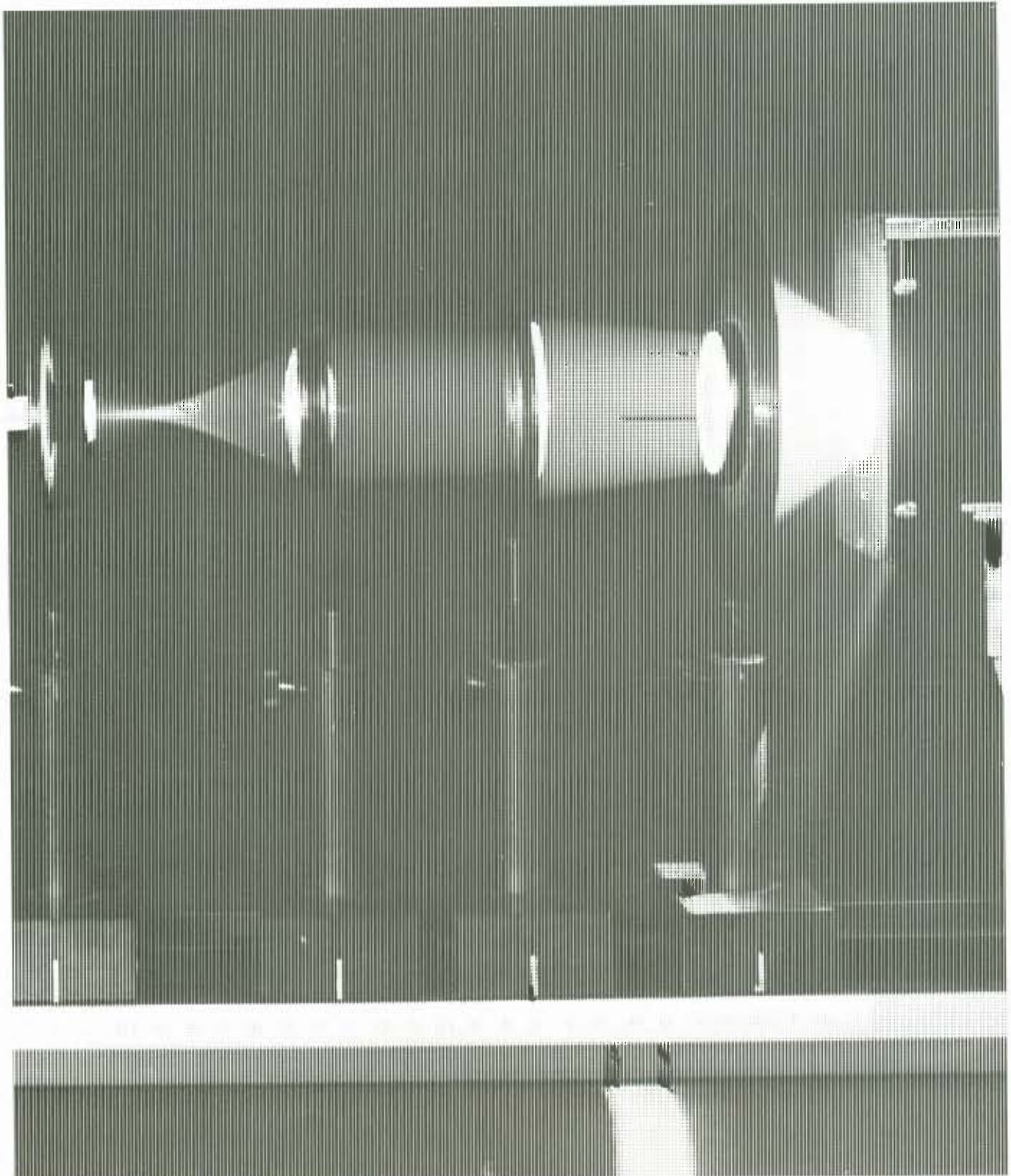


Blok 11 | Optika (3)



Inhoudsopgave basisstof

	bladzijde
Inleiding	5
P 1. Lichtbreking	6
P 2. De lenzenformule	8
T 1. Lichtbreking	10
T 2. De lenzenformule	11
T 3. Het fotoestel	12
W 1. Lichtbreking	13
W 2. De lenzenformule	15
W 3. Het fotoestel	17

De volgorde waarin je de paragrafen moet doorwerken is:

P 1, T 1, W 1,
P 2, T 2, W 2,
T 3, W 3.

Overzicht differentiële stof

Herhaalstof	bladzijde
H 1. Lichtbreking	18
H 2. De lenzenformule	20
H 1. Antwoordblad	23
H 2. Antwoordblad	24

Hieronder staan de extra stofbladen, die je kunt doen na dit blok.

Wil je meer weten over de inhoud van deze bladen, lees dan de catalogus voor de extra stof.

Extra stof bij je eigen lesmateriaal

108. Kleuren	26
109. Lensafwijkingen	28

Extra stof die in de klas aanwezig is

101. Hoekvergroting en loep 1	
102. Hoekvergroting en loep 2	
110. Fotografie	
111. Kamera's en scherptediepte	
158. Verder met de camera obscura	
159. Examensommen	

Blok 11 Leerdoelen

Wat moet je kunnen aan het eind van blok 11

Lichtbreking

1

Je moet weten wat de volgende begrippen betekenen:

- a. grensvlak; b. invallende straal; c. gebroken straal;
d. normaal; e. hoek van inval (i); f. hoek van breking (r).

2

Je moet weten wat er wordt bedoeld met:
het licht wordt gebroken bij overgang van stof I naar stof II.

3

Je moet weten hoe de invallende straal gebroken wordt,
als de hoek van inval nul graden is ($\angle i = 0^\circ$).

4

Je moet in een tekening kunnen aangeven, wat er wordt bedoeld met:

- a. breking van de normaal af.
b. breking naar de normaal toe.

5

Je moet weten wat er wordt bedoeld met:

- a. stof I is optisch dichter dan stof II.
b. stof I is optisch ijler dan stof II.

6

Je moet weten hoe de uittredende straal gebroken wordt bij overgang
van

- a. optisch dichte stof naar een optisch ijle stof;
b. een optisch ijle stof naar een optisch dichte stof.

7

Je moet de verschuiving tussen de invallende en de uittredende straal
bij een dikke ruit kunnen verklaren.

8

Je moet in een tekening kunnen laten zien dat deze verschuiving
groter wordt, als je een dikkere ruit neemt.

De lenzenformule

9

Je moet de lenzenformule kennen.

10

Je moet sommen kunnen maken met de lenzenformule.

11

Je moet weten dat de lenzenformule ook geldt bij virtuele beelden.
Je moet voor de beeldsafstand (b) dan een negatieve waarde invullen in
de formule.

Het fotoestel

12

Je moet weten, wat het scherp stellen van een fotoestel inhoudt

Te vinden in:

P 1

P 1, T 1

P 1, T 1

P 1, T 1, W 1

P 1, T 1, W 1

P 1, T 1, W 1

P 1, T 1, W 1

P 1, T 1, W 1

T 2

W 2, T 2

W 2

T 3, W 3

Blok 11 Leerdoelen

Inleiding

In dit blok ga je eerst enige proeven doen om kennis te maken met het verschijnsel lichtbreking. Nadat we nieuwe begrippen ingevoerd hebben, kunnen we wat preciezer naar dit verschijnsel kijken. Je zult dan zien, dat er optisch ijle en dichte stoffen bestaan. Ook zul je ontdekken, dat een ruit de baan van het licht verschuift. Tenslotte komen we terug op de lens. De werking daarvan berust ook op lichtbreking.

Blok 11 Praktikum

P 1 Lichtbreking

1

Leg een rechthoekig blokje perspex op de regels die je nu leest.
Beweeg je hoofd heen en weer.
Wat gebeurt er met de regels die je leest?

2

Vul een bekersglas met water. Houd er een potlood in.
Wat zie je als je het potlood in verschillende standen in het bekersglas houdt?

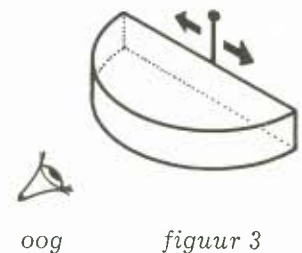
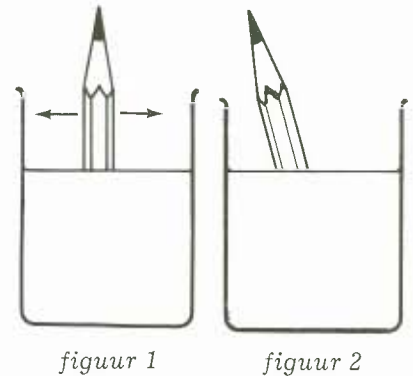
Als je goed hebt gekeken, zie je dat het lijkt of het potlood bij het wateroppervlak gebroken wordt als je het potlood schuin houdt.

Natuurlijk wordt het potlood in werkelijkheid niet gebroken. Blijkbaar zie je in het water niet het potlood zelf, maar een beeld van het potlood.

3

Neem een stuk perspex in de vorm van een halve cilinder. Kijk door de bolle kant naar een lucifer of speld, die je heen en weer beweegt. (Zie figuur 3.)

- Op welke plaats is het beeld van de speld niet verschoven?
- Op welke manier kun je de speld en zijn beeld, ten opzichte van elkaar steeds verder verschuiven?
- Wanneer is het beeld niet meer te zien?



