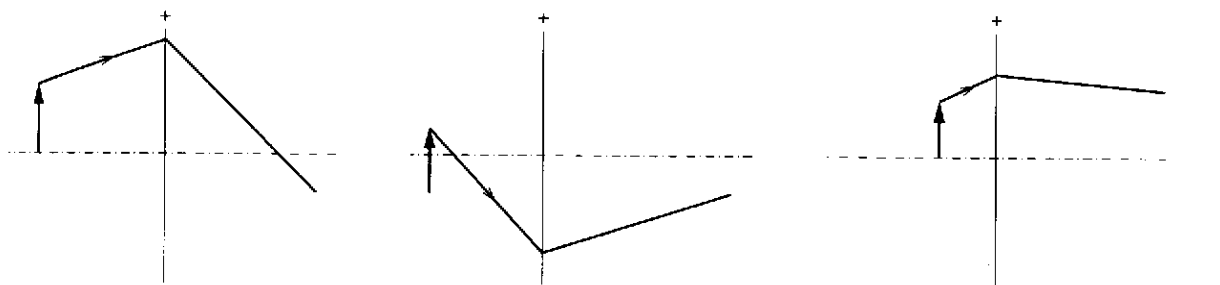
$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$	
$N = \frac{L_b}{L_v}$	
$N = \frac{L_b}{L_v} = \frac{b}{v}$	

### Opgaven

- 8 a Teken een bolle lens met de twee brandpunten. Teken een voorwerp op de hoofdas van de lens, met een voorwerpsafstand groter dan de brandpuntsafstand. Bepaal de plaats en grootte van het beeld met de drie constructiestralen.
- b Bepaal op dezelfde manier de plaats en grootte van het beeld als de voorwerpsafstand kleiner is dan de brandpuntsafstand.
- c Welke eigenschappen heeft het beeld bij beeldvorming met een bolle lens, als de voorwerpsafstand groter is dan de brandpuntsafstand? Welke eigenschappen heeft het beeld als de voorwerpsafstand kleiner is dan de brandpuntsafstand?
- 9 a In welk(e) geval(len) is de lichtbundel ná een bolle lens evenwijdig?
- b In welk(e) geval(len) is de lichtbundel ná deze lens zelfs divergent?

10 a Een voorwerp met een lengte van 1,0 cm staat op een afstand van 9,5 cm loodrecht op de hoofdas voor een bolle lens. De lens heeft een brandpuntsafstand van 5,6 cm. Bereken de plaats en de grootte van het beeld.

11 In de drie situaties van figuur 24 is steeds de loop van één lichtstraal getekend. Teken in figuur 24 in elk van de drie situaties het beeld. Geef ook de plaats van het brandpunt aan.



Figuur 24

### Probleem 6 - Scherpstellen (met demonstratie)

#### A Scherpstellen met je oog

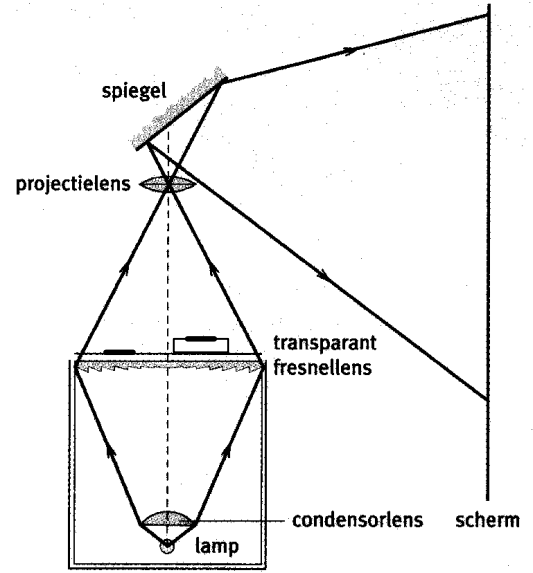
- Kun je met één oog twee voorwerpen, een dichtbij en een ver weg, tegelijk scherp zien? Hoe stelt je oog scherp?
- Het nabijheidspunt N is de kortste afstand waarop je b.v. de lijnen op je wijsvinger nog scherp kunt zien. Wat is jouw nabijheidspunt?  
(voor bril- of lenzendragers: hoe verandert N als je je bril afzet?).
- Het vertepunt V is de grootste afstand waarop je nog scherp kunt zien. Als je goede ogen hebt ligt dat punt oneindig ver weg. Klopt dat bij jou?  
(voor bril- of lenzendragers: hoe verandert V als je je bril afzet?).

