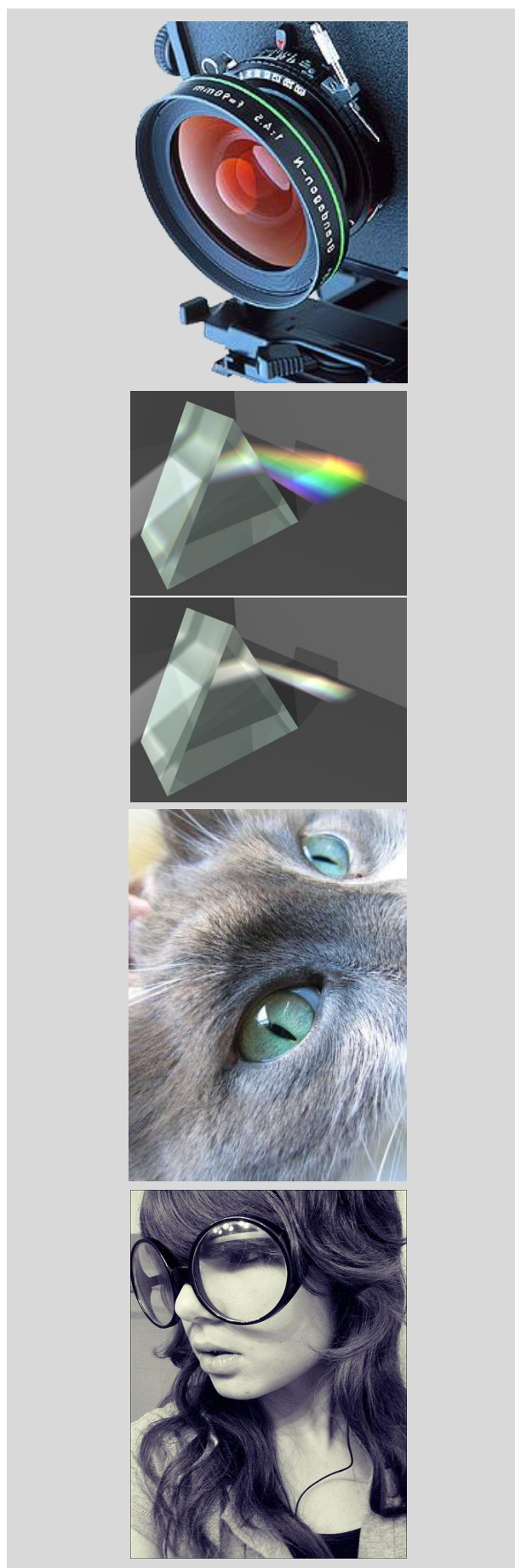


3.0 Licht 2

- 3.1 Camera
- 3.2 Lens
- 3.3 Drie stralen
- 3.4 Drie formules
- 3.5 Oog



Beelden**Spiegelbeeld** (2hv paragraaf 5.3)**Even groot**

Dankzij de spiegel konden we onszelf voor het eerst zien.

Spiegeltjes waren een geweldig ruilmiddel voor kooplieden van de VOC.

Virtueel (niet echt)

Geen lichtstralen ter plaatse, het beeld kan **niet vastgelegd** worden.

Lensbeeld**Verkleind, vergroot en even groot**

Sinds de uitvinding van de telescoop door **Galileo Galilei** en de microscoop door **Antoni van Leeuwenhoek** dringen we steeds verder door in de wereld van het grote en het kleine.

Reëel (wel echt)

Wel lichtstralen ter plaatse, het beeld kan **wel vastgelegd** worden:

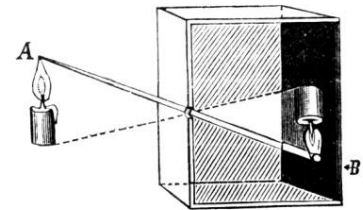
- op een lichtgevoelige plaat/film (vanaf ± 1850)
- op een lichtgevoelige chip (vanaf ± 2000)

Fotograferen (schrijven met licht, Gr.)

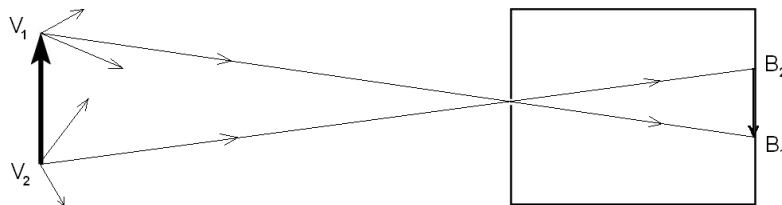
De **camera obscura** (donkere kamer, Lat.) werd al geruime tijd door tekenaars en kunstschilders gebruikt voordat men er na de uitvinding van de lichtgevoelige plaat mee ging fotograferen.