Konklusie uit deze proeven:

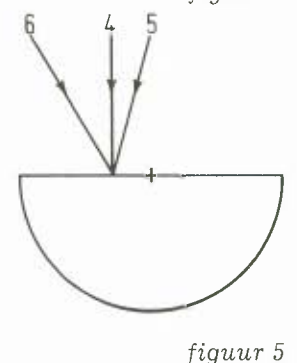
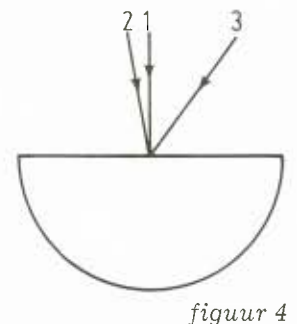
Vanaf ieder voorwerp dat we zien komt licht. Wanneer dat licht vanuit de ene stof in een andere doorzichtige stof komt, verandert meestal de richting. Het lijkt dan of het voorwerp gebroken is (potlood, speld). Het vlak, dat de grens vormt tussen de ene stof en de andere, noemen we het grensvlak.

De richting van het licht verandert dus bij het grensvlak.

Deze veranderingen gaan we in de volgende proeven nauwkeurig bekijken.

4

- Maak met een lichtkastje een smalle lichtbundel. Laat deze bundel op het midden van de halve cilinder vallen vanuit een drietal verschillende richtingen (zie figuur 4). Voer deze proef uit op een apart tekenvel en teken het verdere verloop van de lichtstralen 1, 2 en 3.
- Herhaal nu nogmaals de proef, waarbij de lichtstralen 4, 5 en 6 een beetje naast het midden op de cilinder vallen (zie figuur 5). Teken ook nu het verdere verloop van de lichtstralen op je tekenvel.
- De resultaten van proef 4a en 4b zijn verschillend. Wat gebeurt er bij het gebogen vlak met de lichtstralen die vanuit het midden van de cilinder komen (figuur 4)?
Wat gebeurt er als deze niet vanuit het midden op het gebogen grensvlak komen (figuur 5)?



We willen de breking van het licht op een zo eenvoudig mogelijke manier onderzoeken. Daarom gaan we verder op de manier van figuur 4, waar alleen bij het rechte grensvlak breking optreedt. Op het gebogen grensvlak hoeven we dan niet te letten.

5

Voer de volgende proef weer uit op een apart tekenvel.

We laten een lichtstraal invallen op het grensvlak tussen lucht en perspex (figuur 6).

De hoek tussen de normaal en de invallende lichtstraal heet invalshoek i (net als bij een spiegel).

Deze lichtstraal wordt op het grensvlak van richting veranderd.

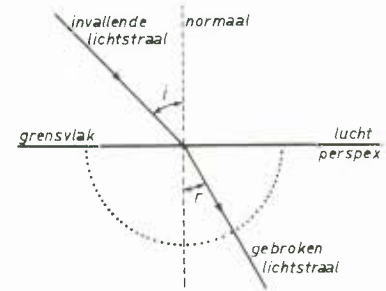
Teken de gebroken lichtstraal.

De hoek tussen de gebroken lichtstraal en de normaal noemen we voortaan de brekingshoek r .

De r komt van refraktie = breking.

Maak de volgende tabel af door de nodige proeven uit te voeren.

Teken op het tekenvel zo nauwkeurig mogelijk het verdere verloop van de lichtstralen om de bijbehorende brekingshoeken te kunnen meten.



figuur 6

invalshoek i	0°	15°	30°	45°	60°	75°
brekingshoek r						

Konklusie: Van lucht naar perspex geldt:

a. Als $\angle i = 0^\circ$, dan is $\angle r = \dots\dots\dots^\circ$

Geen breking bij $\dots\dots\dots$ inval.

b. In de andere gevallen is $\angle r$ groter dan/even groot/kleiner dan $\angle i$.

We spreken van **breking naar de normaal toe**, want de lichtstraal wordt naar de normaal toe gebroken.

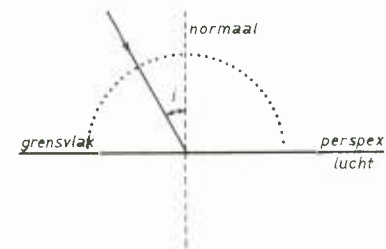
6

We laten nu licht van perspex naar lucht gaan. Laat het licht invallen langs de bolle kant van de halve cilinder, zodat daar geen breking optreedt.

Onderzoek hoe de lichtstraal gebroken wordt van perspex naar lucht bij het rechte grensvlak.

Schrijf zo goed mogelijk op wat je opvalt.

(Je hoeft geen hoeken te meten; dat doen we in 7.)



figuur 7

.....

.....

.....

.....

7

Doe ook de nodige proeven op je proevenvel om de volgende tabel te kunnen invullen. Laat het licht langs de bolle kant zo invallen dat daar geen breking optreedt (zie figuur 7).

invalshoek i	0°	15°	30°	45°	60°	75°
brekingshoek r						

Konklusie: Van perspex naar lucht geldt:

a. Als $\angle i = 0^\circ$, dan is $\angle r = \dots\dots\dots$ graden.

$\dots\dots\dots$ breking bij loodrechte inval.

b. Wordt de lichtstraal wel gebroken, dan is $\angle r$ groter dan/even groot/kleiner dan $\angle i$.

We spreken van **breking van de normaal af**.

(De lichtstraal wordt van de normaal afgebroken.)

Tenslotte onderzoeken we de breking van licht door een dikke ruit.

Neem een rechthoekig blok perspex (figuur 8).

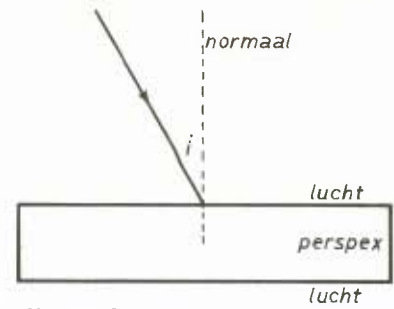
a. Hoe denk je dat een lichtstraal verder gaat als hij samenvalt met de

normaal?

Kontroleer je antwoord met een proef op het tekenvel.

b. Laat vervolgens een lichtstraal invallen onder een hoek van ongeveer 40°. Teken de invallende straal en de uit het perspex komende straal.

c. Neem het blokje weg en teken nu ook hoe de straal door het perspex loopt.



figuur 8

Geef met een stippellijn aan hoe de invallende straal verder zou gaan, indien er geen breking had plaatsgevonden.

Konklusie: bij een dikke ruit geldt:

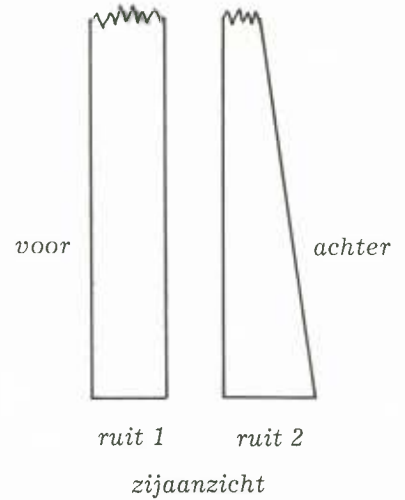
a. Geen breking bij loodrechte inval.

b. In de andere gevallen hebben de invallende en de uit tredende lichtstraal wel dezelfde, maar ze zijn nu ten opzichte van elkaar verschoven.

Dus er treedt bijna altijd verschuiving op.

Hoeveel mm werd in jouw geval de straal verschoven?

..... mm.



Je moet wel bedenken dat steeds als hier gesproken wordt over een dikke ruit, verondersteld wordt, dat de voor- en achterkant van de ruit evenwijdig zijn. De konklusie geldt dus wel voor ruit 1 in de tekening hiernaast, maar niet voor ruit 2. Als je tijd over hebt, moet je maar eens onderzoeken hoe bij ruit 2 het licht gebroken wordt.

P 2 De lenzenformule

We hebben gezien dat bij een dikke ruit twee maal breking optreedt.

Ook bij een lens wordt een lichtstraal op beide grensvlakken gebroken, maar wel op een bijzondere manier:

Een bolle lens heeft een konvergerende werking en een holle lens heeft een divergerende werking.

Elke lens heeft een brandpuntsafstand f , die niet verandert.

In blok 9 heb je gezien, dat er een verband is tussen de voorwerpsafstand v en de beeldsafstand b .

Als je v groter maakt (door het voorwerp verder van de lens te zetten) wordt b kleiner.

En als je v kleiner maakt, wordt b groter.

We gaan nu proberen om het verband tussen v , b en f in een formule uit te drukken.

Voor dit onderzoek heb je de gegevens nodig uit de tabel van P 4, blok 9.

Neem de daar gevonden waarden voor b en v over in de volgende tabel 1.

De brandpuntsafstand f van de toen gebruikte lens was

..... cm (vraag dit eventueel aan je leraar).

tabel 1

	1e meting	2e meting	3e meting	4e meting	5e meting	6e meting
b in cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm
v in cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm
f in cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm

Zie jij een bepaald verband tussen b , v en f bij één van deze metingen?

Zie jij een verband dat geldt voor alle zes metingen?

Maak je geen zorgen. Ook de eerste onderzoekers van lenzen hebben er grote problemen mee gehad.

In de volgende tabel 2 gaan we de omgekeerde waarden van b , v en f invullen (afronden op 2 decimalen).

Om je even je geheugen op te frissen:

Als bijvoorbeeld $v = 25$ cm, dan is het omgekeerde: $\frac{1}{v} = \frac{1}{25} = 0,04$

zo ook $f = 10$ cm $\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{10} = 0,10$

Gebruik bij deze berekeningen eventueel je rekenmachine.
Maak de tabel 2 verder af.

tabel 2

	1e meting	2e meting	3e meting	4e meting	5e meting	6e meting
$\frac{1}{b}$						
$\frac{1}{v}$						
$\frac{1}{f}$						

Lukt het je nu bij alle metingen een bepaalde relatie te ontdekken? (Let daarbij niet op kleine verschillen!).
Schrijf deze relatie op.