**B Scherpstellen met de overheadprojector**

Op een overheadprojector liggen twee voorwerpen, het ene links en het andere rechts. Het rechter voorwerp ligt ook iets hoger op een transparant blok.

Noteer eerst je voorspelling.

- Kun je beide voorwerpen scherp afbeelden?
- Wat zal er aan het beeld veranderen als je de linkerhelft van de projectielens bedekt met een papiertje?
- Wat zal er aan het beeld veranderen als je een papiertje met een gat in het midden op de projectielens legt?



**Theorie §3: Optische apparaten en het oog**

Lees blz. 76 t/m 81 grondig door. Daarin komt een aantal begrippen en formules voor. Omschrijf in je eigen woorden wat er met die begrippen bedoeld wordt.

Scherptediepte	
Groothoeklens	
Telelens	
Diafragma	
Ongeaccommodeerd oog, maximaal geaccommodeerd oog	
Nabijheidspunt, vertepunt	
Oudziend	
Verziend	
Bijziend	

### Opgaven

- 12 De afstand tussen de ooglens en het netvlies in het menselijk oog is gemiddeld 22 mm. Het nabijheidspunt ligt op een afstand van zo'n 30 cm van het oog. Bepaal de brandpuntsafstand van de ooglens in ongeaccommodeerde toestand en in maximaal geaccommodeerde toestand.
- 13 De positieve lens ( $f = 10$  cm) van een diaprojector maakt van een dia een scherp beeld op een scherm dat 2,5 m van de lens staat. Bepaal de vergroting.
- 14 De positieve lens ( $f = 10$  cm) van een diaprojector maakt van een dia een 30x vergroot scherp beeld op een scherm. Bepaal op welke afstand van de diaprojector het scherm staat.

### Probleem 7 - Fototoestel met lenzen

Evelien heeft voor haar verjaardag een professioneel fototoestel gekregen. Daar zitten drie verwisselbare lenzen bij: een normale lens, een groothoeklens en een telelens. Elke lens heeft een andere brandpuntsafstand. Op de lenzen van Evelien staat: 28 mm, 50 mm en 135 mm. De lens van 50 mm is de normale lens.

Welke van de andere twee lenzen is de telelens? Geef een duidelijke beredenering of maak een berekening.

### Opgaven

- 15 Een voorwerp staat op een afstand van 6,0 cm voor een bolle lens. De lens maakt van het voorwerp een 6,0x vergroot beeld. Bepaal de brandpuntsafstand van de lens.
- 16 Er zijn twee manieren om een dia te bekijken: met een *diaprojector* en met een *diaviewer*. Een diaprojector maakt met een positieve lens van de dia een vergroot beeld op een scherm. In een diaviewer gebruik je een positieve lens als loep (vergrootglas): je kijkt in de lens naar een vergroot beeld van de dia. Leg uit hoe je de dia in beide gevallen in de houder moet plaatsen. Gebruik daarbij de volgende begrippen: *voorwerpsafstand*, *brandpuntsafstand*, *reëel beeld* en *virtueel beeld*.

- 17** Teken een optische hoofdas met daarop een positieve lens met een brandpuntsafstand van 3,0 cm. Teken een lichtpunt L op 2,0 cm voor de lens en 1,0 cm boven de optische as. Construeer vervolgens het beeldpunt B.