Demo: *Neem een kartonnen doosje en prik er een gaatje in. Verduister vervolgens de ruimte, plaats een kaarsvlam voor het gaatje en kijk door de bovenkant naar binnen.*

phy.ntnu.edu.tw/camera_obscura

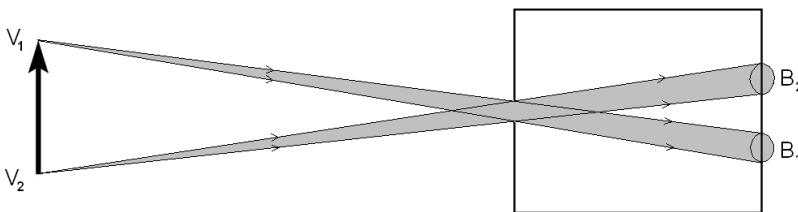
Introductie van de lens

1. De speldenprikopening in de camera obscura zorgt voor een scherp maar donker beeld

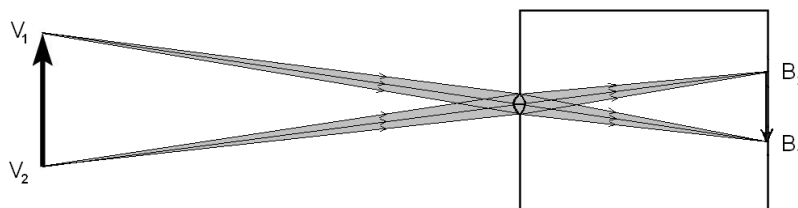


Alleen statische foto's mogelijk

2. Als je de opening vergroot wordt het beeld wel lichter maar helaas ook onscherper



3. Door een stukje glas in de vergrootte opening te plaatsen maak je het onscherpe beeld weer scherp



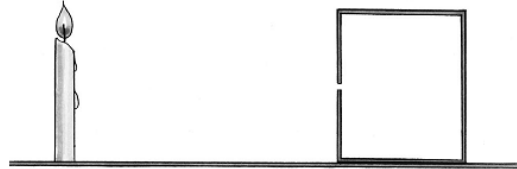
Ook actiefoto's mogelijk

In de volgende paragraaf onderzoeken we hoe het stukje glas dit voor elkaar krijgt.

1. Noem twee belangrijke verschillen tussen het spiegelbeeld en het beeld van een fotocamera.
2. Waarom waren eenvoudige spiegeltjes goud waard voor de bewoners van pas ontdekte werelddelen?
3. Leg uit waarom de mensen op oude foto's meestal stilstaan. Geef twee redenen.
4. Leg uit, waarom je met de huidige camera's bij een voetbalwedstrijd wel actiefoto's kunt maken en met de camera obscura van vroeger niet. Geef twee redenen.

5. Voor een gaatjescamera staat een kaars.

- a. Construeer het beeld van de (hele) kaars op de achterwand van de gaatjescamera.
- b. Wat valt je op aan het beeld?
- c. Kun je dit uit je tekening verklaren?



6. Met behulp van een kartonnen doosje, een schaar en een spelt maakt Koen een camera obscura. Om het beeld van een kaarsvlam die hij voor de opening heeft gezet te kunnen zien, knipt hij een dekseltje in de bovenkant van het doosje. Tot zijn grote teleurstelling ziet hij niets.
 - a. Is er wel beeld in het doosje?
 - b. Hoe komt het dat Koen geen beeld ziet?
 - c. Welke twee dingen kan hij doen, om het beeld wel te zien?

7. Met een oude rolfilmcamera fotografeert Vince bij een wielrenner die hem van links naar rechts passeert. Op het moment dat hij afdrukt laat de renner zijn bidon op de grond vallen.
 - a. In welke richting beweegt het beeld van de renner over de film?
 - b. In welke richting beweegt het beeld van de bidon over de film?

8. Vul in:

Als je het gaatje bij de camera obscura groter maakt, wordt het beeld ... (A) maar ook ... (B).

9. Hiernaast staan twee dezelfde clowntjes A en B voor een camera obscura.

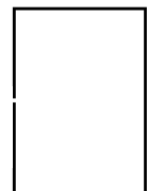
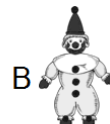
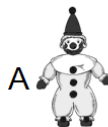
- a. Construeer het beeld van elk clowntje.

Clowntje A staat lager dan clowntje B.

- b. Welk beeld staat hoger?
- c. Kun je dat uit de tekening verklaren?