In blok 9 heb je gezien dat wanneer v kleiner wordt b groter wordt.
Klopt de formule die je gevonden hebt met die waarneming?

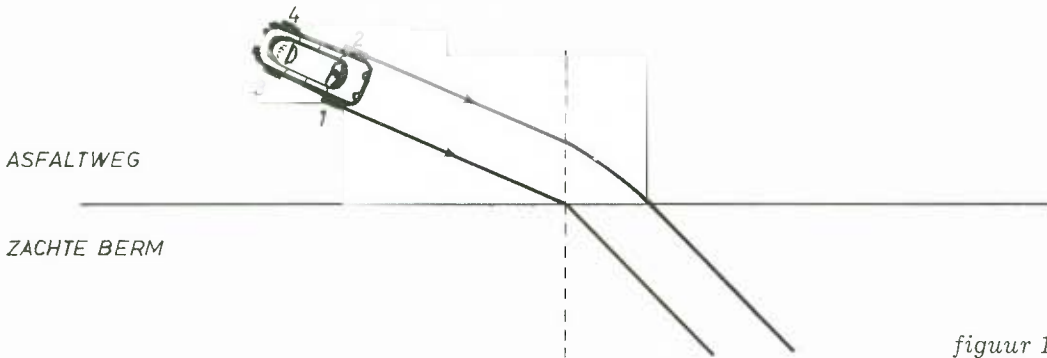
Als je gebruikt maakt van een rekenmachine, toets je 25 in en

vervolgens de $\frac{1}{x}$ knop.

T 1 Lichtbreking

In P 1 heb je gezien, dat als je een potlood schuin in water steekt, het lijkt alsof het potlood bij het wateroppervlak gebroken wordt. Het potlood wordt natuurlijk in werkelijkheid niet gebroken. Je ziet een beeld van het potlood. De lichtstralen, die dat beeld vormen, worden gebroken bij het wateroppervlak.

Hoe kun je je lichtbreking voorstellen?



figuur 1

Stel je voor dat een auto op de een of andere manier van de weg afraakt en in een zachte berm terecht komt.

Wat gebeurt er dan?

Als het rechterwiel nr. 1 in het zand terecht komt wordt zijn snelheid verminderd. Het linkerwiel 2 zal zijn oorspronkelijke snelheid nog even behouden. Hierdoor zal de bewegingsrichting van de auto veranderen. Het spoor wordt bij de overgang van asfalt naar zand als het ware gebroken.

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. Valt een lichtstraal samen met deze normaal, dan treedt er geen breking op.

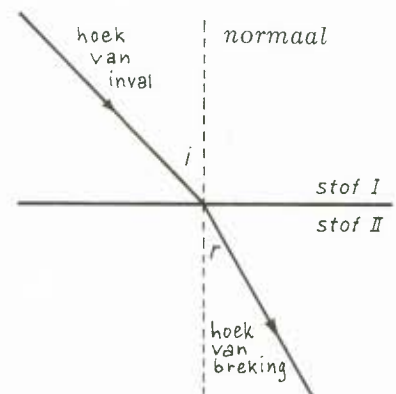
2
De hoek van inval, i , is de hoek tussen de invallende straal en de normaal.

3
De hoek van breking, r , is de hoek tussen de gebroken straal en de normaal.
 r komt van refractie = breking.

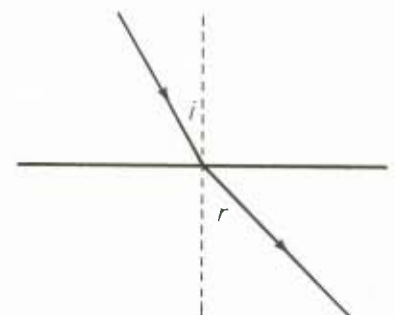
4
Als het licht zich in stof I makkelijker voortbeweegt dan in stof II noemen we stof I **optisch ijler** dan stof II.
Als het licht zich juist moeilijker voortbeweegt in stof I noemen we stof I **optisch dichter** dan stof II. Zo zijn water en perspex optisch dichter dan lucht.

Iets dergelijks als in het voorbeeld met de auto gebeurt ook met een lichtstraal die van lucht naar een andere doorzichtige stof gaat (zie figuur 2). Omdat de lichtstraal in een stof komt, waarin hij zich moeilijker verplaatst, wordt hij naar de normaal toe gebroken. De brekingshoek r is kleiner dan de invalshoek i .
In dit geval noemt men stof II optisch dichter dan stof I.

Gaat omgekeerd een lichtstraal van een optisch dichtere naar een optische ijlere stof, dan wordt de lichtstraal van de normaal af gebroken (figuur 3). Hoek r is groter dan hoek i .



Figuur 2



Figuur 3

We vinden zo 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 een optisch dichtere stof (bijvoorbeeld perspex, glas, water) gaat, is r altijd kleiner dan i ($r < i$).
Dat wil zeggen, er vindt **breking plaats naar de normaal toe** (figuur 2).

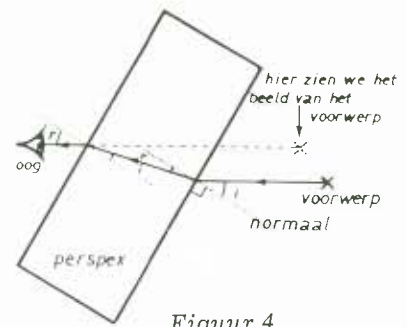
3

Als een lichtstraal van perspex, glas of water naar lucht (optisch ijler) gaat, is r altijd groter dan i ($r > i$).
Dat wil zeggen, er vindt **breking plaats van de normaal af** (figuur 3).

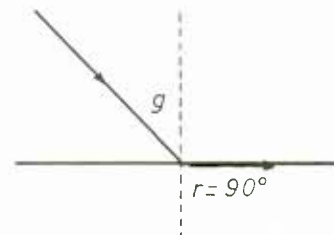
Breking bij een ruit.

In P 1 heb je gezien, dat de invallende en de uittrekkende lichtstraal evenwijdig zijn als de straal door een ruit gaat.

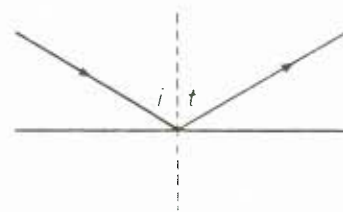
De voor- en achterkant van de ruit moeten dan wel evenwijdig zijn. In figuur 4 zie je, hoe de lichtstraal twee maal gebroken wordt.



Figuur 4



Figuur 5a



Figuur 5b

De grenshoek

Bij elk grensvlak vindt behalve breking ook terugkaatsing plaats. Bij overgang van perspex, glas of water naar lucht, dus van optisch dicht naar dun, is er een grensgeval. Bij een bepaalde hoek van inval, de grenshoek g , is de hoek van breking 90° . De gebroken lichtstraal scheert dan langs het grensooppervlak (zie figuur 5a).

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 (figuur 5b). Er vindt totale terugkaatsing plaats.

T 2 De lenzenformule

In P 2 hebben we een formule gevonden die het verband tussen v , b en f geeft voor een bolle lens.

De lenzenformule: $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

Deze formule is in overeenstemming met wat we in blok 9 waargenomen hebben: als v toeneemt (voorwerp verder van de lens weg) dan neemt b af (dichter bij de lens).

Immers als v groter wordt, dan wordt $\frac{1}{v}$ kleiner.

Dan zal $\frac{1}{b}$ groter moeten worden. Samen moeten ze $\frac{1}{f}$ opleveren en f is niet veranderd.

Als $\frac{1}{b}$ groter wordt, dan moet b kleiner worden.

We hebben nu 2 formules voor de bolle lens:

1. De formule voor de vergroting: $N = \left| \frac{b}{v} \right|$

2. De lenzenformule: $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

Met behulp van deze 2 formules kunnen we berekeningen uitvoeren. Hieronder zie je daarvan voorbeelden.

Voorbeeld 1

Stel dat je een voorwerp op 7 cm voor een lens zet en het beeld 17 cm

achter de lens terecht komt. Je berekent f dan als volgt:
Je hebt gevonden $b = 17$ cm en $v = 7$ cm.

$$\text{Dan is } \frac{1}{b} = \frac{1}{17} = 0,06 \text{ en } \frac{1}{v} = \frac{1}{7} = 0,14$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} = 0,06 + 0,14 = 0,20 \quad f = \frac{1}{0,20} = \frac{100}{20} = 5 \text{ cm.}$$

Voor het berekenen van de breuken kun je steeds je rekenmachine gebruiken. Controleer de berekening met de rekenmachine.

Voorbeeld 2

Het komt ook voor dat je f en v weet en b wilt berekenen. Stel $f = 10$ cm en $v = 5$ cm. Het voorwerp staat dus binnen brandpuntsafstand!
Je berekent b dan als volgt:

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{5} + \frac{1}{b} = \frac{1}{10} \Rightarrow 0,2 + \frac{1}{b} = 0,1 \Rightarrow \frac{1}{b} = -0,1 \Rightarrow b = -10 \text{ cm.}$$

Het beeld is dus virtueel (negatieve beeldpuntsafstand).
Controleer de berekening met de rekenmachine.

T 3 Het fotoestel

Een toepassing van de lens vind je in het fotoestel.

Je hebt al eerder geleerd in blok 7 hoe je een eenvoudig fotoestel kunt maken:

Neem een doosje met daarin een klein gaatje. Hoe kleiner het gaatje, des te scherper wordt het beeld. Het grote nadeel is dan wel dat er weinig licht in het 'toestel' komt. Het fotografisch materiaal in het doosje moet je daarom langdurig belichten. Zo moest een persoon vroeger enkele minuten lang stil staan om een scherp beeld te kunnen krijgen. Willen we de opening toch groot houden (dus meer licht krijgen) dan moeten we een lens gebruiken.