**18 Zoomlens**

Hanneke wil een toren van 30 m hoogte fotograferen. Haar fotocamera heeft een standaardlens ( $f = 55$  mm). Ze wil de toren helemaal op de foto hebben. Het negatief is 24 bij 36 mm.

- a** Hoe groot kan het beeld van de toren op het negatief dan maximaal zijn?
- b** Bij het fotograferen van een ver verwijderd voorwerp (zoals de toren) mag je aannemen dat de beeldafstand gelijk is aan de brandpuntsafstand van de lens. Leg uit waarom.
- c** Bereken op welke afstand van de toren Hanneke moet gaan staan bij het nemen van de foto.
- d** Het marktplein voor de toren blijkt te klein: Hanneke moet de foto maken op 35 m afstand van de toren. In deze situatie lukt het maken van de gewenste foto alleen met een camera met *zoomlens*. Een zoomlens is een lens waarvan de brandpuntsafstand instelbaar is, meestal tussen 30 en 130 mm.  
Laat met een berekening zien dat in deze situatie het maken van de gewenste foto met een camera met zoomlens wel mogelijk is.

## Oefenopgaven

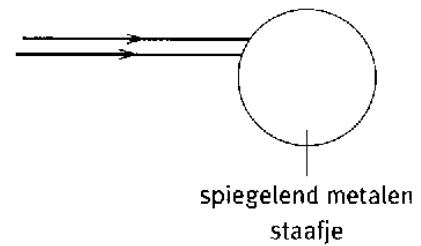
### 19 Laserbundel

Een laser geeft een smalle evenwijdige lichtbundel. In figuur 15 valt zo'n lichtbundel in op een spiegelend metalen staafje. De teruggekaatste lichtbundel is dan divergent.

a Leg uit waarom de teruggekaatste lichtbundel divergent is.

b Teken in figuur 15 de teruggekaatste lichtbundel.

c De invallende lichtbundel schuift iets omhoog, zodat deze dichter bij de rand van het staafje invalt. Wordt de teruggekaatste lichtbundel daardoor meer of minder divergent? Laat dit zien met een tekening.



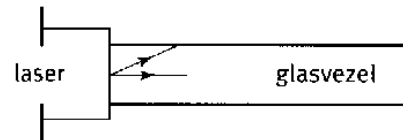
Figuur 15

### 20 Glasvezel

Glasvezels worden gebruikt om informatie (bijvoorbeeld een telefoongesprek) over een grote afstand te transporteren. Die informatie wordt daarvoor omgezet in een digitale vorm: een reeks lichtflitsen, of *lichtpuls*. Een laser stuurt deze lichtpuls de glasvezel in. Bij zo'n lichtpuls is de uitgezonden lichtbundel enigszins divergent. In figuur 16 zie je twee lichtstralen van de bij een lichtpuls uitgezonden lichtbundel in de glasvezel.

a De brekingsindex van het glas is 1,52. Bereken de grenshoek van deze glassoort.

b Teken in figuur 16 het verdere verloop van de twee lichtstralen in de glasvezel.

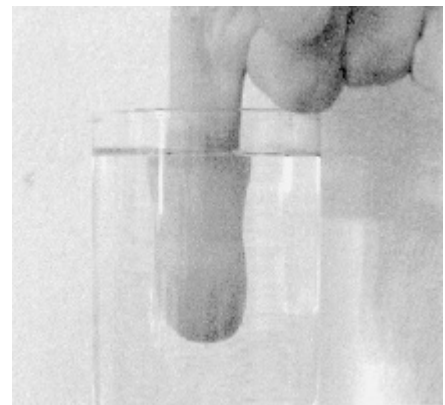


Figuur 16

**Demonstratie:** Zou een laserstraal ook gevangen blijven in een kromme waterstraal?

### Probleem 8 - Een vinger in een glas water.

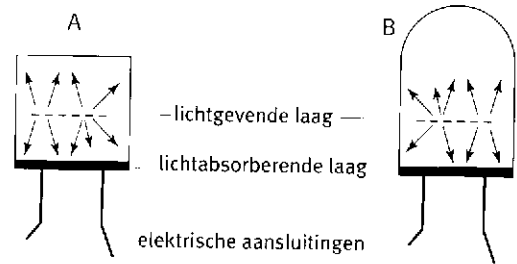
Als je je vinger in een glas water houdt en je kijkt van voren naar het glas dan lijkt je vinger dikker. Hoe komt dat? Maak een tekening, bijvoorbeeld een bovenaanzicht.