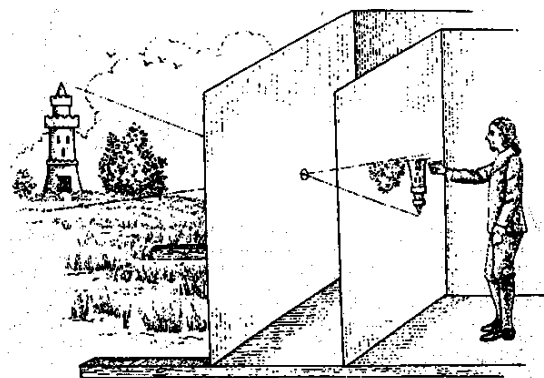
Clowntje A staat 2 keer zo ver van de camera als clowntje B.

- d. Wat betekent dat voor het beeld van clowntje A? *Controleer je antwoord.*



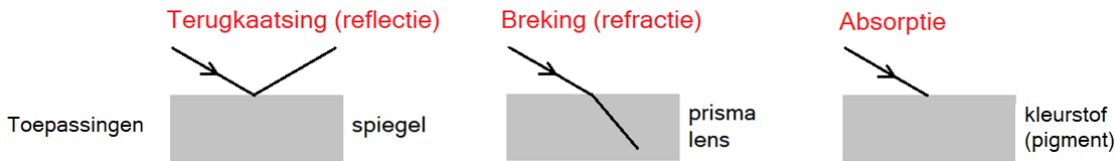
10. De camera obscura was lange tijd een handig hulpmiddel bij het tekenen en schilderen. Het onderwerp werd afgebeeld op een vel doorzichtig papier en overgetekend. Hiernaast gebruikt de meetkundige Simon Stevin een verplaatsbare donkere kamer om er de hoogte van een toren mee te bepalen. De afstand van de toren tot de kamer is 150 m. Het scherm waarop de toren wordt afgebeeld bevindt zich 60 cm achter de opening in de wand. De afgebeelde toren is 12 cm hoog.

Bereken de hoogte van de toren.

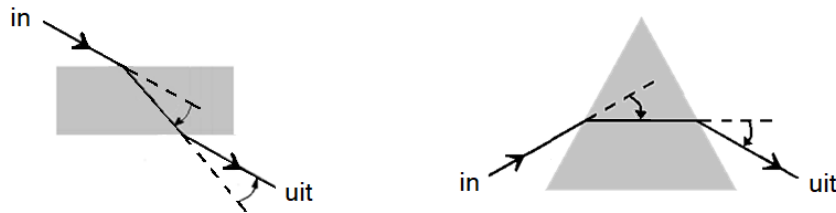


Breking

Als een lichtstraal valt op het grensvlak van twee stoffen, zijn er drie mogelijkheden:



Bij practicum 3.2 onderzoeken we het verschijnsel **breking (refractie)** bij *blokjes*, *prisma's* en *lenzen* van plexiglas. We zien dat lichtstralen twee keer breken en kijken in welke richting dat gebeurt.



- **Lichtstralen breken altijd naar de dichtste stof toe**

[wikipedia.org/wiki/doorsnede prismakijker](http://wikipedia.org/wiki/doorsnede_prismakijker)
[phy.ntnu.edu.tw/breking zaklamp onder water](http://phy.ntnu.edu.tw/breking_zaklamp_under_water)
[phy.ntnu.edu.tw/breking vis ziet 2 vissen](http://phy.ntnu.edu.tw/breking_vis_ziet_2_vissen)

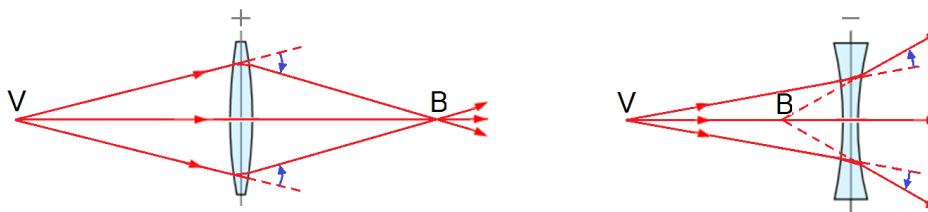
[virtueelpracticumlokaal/breking lichtstraal](http://virtueelpracticumlokaal/breking_lichtstraal)
phet.colorado.edu/lichtbreking