In de tekening hiernaast staat het voorwerp op een oneindig grote afstand van de lens.
De lens staat dan ook op de stand oneindig (het symbool voor oneindig is ∞).

We fotograferen nu een voorwerp dat dichterbij de lens staat en we laten eerst de lens op stand ∞ staan.

Er ontstaat een onscherp beeld op de film (figuur 2).

We moeten de lens naar voren draaien (uitdraaien) om een scherp beeld te krijgen. Dit noemen we het scherp stellen van het fotoestel.

Waar de lens precies moet komen, kunnen we nu berekenen met de lenzenformule.

Stel dat je een lens hebt met $f = 4$ cm en je wilt een voorwerp fotograferen, dat op 20 cm van de lens staat.

We berekenen b als volgt:

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{4} - \frac{1}{20} = 0,2 \Rightarrow b = 5 \text{ cm.}$$

Je moet de lens dus zover naar voren draaien, dat de afstand lens-film 5 cm is.

De nieuwe situatie is hiernaast getekend in figuur 3.
De afstand tussen de lens en de film is nu groter dan de brandpuntsafstand van de lens.

De hoeveelheid licht die op de film valt, kunnen we regelen met het diafragma en natuurlijk ook door kort of lang te belichten.
Zoek in blok 7, P 2/T 2 op, hoe het diafragma werkt.

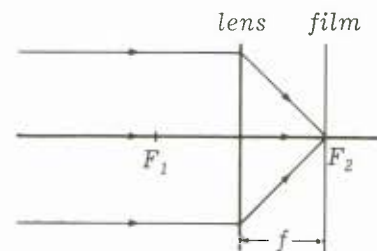
Met de rekenmachine:

$$17 \quad \frac{1}{x} \quad + \quad 7 \quad \frac{1}{x} \quad =$$

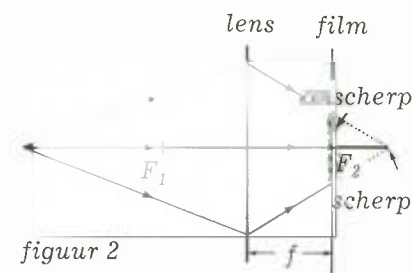
Het tussenresultaat is $\frac{1}{f}$.

om f te vinden toets je weer

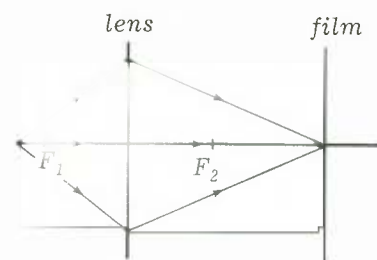
$$\frac{1}{x} \quad \text{in.}$$



figuur 1



figuur 2



figuur 3

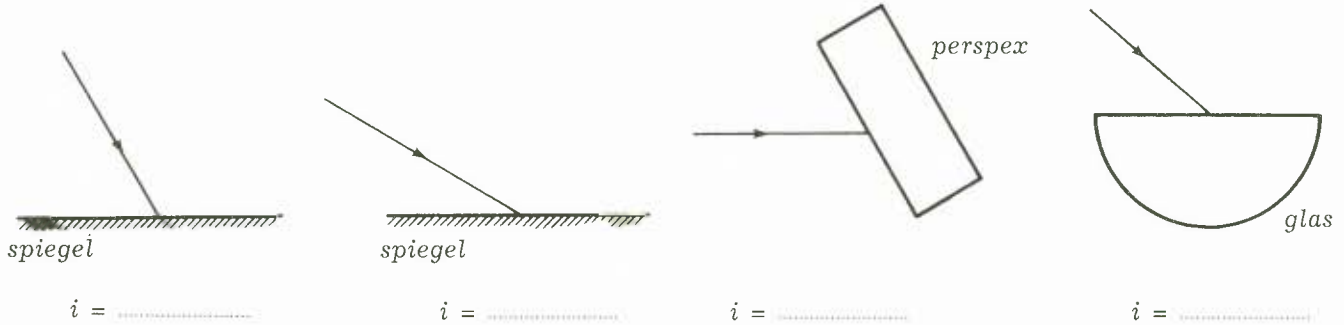
Blok 11 Werkblad

W 1 Lichtbreking

1

Hieronder vind je vier situaties waarbij sprake is van een invallende lichtstraal.

Meet met je geodriehoek in alle vier gevallen de hoek van inval.

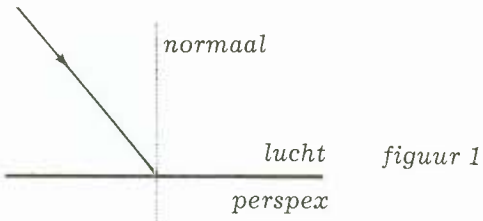


Voor de opgaven hieronder moet je steeds de volgende methode gebruiken om een gebroken lichtstraal te tekenen:

- teken eerst, als dat nog niet gedaan is, de normaal.
- bekijk of de lichtstraal van een optisch dichte naar een optische ijle stof gaat of juist andersom.
- vervolgens kun je vaststellen of er breking is van de normaal af of naar de normaal toe.
- teken nu de gebroken straal. Je kunt niet precies tekenen hoe de gebroken straal loopt. Je kunt wel in de tekening aangeven of er breking is van of naar de normaal.

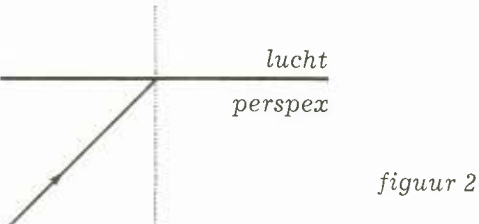
2

Teken de gebroken lichtstraal in de tekening hieronder.



3

Als som 2, maar nu met figuur 2.



4

Teken in figuur 3 hoe een lichtstraal op het grensvlak moet vallen om niet gebroken te worden.

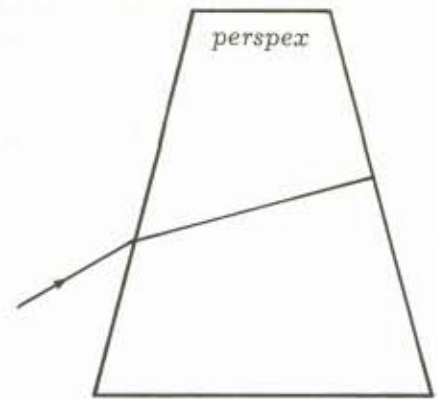


figuur 3

5

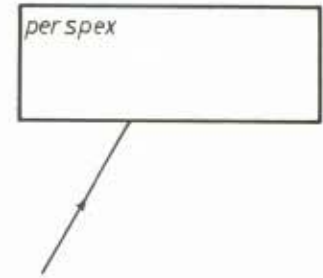
Hiernaast zie je een tekening van een blokje perspex en een lichtstraal. Je ziet dat de invallende lichtstraal zo gebroken wordt, dat hij loodrecht op de achterkant van het perspex valt.

- a. Teken het verdere verloop van de lichtstraal.
- b. Waarom vindt er hier geen evenwijdige verschuiving plaats?



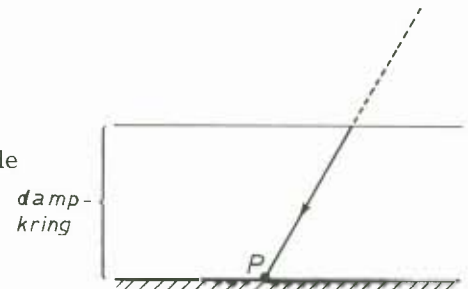
6

Teken het verdere verloop van de lichtstraal in de tekening hiernaast.



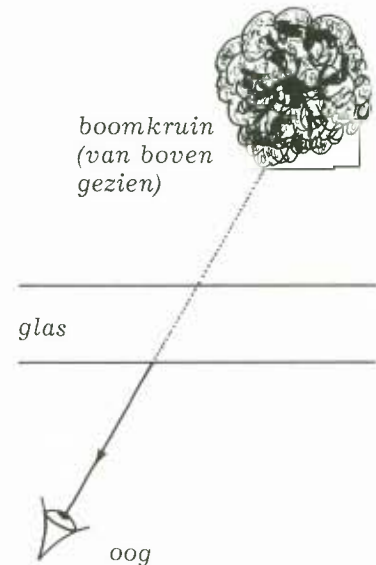
7

Rondom de aarde bevindt zich een dampkring. Het zonlicht zal hierin meestal worden gebroken. Het gaat dan van luchtledig naar lucht (is optisch dichtere dan luchtledig), en wordt naar de normaal toe gebroken. In punt P ziet iemand het licht van een ster uit de aangegeven richting komen. Maak met behulp van een tekening duidelijk dat het licht in werkelijkheid uit een andere richting komt.



8

Je kijkt door een glasraam en ziet een boom staan. Staat deze boom in werkelijkheid verder naar links of naar rechts?



9

Een glasruit A is 12 mm dik; glasruit B 20 mm. Laat met een tekening zien dat ruit B de grootste beeldverschuiving geeft.

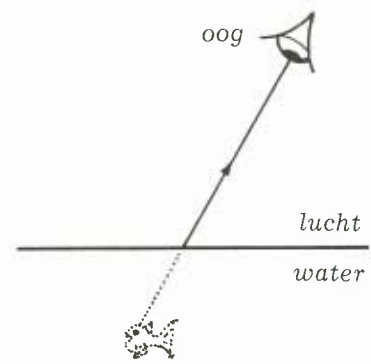
10

Een vis zwemt onder water. Een visser ziet deze vis in de aangegeven richting.

Hij wil met zijn pijl de vis treffen.

Water is optisch dichtter dan lucht.

Moet hij zijn pijl voor of achter de vis richten om de vis te vangen?



11

Hiernaast is een positieve lens getekend met een aantal evenwijdige invallende stralen.