## 21 Light emitting diode

Een LED (light emitting diode) wordt veel gebruikt als signaallampje. Het licht ontstaat in de LED in een klein dun laagje dat zich midden in doorzichtig materiaal bevindt. De brekingsindex van dit materiaal is 2,3. In figuur 18 zie je twee mogelijke vormen van de LED.

a Bereken de grenshoek van het doorzichtige materiaal.



Figuur 18

b Uit welke LED komt meer licht: A of B? Leg uit waarom.

## 22 Telelens

In figuur 38 zie je een foto van een molen, gemaakt met een spiegelreflexcamera met een standaardlens ( $f = 50$  mm). De molen staat op een afstand van 50 m en heeft een hoogte (zonder wieken) van 12 m. De standaardlens kan vervangen worden door een telelens met een grotere brandpuntsafstand ( $f = 135$  mm). Op de uiteindelijke foto (genomen vanaf dezelfde plaats) zie je dan minder van de omgeving, maar de molen staat er groter op.

*Vraagstelling:* hoeveel keer zo groot staat de molen op een foto van dezelfde afmeting bij gebruik van een telelens?

a In deze situatie is de voorwerpsafstand groot. Laat met de lensformule zien dat in zo'n situatie het verschil tussen beeld- en brandpuntsafstand verwaarloosbaar klein is.



Figuur 38

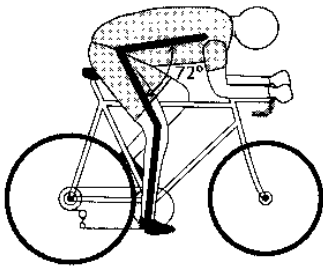
b Bereken in beide situaties de afmeting van het beeld van de molen op de film. Wat is je conclusie: hoeveel keer zo groot staat de molen op de foto bij gebruik van een 135 mm telelens?

## 23 Prismabril

Lees het onderstaande krantenartikel en probeer daarna een antwoord op de vraag te vinden.

# Harder fietsen door om een hoekje te kijken

Met een triathlonstuur en een verlaagd voorwiel kan de wielrenner ergonomisch en aerodynamisch verantwoord de tijdrit in gaan. Wel moet hij steeds opkijken om niet van de weg af te raken, wat seconden kost. Volgens de fabrikant van de prismabril is dat probleem nu uit de wereld.

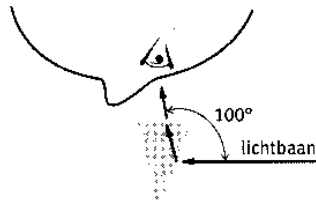


### ERGONOMISCH EN AËRODYNAMISCH OPTIMAAL

- hoek tussen dijbeen en bovenlichaam is  $72^\circ$ ;
- het bovenlichaam is bijna horizontaal.

Nadeel: gezicht is naar beneden gericht waardoor de wielrenner de weg voor zich niet ziet.

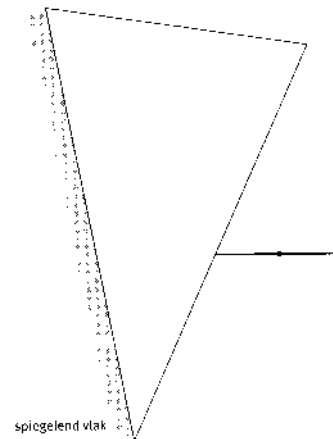
Bron: de Volkskrant.