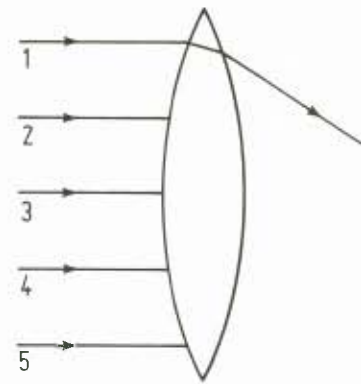
a. Welke straal gaat ongebroken verder?

Teken deze straal.

b. Hoe noemt men het snijpunt van deze straal en de gebroken straal 1?

c. Geef in de tekening aan hoe de andere drie stralen (ongeveer) lopen.

d. Waarom wordt straal 1 sterker gebroken dan de andere stralen?



W 2 De lenzenformule

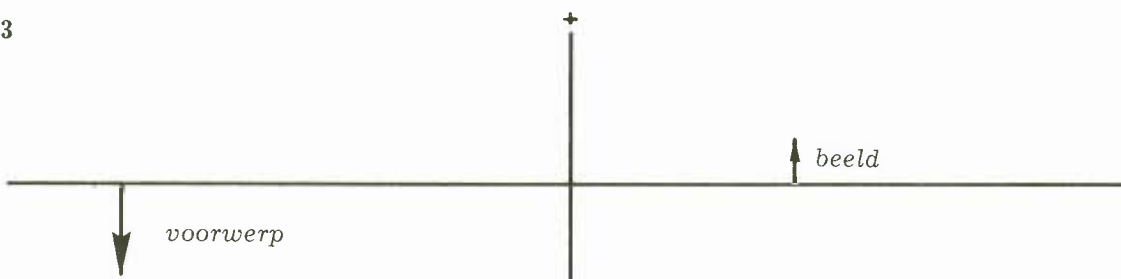
1

Een voorwerp staat op 24 cm voor een lens met een brandpuntsafstand van 13 cm. Bereken de beeldsafstand.

2

Een voorwerp staat voor een lens met brandpuntsafstand van 5 cm. Als je een scherm 27 cm van de lens zet, krijg je het beeld er scherp op. Bereken de voorwerpsafstand.

3



a. Meet in de figuur hoe groot b en v zijn.

$b = \dots\dots\dots$ cm, $v = \dots\dots\dots$ cm.

b. Bereken de brandpuntsafstand f van de lens.

c. Bereken de vergroting N .

4

Een voorwerp staat 12,5 cm voor een lens met $f = 10$ cm.

Hoe ver is het beeld van de lens verwijderd?

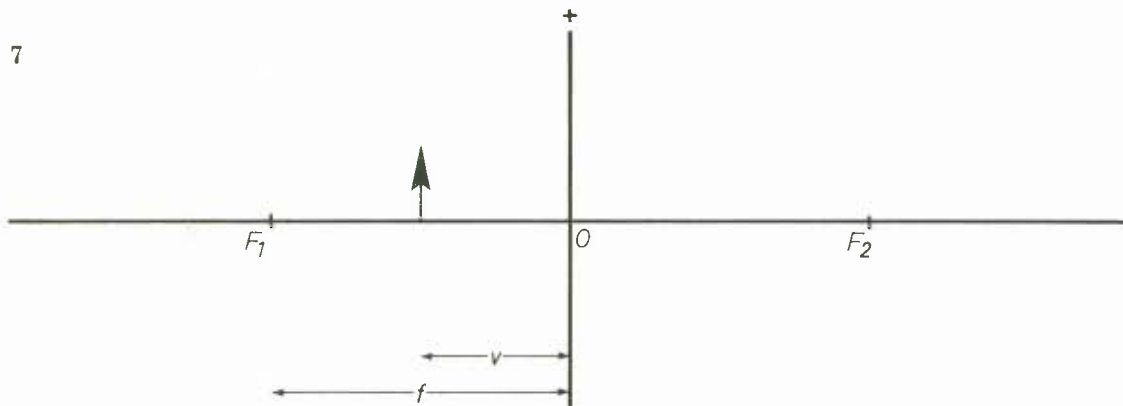
5

- a. In een diaprojektor zit een lens met een sterkte (S) van 12,5 D (Dioptrie).
Bereken de brandpuntsafstand f in cm. (Gebruik de formule: $S = \frac{1}{f}$).
- b. Op 8,4 cm voor deze lens zit een dia.
Bereken met de lenzenformule hoe ver het scherm van de lens verwijderd moet zijn om een scherp beeld te krijgen.
- c. Bereken de vergroting.
- d. Waarom moet de dia omgekeerd in de projektor om een rechtopstaand beeld te krijgen?

6

Dezelfde projektor uit vraagstuk 5 wil men in een grote zaal gebruiken. Deze projektor staat 20 m vanaf het scherm.
Op welke afstand moet nu de dia voor de lens staan?

7



- a. Konstrueer het beeld en bepaal de beeldsafstand. $b = \dots\dots\dots$ cm.
b. Is het beeld reëel of virtueel?
c. Controleer met de lenzenformule of je de konstruktie juist hebt uitgevoerd.

8

Een lens heeft een brandpuntsafstand van 8 cm. Op 4 cm afstand van de lens staat een voorwerp.

- a. Is het beeld dat ontstaat reëel of virtueel?
b. Bereken b .

9

Hieronder staat een tekening van een dia en een lens.
Konstrueer de plaats waar het scherm moet staan om een scherp beeld te krijgen.



Kontroleer je konstruktie met behulp van de lenzenformule.

We draaien de lens nu dichterbij de dia.
Konstrueer nogmaals de plaats van het scherm.



Kontroleer je konstruktie met behulp van de lenzenformule.

W 3 Het fototoestel

1

Waarom is bij scherpstellen van een fototoestel de kleinste afstand tussen lens en film altijd gelijk aan de brandpuntsafstand (f) van de lens.

2

Op de afstandsring van een fototoestel staat een rij getallen, bijvoorbeeld: ∞ 10 5 3 2 1,5 1,2 1 0,9.

Hoe kleiner dit getal is hoe groter de afstand tussen lens en film. Leg uit waarom dit zo is.

3

Je wilt een voorwerp fotograferen dat 3 m van je af staat.

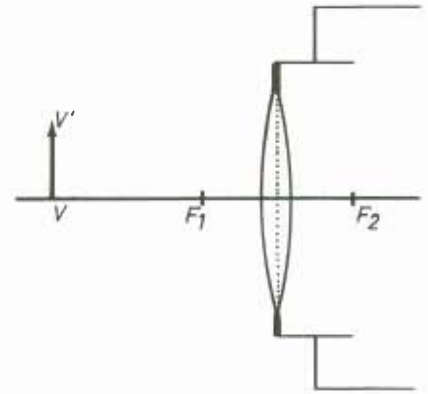
De brandpuntsafstand van de lens in je kamera, is 6 cm.

Hoe groot moet de afstand tussen de lens en het filmpje zijn, zodat je het beeld scherp op de film krijgt.

4

Hiernaast is een voorwerp voor een kamera getekend. Teken waar het filmpje moet staan zodat het beeld scherp op de film komt te staan.

Meet nu de voorwerpsafstand, de beelds afstand en de brandpuntsafstand en controleer met de lenzenformule of je konstruktie juist geweest is.



H 1 Lichtbreking

In dit herhaalblad zetten we de belangrijkste begrippen uit dit blok nog eens op een rij. Met die begrippen kun je dan een aantal oefensommen maken.

Hoe noemen we het?

In figuur 1 zie je een lichtstraal getekend die invalt op het **grensvlak** lucht/water.

De **normaal** is de loodlijn op het grensvlak.

In figuur 2 zie je dat de **hoek van inval** (i) de hoek is van de invallende lichtstraal met de normaal.

De hoek die de gebroken lichtstraal maakt met de normaal noemen we de **hoek van breking** (r).

Een deel van het invallende licht wordt teruggekaatst. De hoek van het teruggekaatste licht met de normaal noemen we de **hoek van terugkaatsing** (t).

1

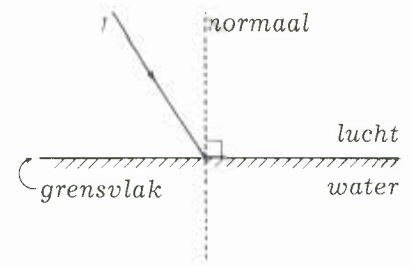
Geef in de tekening hiernaast de normaal, het grensvlak, de hoek van inval, de hoek van breking, de hoek van terugkaatsing aan.

Hoe breekt een lichtstraal?

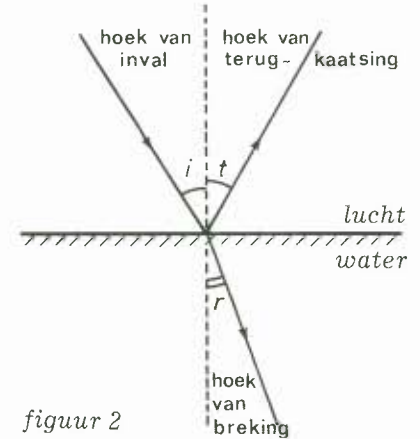
Een lichtstraal die langs de normaal invalt (dus loodrecht op het grensvlak) wordt niet gebroken. Als hoek $i = 0^\circ$ dan ook hoek $r = 0^\circ$ (zie figuur 3).