### DE PRISMABRIL

Doordat een prisma het licht breekt, kan de renner omlaag kijken en toch zicht houden op de weg.

Nadeel: volgens de makers is een gewenningstijd van tien à twintig uur nodig.



**Figuur 43**

*Het prisma in de prismabril.*

Volgens het artikel kan een wielrenner met de nieuwe prismabril met het hoofd omlaag toch op de weg kijken. Maar de loop van de lichtstraal in de tekening van het artikel is echt onmogelijk. Bovendien is de informatie in het artikel onvolledig: de achterkant van het glazen prisma is spiegelen gemaakt, zoals weergegeven in figuur 43.

Vraagstelling: hoe is in werkelijkheid het verdere verloop van een invallende lichtstraal en ziet de wielrenner daardoor de wereld wel of niet op z'n kop?

- Laat eerst zien dat de loop van de lichtstraal in de tekening van het artikel onmogelijk is.
- Teken in figuur 43 het verdere verloop van de invallende lichtstraal. Controleer of die lichtstraal het prisma verlaat onder een hoek van (ongeveer)  $100^\circ$  met de invallende lichtstraal, zoals aangegeven in de tekening van het artikel.
- Teken het verdere verloop van een tweede, evenwijdig aan de eerste invallende lichtstraal. Wat is je conclusie: ziet de wielrenner met zo'n prismabril de wereld wel of niet op z'n kop?



# ONDERZOEKSOPDRACHT 'LENZEN'

## OPDRACHT

Controleer de **lenzenformule** en de **vergrotingsformule** met een experiment. Gebruik een losse lens of een optisch apparaat (bv. vergrootglas, positieve bril, fototoestel, overhead-projector, etc.), liefst een die je zelf meegenomen hebt. Je mag alleen of met z'n tweeën werken. In het laatste geval kun je samen één onderzoeksplan inleveren, maar schrijf je wel elk een eigen verslag.

In dit onderzoek staan zorgvuldigheid (veel en nauwkeurige metingen) en originaliteit (van de opstelling) centraal. Daarmee kun je dus extra punten verdienen.

**Tip:** Bedenk van te voren of je 'op safe speelt' door het experiment simpel te houden of dat je het jezelf moeilijker maakt door te gaan voor de 'originaliteit'. Deze keuze kan bepaald worden door interesse, capaciteiten en de hoeveelheid tijd die je wil investeren. Een degelijk uitgevoerd simpel experiment scoort zeker voldoende, terwijl een origineel maar ingewikkelder experiment hoog of laag kan scoren, afhankelijk van hoe goed het lukt...

## ONDERZOEKSPLAN

Maak van te voren een onderzoeksplan zoals je dat in hoofdstuk 1 geleerd hebt. De je plan moeten in elk geval de vragen aan bod komen:

- Welke onderzoeksvraag moet het onderzoek beantwoorden en wat is je hypothese?
- Welke opstelling ga je gebruiken (maak een schets)?
- Wat is de onafhankelijke grootte en wat de afhankelijke grootte?
- Hoe varieer je de afhankelijke grootte?
- Welke grootheden moet je tijdens het onderzoek constant houden?
- Welke meetinstrumenten gebruik je voor welke grootheden?
- Hoeveel metingen ga je doen en in welk meetgebied?
- Hoe verklein je de meetonzekerheid?

Als je een eigen optisch apparaat gebruikt is het aan te raden om vooraf een testexperiment uit te voeren.

## ORGANISATIE

Je levert je onderzoeksplan in. Tijdens een van de volgende lessen (waarin je gewoon doorwerkt aan de natuurkunde-stof) zal de docent je plan met je bespreken. Daarna volgt één meetles om je onderzoek uit te voeren, aan het eind hiervan lever je een meetbriefje (met daarop je meetresultaten, nog zonder uitwerkingen) in. Tenslotte schrijf je thuis (individueel!) een verslag dat je de volgende les inlevert.

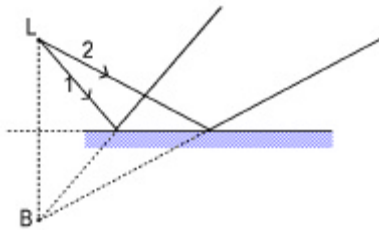
## BEOORDELING

Je krijgt individueel een cijfer dat gebaseerd is op het onderzoeksplan, de metingen die je hebt gedaan en op je verslag. Dit cijfer vormt de helft van de praktische opdracht natuurkunde 1 (en die vormt op zijn beurt 20% van je eindcijfer 4 havo). De andere helft krijg je voor een opdracht later in het jaar.

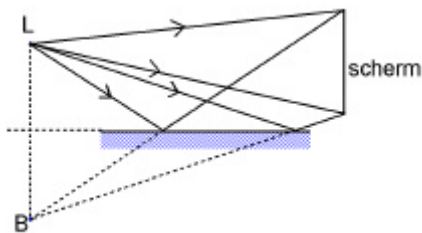
**Antwoorden**

§2 Terugkaatsing en breking

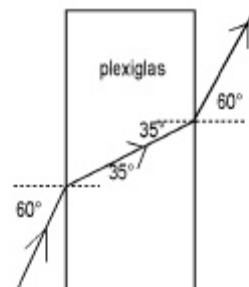
- 1 a. Men geeft met een sterke laser een lichtflits in de richting van de reflector en meet de tijd die de flits nodig heeft om de heen- en terugweg af te leggen. Via de lichtsnelheid (300.000 km/s) kan men de afstand zeer nauwkeurig bepalen.  
 b. Een laser is de enige lichtbron die sterk genoeg is en een bijzonder smalle bundel geeft.
- 2 Teken eerst het beeldpunt B van lichtbron L. Teken de stralen door tot de spiegel en laat de teruggekaatste stralen vanuit B komen.



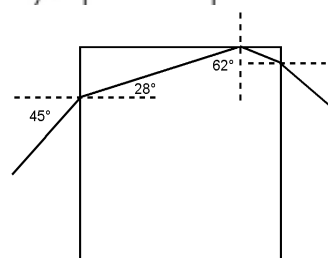
- 3 Teken de bundel die rechtstreeks op het scherm valt. Teken eerst het beeldpunt B van L, de tweede bundel valt vanuit B op het scherm maar kwam voor de spiegel uit L.



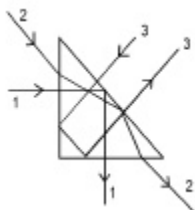
- 4 a.  $n = \sin i / \sin r = \sin 60^\circ / \sin 35^\circ = 1,5$  <2-11>  
 b. Zie de figuur hiernaast. De lichtstraal wordt evenwijdig verschoven.



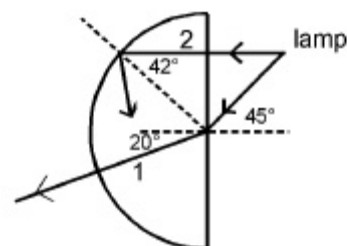
- 5 a.  $n = 1,5$ . stel  $i = 45^\circ \Rightarrow r = 28^\circ$   
 b. De invalshoek in perspex is  $90^\circ - 28^\circ = 62^\circ$   
 $\sin 62^\circ / \sin r = 1/1,5$   
 $r$  kan niet: totale reflectie, aan de andere kant is de hoek van inval  $28^\circ$  en  $r = 45^\circ$



- 6 Zie figuur hiernaast.  
 $g < 45^\circ$

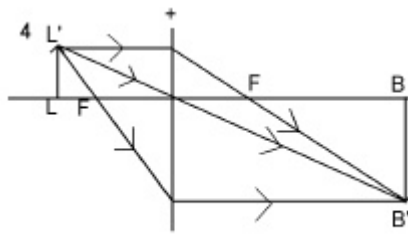


- 7 a. Zie figuur hiernaast.  
 $i = 45^\circ$   
 $r = 20^\circ$   
 $n = 2,1$   
 b.  $g < 42^\circ$ , dus totale reflectie.