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

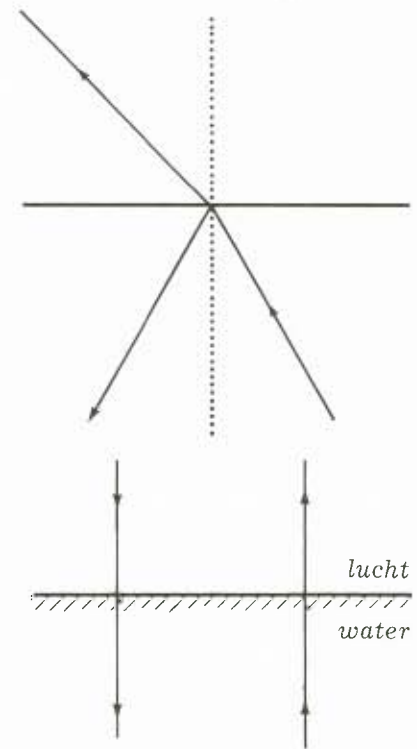
Lucht noemen we optisch ijl.



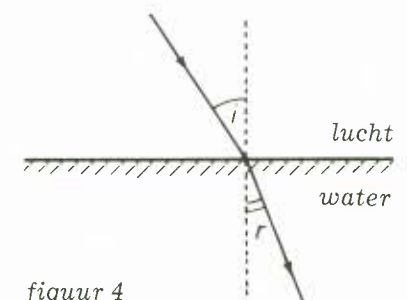
figuur 1



figuur 2

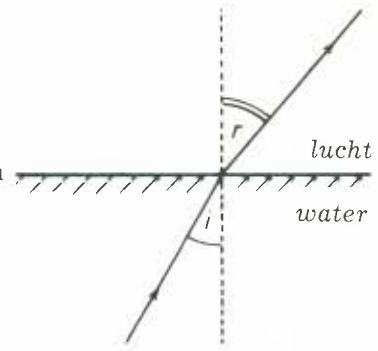


figuur 3



figuur 4

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



figuur 5

Samenvattend:

1. Loodrechte inval geen breking.
2. Van optisch ijl (lucht) naar optisch dicht (glas, perspex, water) breking naar de normaal toe.
3. Van optisch dicht naar optisch ijl: breking van de normaal af.

Hieronder volgen enkele vraagstukken.

Dikwijls moet je daarbij tekenen, hoe een gebroken lichtstraal verder loopt. Doe dat eens op de volgende manier:

- teken de normaal.
- kijk wat de optisch dichtere en wat de optisch ijlere stof is.
- is er breking van de normaal af of naar de normaal toe?
- teken nu de gebroken straal.

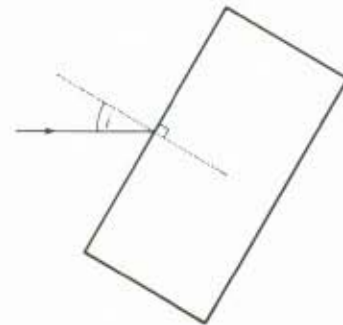
Wanneer de hoek van breking niet gegeven is, kun je de gebroken lichtstraal schetsen.

Het gaat er dan vooral om of hij **van** of **naar** de normaal gebroken wordt.

2

Een lichtstraal valt scheef op een dik stuk glas, zie figuur 6.

- a. Hoe heet de stippellijn in figuur 6?
- b. Maak de tekening af.
- c. Hoe komt de lichtstraal uit het glas vergeleken met de opvallende lichtstraal?

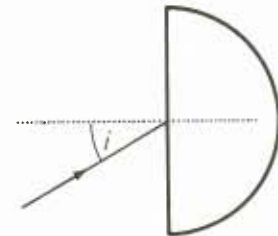


figuur 6

3

Zie figuur 7.

- 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° .

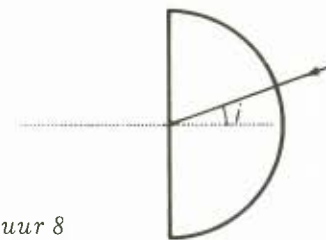


figuur 7

4

Zie figuur 8.

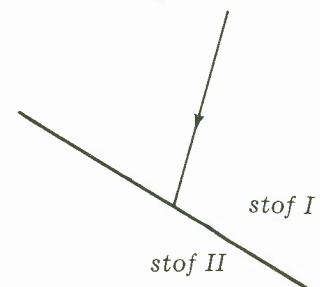
- a. Teken het verdere verloop van de lichtstraal als de hoek van breking = 30° .
- b. Teken met een andere kleur de gang van een lichtstraal waarvan de hoek van inval = 30° .



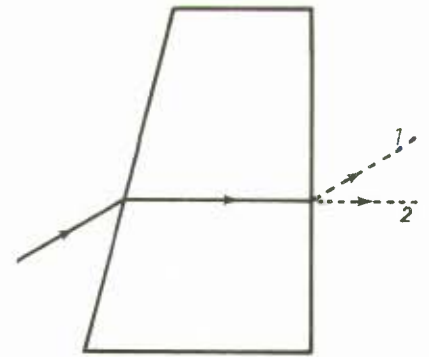
figuur 8

5

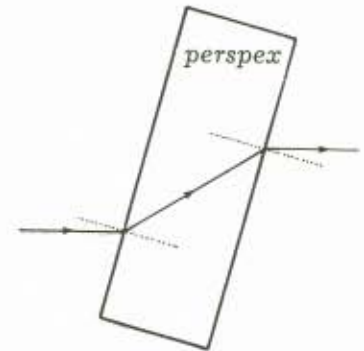
Een lichtstraal valt op het grensvlak tussen stof I en stof II (zie tekening). Gegeven is, dat stof II optisch ijler is dan stof I. Teken de gebroken straal.



6
Welke straal is juist getekend in de tekening hiernaast: 1 of 2?
Waarom?



7
Wat is er fout in de tekening hiernaast?



H 2 De lenzenformule

Inleiding

In blok 9 heb je kennis gemaakt met de vergroting N van een lens. In

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

Als je dus b en v kent, kun je de vergroting van de lens berekenen.

Voorbeeld: als de voorwerpsafstand 2 cm is en de beeldsafstand 10 cm,

dan is de vergroting $N = \left| \frac{10}{2} \right| = \left| 5 \right| = 5$

Maar je kunt nog meer berekenen als je b en v kent.

Met de lenzenformule kun je er namelijk achter komen hoe groot de brandpuntsafstand van de lens is.

De lenzenformule

De lenzenformule luidt:

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

In woorden:

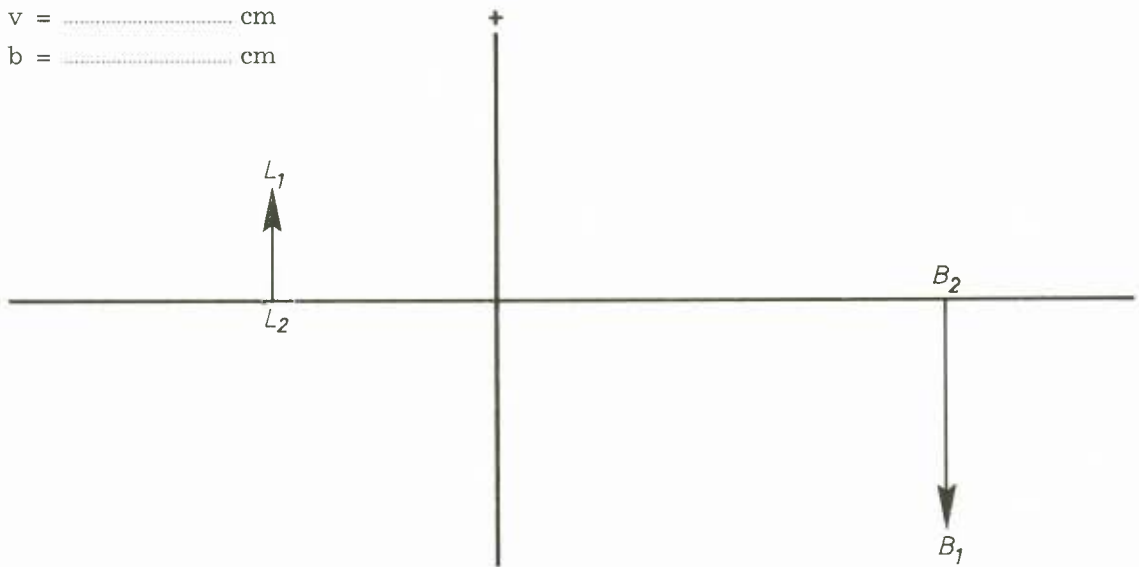
het omgekeerde van de beeldsafstand **plus** het omgekeerde van de voorwerpsafstand **is gelijk aan** het omgekeerde van de brandpuntsafstand.

Kontrolle van de lenzenformule

Meet in onderstaande tekening de voorwerpsafstand (v) en de beeldsafstand (b).

$v = \dots\dots\dots$ cm

$b = \dots\dots\dots$ cm



Bereken met de lenzenformule de brandpuntsafstand van de lens.

$f = \dots\dots\dots$ cm (berekende waarde).

Konstrueer met behulp van de bijzondere lichtstralen de plaats van de brandpunten F_1 en F_2 van de lens.

Meet de brandpuntsafstand (f) in je tekening.

$f = \dots\dots\dots$ cm (gemeten waarde).

Als je alles goed gedaan hebt, is de berekende waarde f en de gemeten waarde voor f precies gelijk.

Rekenen met de formules

In de volgende 9 sommen kun je oefenen met de lenzenformule. De eerste 2 zijn bij wijze van voorbeeld voor je uitgewerkt.

1
Bereken de brandpuntsafstand van een lens als $b = 20$ cm en $v = 15$ cm.

Gegeven: $b = 20$ cm, $v = 15$ cm

Gevraagd: f .

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

dus: $\frac{1}{f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{20} \Rightarrow \frac{1}{f} = 0,12$ en $f = 8,6$ cm.

2
Bereken de brandpuntsafstand als $b = -25$ cm en $v = 5$ cm.

Gegeven: $b = -25$ cm, $v = 5$ cm.

Gevraagd: f .