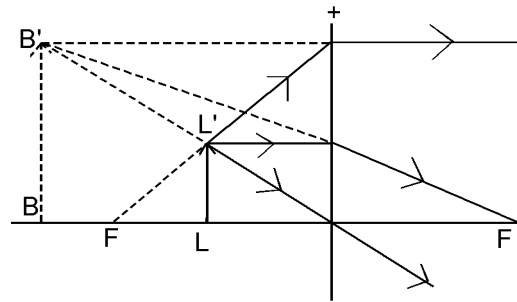


§3 Beeldvorming

8 a. Als  $v > f$



Als  $v < f$

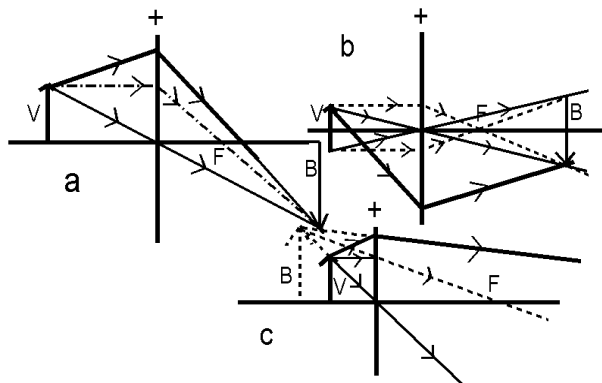


- b. Als  $v > f$  dan is het beeld: reëel en omgekeerd.  
 Of het vergroot of verkleind is, kun je niet zeggen.  
 Als  $v < f$  dan is het beeld: virtueel, rechtopstaand en vergroot.

9 Een evenwijdige bundel als het lichtpunt in het brandvlak staat.  
 Een divergente als de voorwerpsafstand kleiner is dan de brandpuntsafstand.

10 Vul in de lenzenformule:  $1/9,5 + 1/b = 1/5,6$   $b = 13,6$  cm  
 $N = 13,6/9,5 = 1,43$   $\Rightarrow$  grootte beeld is 1,4 cm.

11 Voor het beeld teken je de straal door het optisch middelpunt, voor het brandpunt de straal uit het voorwerp loodrecht op de lens en dan naar het beeld.



12 Ongeaccommodeerd is  $b = f = 22$  mm. Maximaal geaccommodeerd is  $v = 300$  mm en  $b = 22$  mm.  
 $1/f = 1/300 + 1/22$   $f = 20,5$  mm

13  $b = 250$  cm  $f = 10$  cm  $\Rightarrow 1/v = 1/10 - 1/250$   $v = 10,4$  cm  $N = 250/10,4 = 24$

14  $N = b/v = 30$   $b = 30v$   $1/v + 1/30v = 1/10$   $v = 310/30 = \dots$   $b = 30v = 310$  cm  
 De afstand van lens tot scherm is 3,1 m.

15 Er staat niet bij of het 6,0x vergroot is op een scherm of dat een oog dat ziet. Er zijn 2 oplossingen!  
 Reëel:  $b/v = 6$   $b = 6v = 36$  cm  $1/6 + 1/36 = 1/f$   $\Rightarrow f = 36/7 = 5,1$  cm  
 Virtueel:  $b = -36$  cm  $1/6 - 1/36 = 1/f$   $\Rightarrow f = 36/5 = 7,2$  cm

16 Diaprojector: reëel beeld  $v \sim f$  beeld is omgekeerd, dus dia moet op zijn kop.  
 Diaviewer: virtueel beeld  $v < f$  beeld rechtop, dus dia rechtop in de houder.

### 17 Zoomlens

$V = 30 \text{ m}$ ,  $f = 55 \text{ mm}$  en het beeld op het negatief (36 mm) passen.  
via  $N = b/v$  en de lenzenformule kun je  $b$  en  $v$  berekenen. Want je mag  $b = f$  nemen.

Oplossing:

- Het beeld kan maximaal 36 mm groot zijn (kleinbeeld-formaat).
- Als  $v$  zeer groot is, is in de lenzenformule  $1/v \sim 0$  of als  $v$  zeer groot is, valt er een vrijwel evenwijdige bundel vanaf het voorwerp op de lens.
- $b = f = 55 \text{ mm}$ .  $N = L_b / L_v = 0,036 / 30 = 0,055 / v \Rightarrow v = 46 \text{ m}$ .
- Van de zoomlens krijg je een groter bereik via de groothoeklens met de kleinere brandpuntsafstand. Als het moet lukken, dan is dat met  $f = 30 \text{ mm}$ .  
 $N = b / v = 0,030 / 30 = L_b / 30 \Rightarrow L_b = 0,030 \text{ m}$  Het beeld is 30 mm groot. Het lukt.

**Conclusie:** de antwoorden kloppen met de beweringen, de afmetingen zijn van de goede orde van grootte.

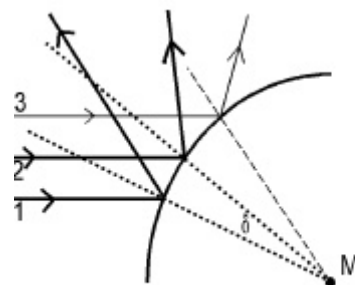
### Oefenopgaven

#### 19 Laserbundel

Teken 2 evenwijdige stralen 1 en 2. Teken de normaal voor beide stralen vanuit M. Teken de 2 teruggekaatste stralen door  $\angle i = \angle t$ .

Omdat de normalen niet dezelfde richting hebben zijn de invalshoeken niet gelijk en dus is de teruggekaatste bundel niet meer evenwijdig.

Teken straal 3, de bundel van 2 en 3 is net zo breed als van 1 en 2. De hoek tussen de normaal van 2 en 3 is groter en dus wordt de bundel sterker divergent.

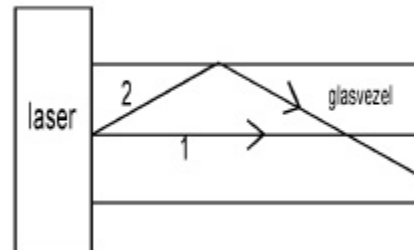


#### 20 Glasvezel

- Oriëntatie: de grenshoek bepaal je met de wet van Snellius.  
Opl:  $\sin g = 1/1,52 \quad g = 41,1^\circ$
- Rekening houden met totale reflectie!

#### 21 Light emitting diode

- $\sin g = 1/2,3 \quad g = 26^\circ$
- Bij A zal eerder totale reflectie optreden, bij B kunnen meer lichtstralen de LED verlaten. Het antwoord is B.



#### 22 Telelens

Via de lenzenformule eerst proberen de  $b$  te bepalen.

Standaardlens: omdat  $v \gg f$ , is  $b = f = 0,05 \text{ m}$  en  $v = 50 \text{ m}$ , dus  $N = 0,050 / 50 = 0,0010$

Telelens: nu  $b = f = 0,135 \text{ m}$  en  $v = 50 \text{ m}$ ,  $N = 0,0135 / 50 = 0,0027$ .

De verhouding is:  $0,135 / 0,05 = 0,0027 / 0,0010 = 2,7$

Het beeld met de telelens is groter dat kon je verwachten.

#### 23. Prismabril

- De lichtstraal breekt naar de normaal, niet ervan af!
- $i = 25^\circ$ , neem  $n = 1,5 \Rightarrow r = 16^\circ$ , vervolgens is er 2x totale reflectie en bovenaan breking van de normaal af. De hoek van draaiing kan zeker  $100^\circ$  zijn.
- De onderste straal komt er ook weer lager uit, het beeld is rechtopstaand.