Oplossing:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{5} + \frac{1}{-25} = \frac{1}{5} - \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4}{25} \Rightarrow f = 6,26 \text{ cm}$$

Je ziet dat $f > v$. Dat klopt want het beeld is virtueel.

3
Bereken de brandpuntsafstand als $b = 10$ cm en $v = 10$ cm.

Rekenmachine:

$$15 \left[\frac{1}{x} \right] + 20 \left[\frac{1}{x} \right]$$

$$= \text{Het tussenresultaat is } \frac{1}{f}$$

Dus toets je $\left[\frac{1}{x} \right]$ in en dan krijg je f .

4

- a. Bereken de beeldsafstand als $f = 10$ cm en $v = 20$ cm.
- b. Hoe groot is de vergroting N ?

5

Hoe groot is de beeldsafstand als $f = 15$ cm en $v = 10$ cm?

6

Je wilt met een diaprojektor een dia op een scherm projekteren, dat op 2 m van de lens staat.

De brandpuntsafstand van de lens is 5 cm. Hoe ver moet je de dia voor de lens zetten?

Aanwijzing: hoe groot is b ?

7

Een fotograaf wil een bloem fotograferen, die op 40 cm voor de kamera staat. De brandpuntsafstand van de lens van de kamera is 10 cm. Hoe ver moet de film van de lens staan zodat de bloem scherp op de film komt?

8

Een lens met een brandpuntsafstand van 12 cm maakt van een voorwerp een virtueel beeld, dat op 6 cm vóór de lens komt.

Wat is de voorwerpsafstand?

9

Je wilt een dia 25 keer vergroten. Dat lukt als je het scherm 5 m van de diaprojektor zet.

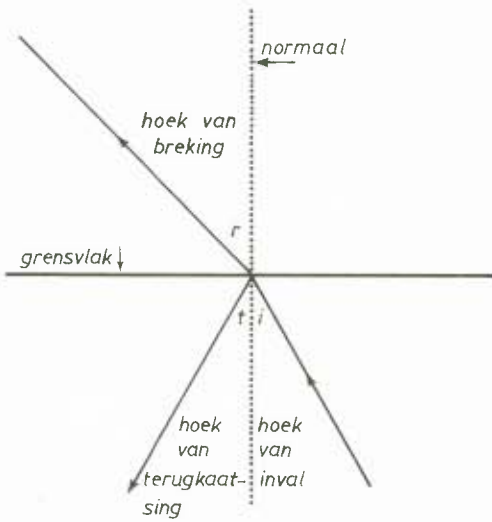
Wat is de voorwerpsafstand?

Wat is de brandpuntsafstand van de lens, die in de projektor zit?

Blok 11 Antwoordblad

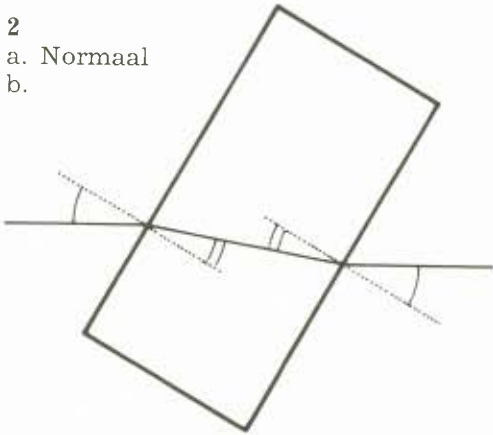
H 1 Lichtbreking

1

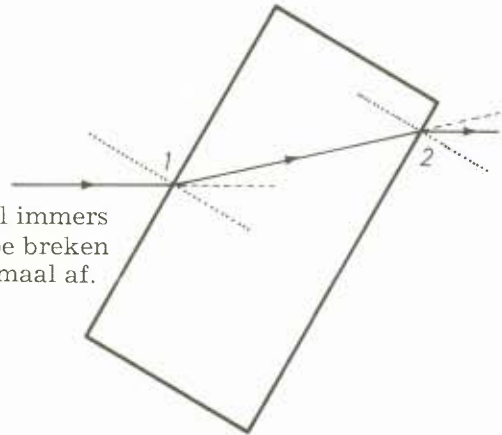


2

- a. Normaal
- b.



Fout is dus:

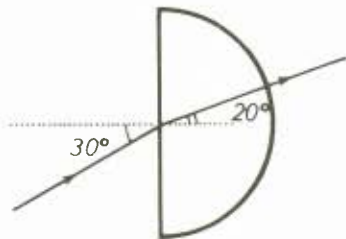


Bij 1 moet de straal immers naar de normaal toe breken en bij 2 van de normaal af.

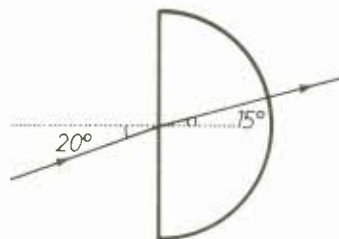
- c. De lichtstraal komt evenwijdig met de opvallende lichtstraal uit het glas.

3

a.

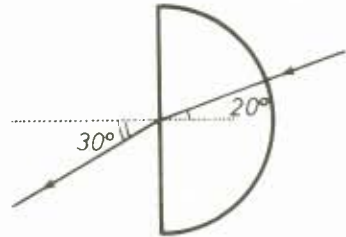


b.

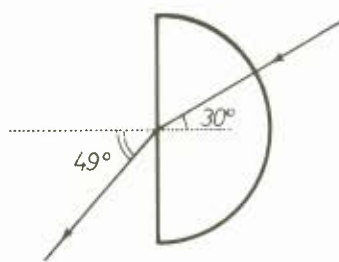


4

a.

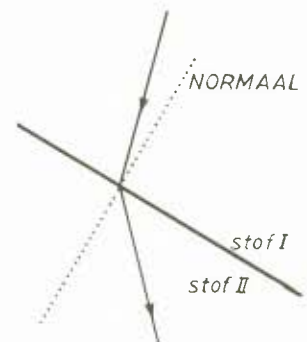


b.



5

Breking van de normaal af.



6

Straal 2.

De voor- en achterkant zijn **niet** evenwijdig. Dus geen verschuiving van de lichtstraal, of anders gezegd invallende en uittreedende straal zijn niet evenwijdig.

7

Bij het linkervlak breekt de straal van de normaal af. Dat kan niet, want perspex is optisch dichter dan lucht.

Bij het rechtervlak breekt de straal naar de normaal toe.

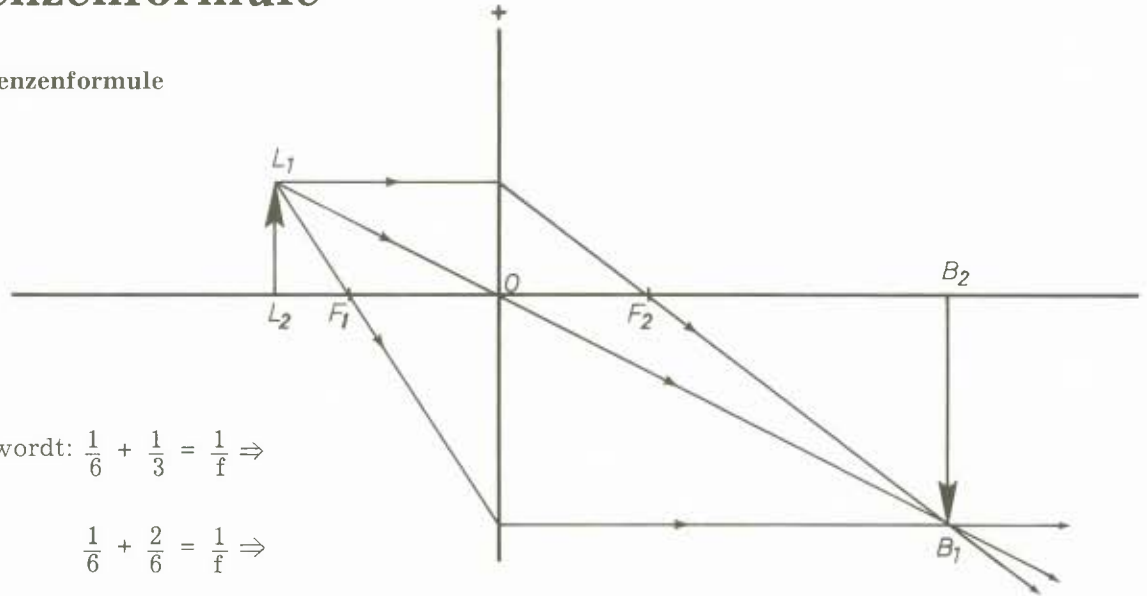
Ook dat klopt niet.

H 2 De lenzenformule

Kontrolle van de lenzenformule

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

$$b = 6 \text{ cm}$$



$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}, \text{ dit wordt: } \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{6} + \frac{2}{6} = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{6} \Rightarrow$$

$$f = \frac{6}{3} = 2 \text{ cm (berekende waarde). Vergeet deze laatste stap niet!}$$

$f = 2 \text{ cm}$ (gemeten waarde in bovenstaande tekening).

Vraagstukken

3

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{5}$$

$\Rightarrow f = 5 \text{ cm}$ (Denk om de laatste stap).

4

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

Je moet nu de beeldsafstand berekenen. Daarom schrijven we de formule zo:

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{10} - \frac{1}{20} \Rightarrow b = 20 \text{ cm}$$

b. de vergroting $N = \frac{b}{v} = \left| \frac{20}{20} \right| = 1.$

Dus beeld en voorwerp zijn even groot.

5

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{15} - \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{b} = -0,033 \Rightarrow b = -30 \text{ cm}$$

(het beeld is virtueel)

6

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b} \quad f = 5 \text{ cm}$$

$$b = 200 \text{ cm (de afstand projector-scherm)}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{5} - \frac{1}{200} \quad (b = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = 0,195$$

$$\Rightarrow v = 5,13 \text{ cm}$$

7

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} \quad f = 10 \text{ cm}$$

$$v = 40 \text{ cm (de bloem staat 40 cm voor de lens)}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{10} - \frac{1}{40}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{40}$$

$$\Rightarrow b = 13,33 \text{ cm}$$

8

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

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{12} - \frac{1}{-6}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{3}{12}$$

$$\Rightarrow v = 4 \text{ cm}$$

9

$$N = \left| \frac{b}{v} \right| = 25$$

$$b = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

$$\frac{500}{v} = 25 \Rightarrow v = 20 \text{ cm}$$

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

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{500} + \frac{1}{20}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{26}{500}$$

$$\Rightarrow f = 19,23 \text{ cm}$$

108 Kleuren

Inleiding

Je hebt vast wel eens de regenboog gezien! Misschien heb je je dan ook wel afgevraagd hoe zo'n regenboog ontstaat. En bestaat hij wel écht? Kan je er bijvoorbeeld naar toe vliegen of is de regenboog onbereikbaar? In dit extra blad kom je wat meer te weten over de regenboog en kleuren in het algemeen.

A. De regenboog

Tijdens één van de voorgaande lichtproeven heb je wellicht al gemerkt dat bij breking van wit licht in glas of perspex ineens kleuren ontstonden. Probeer de volgende proef maar eens uit te voeren. Ongeveer 300 jaar geleden bestudeerde een zéér beroemd geleerde, Isaäc Newton al op deze manier het zonlicht!

Proef 1

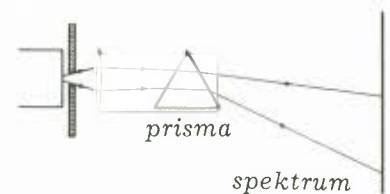
Laat een bundel wit licht uit een lichtkastje op een scherm vallen. Zet een prisma tussen het kastje en het scherm (zie tekening). Geef aan wat je ziet.

.....

.....

.....

.....



Zo'n opeenvolging van kleuren heet een **spektrum**.

Je hebt nu eigenlijk al het principe van de regenboog ontdekt! Het belangrijkste verschil is dat er geen prisma's maar waterdruppels bij te pas komen! Met het volgende **model** van een „hele grote regendruppel” kun je dit verschijnsel verder onderzoeken.

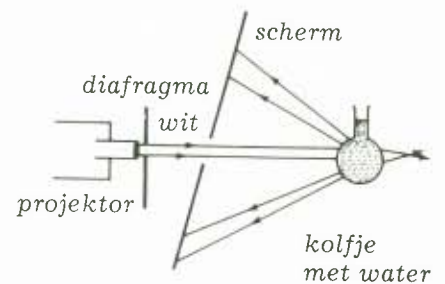
Proef 2

Vul een bolvormig kookkolfje met water. Zorg ervoor dat het water zo min mogelijk luchtbelletjes bevat.

Laat een felle lichtbundel via een diafragma en een opening in een scherm op het kolfje vallen.

Wanneer het licht goed invalt, is op het scherm een regenboog te zien. Eventueel moet je de projektorlens en diafragma wat bijregelen. Geef in een tekening aan hoe de kleuren verdeeld zijn. Doe dit met kleuren. Je kan ook het scherm weghalen en zelf in de juiste richting naar de kolf kijken. Wat zie je?

Deze proef deed de Duitse monnik Theodoric van Freiburg al in 1304, toen hij op het idee kwam dat de regenboog het resultaat is van gezamenlijke terugkaatsing van de regendruppels in een wolk!



De volgende proef kan je alleen doen als de zon schijnt!

Proef 3

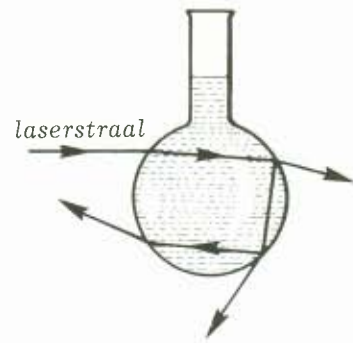
Ga buiten op een trap staan en laat een ander met een plantenspuit een gordijn van druppels maken, enkele meters voor de trap. Je kunt dan de **volledige** regenboog zien!

- Vraag 1. Waarom moet je altijd met je rug naar de zon toe staan om de regenboog te kunnen zien?
 Wat zou je zien als je naar de zon toe kijkt?



Proef 4

Laat een laserstraal of een smalle maar felle lichtbundel op het kolfje met water vallen.



Voeg een beetje fluoresceïne aan het water toe om de loop van de lichtbundels zichtbaar te maken.

NIET IN DE LASERBUNDEL KIJKEN!

Wat neem je waar?

.....

.....

Proef 4 is een model van wat er in werkelijkheid gebeurt:
Het licht van zon wordt gebroken en weerkaatst door de kolf. Door de breking wordt het witte licht uiteengehaald in een aantal kleuren.

Je hebt gezien dat je wit licht in andere kleuren kunt opsplitsen met behulp van een prisma.

Proef 5

Onderzoek met een prisma het licht van:

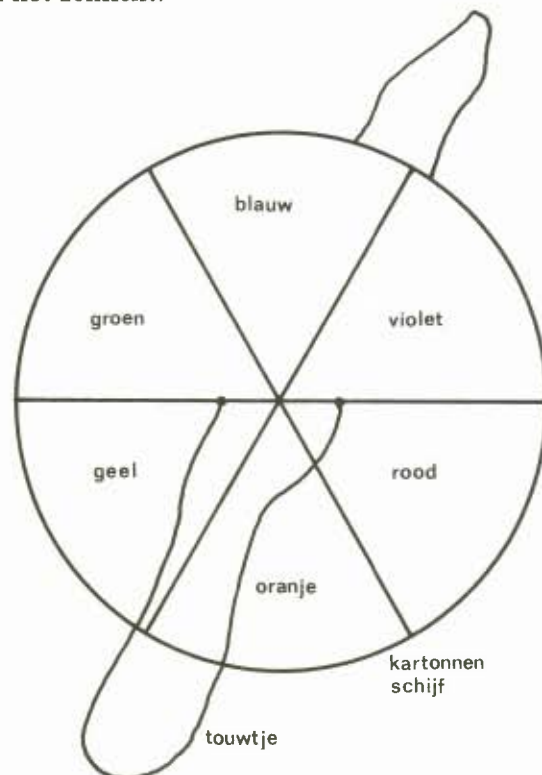
- een gloeilamp
- een t.l.-buis
- een gasvlam

Schrijf eventuele verschillen op.

Tenslotte kun je een proef doen waarbij een gekleurde schijf wit wordt.

Proef 6: Wit maken

Het witte licht van de zon kun je met een prisma ontleden in kleuren. Nu gaan we het omgekeerde doen. We maken een schijf zoals die hiernaast staat. Kleur hem in, prik er dan twee gaatjes in en laat hem door middel van een in elkaar gedraaid touwtje ronddraaien. Probeer hem zo snel mogelijk rond te laten draaien en houd hem in het zonlicht.



109 Lensafwijkingen

De beeldvorming bij lenzen blijkt te voldoen aan heel bepaalde regels. Je kent uit de basisstof van dit blok al de lenzenformule, die aangeeft hoe het verband is tussen voorwerpsafstand, beeldsafstand en de brandpuntsafstand. 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. Een goede lens kan honderden guldens kosten. 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?

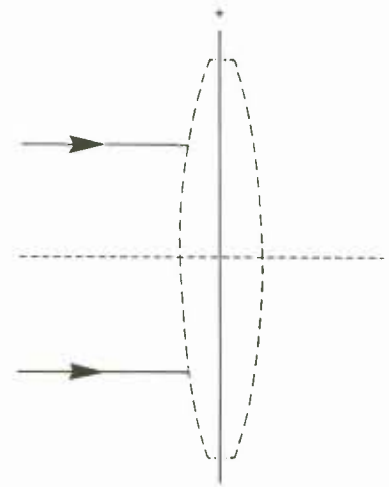
Proef 2

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 $f = 10$ cm (zie figuur 1). Bepaal het snijpunt van de gebroken lichtstralen, als je een blauw filter in de bundel houdt.

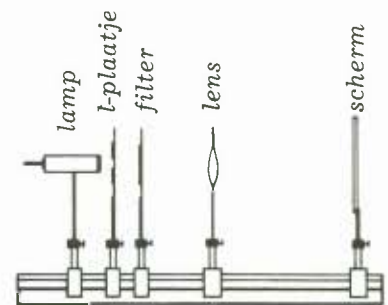
Vervang het blauwe filter door een rood filter **zonder verder iets te verschuiven** en bepaal weer het snijpunt van de gebroken stralen.



figuur 1

Vragen

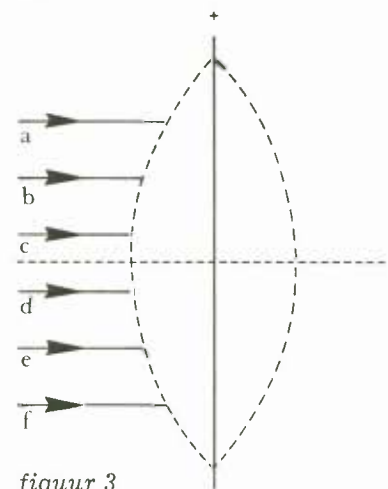
1. Wat valt je op aan de beide snijpunten?
2. Welke kleur licht wordt het sterkst gebroken?
De gevonden afwijking noemen we **chromatische aberratie** (chroma = kleur, aberratie = afwijking).
3. Hoe kun je deze afwijking merken als je van een lichtgevend voorwerp een beeld ontwerpt op een scherm?
4. 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 2

Proef 4

Neem een lens met een kleine brandpuntsafstand ($f = 4$ 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.



figuur 3