Holle en bolle lenzen

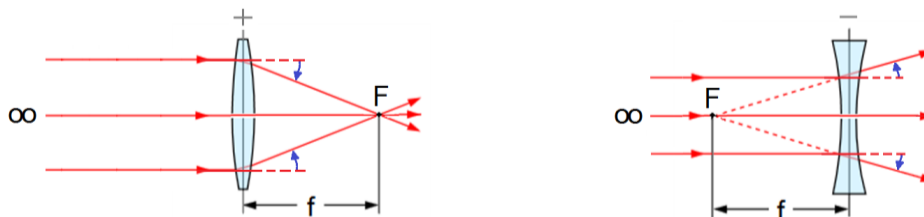


- **Bolle of positieve (+) lenzen werken convergerend**
- **Holle of negatieve (-) lenzen werken divergerend**

Een lens wordt zo geslepen dat hij alle stralen uit **voorwerpspunt V** naar **beeldpunt B** stuurt.



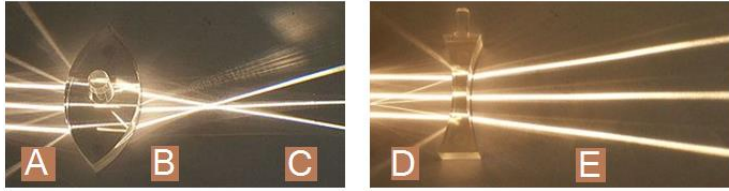
Vormen de stralen uit voorwerpspunt V een **evenwijdige bundel**, dan stuurt de lens ze naar **brandpunt F**.



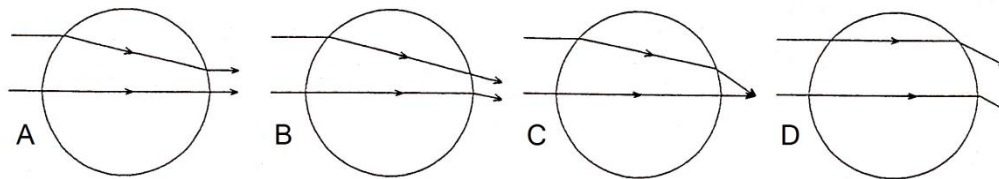
- **Hoe sterker een lens (breekt), hoe kleiner zijn brandpuntsafstand f**

Practicum 3.2

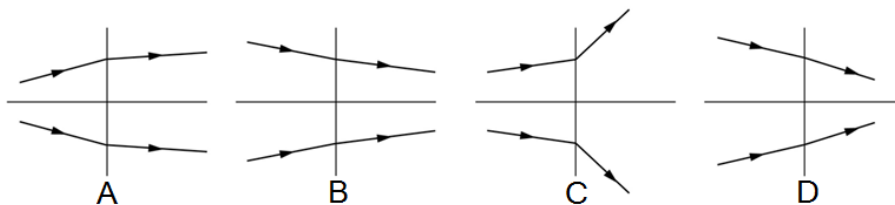
- Geef een voorbeeld van:
 - een convergente lichtbundel
 - een divergente lichtbundel
 - een evenwijdige lichtbundel
- Hieronder zie je twee foto's van een practicum. Welk type lichtbundel zie je boven de letters A t/m E?



- In welk van de volgende vier tekeningen worden de twee lichtstralen op de juiste wijze gebroken?



Is de lens in de figuren A, B, C en D positief of negatief ?



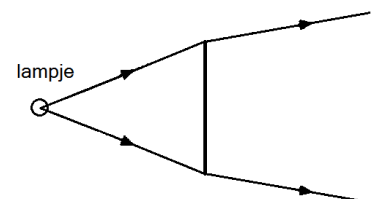
- Verdeel de volgende zes woorden in twee groepen van woorden die bij elkaar horen:
hol negatief convergent divergent bol positief
- Wat kies je bij de letters A t/m E?
 Bij zwakke lenzen is de brandpuntsafstand *groter/kleiner* (A) dan bij sterke.
 Zwakke lenzen convergeren *meer/minder* (B) dan sterke.
 Zwakke lenzen plaatsen het beeld op *grotere/kleinere* (C) afstand van de lens dan sterke.
 Als een voorwerp van de lens af beweegt, wordt de beeldafstand *groter/kleiner/blijft gelijk* (D) en de brandpuntsafstand *groter/kleiner/blijft gelijk* (E).
- Donna en Lincy hebben ieder een bolle lens. De brandpuntsafstanden zijn gelijk, maar Donna's lens is groter. Ze houden hun lens op dezelfde afstand van een voorwerp.
 Donna zegt, dat haar beeld groter is omdat haar lens groter is.
 Lincy zegt, dat hun beelden even groot zijn.
 Leg uit wie er gelijk heeft.

- Dennis plaatst een lens in de lichtbundel van een lampje. Hieronder is de stralengang getekend.

- Gebruikt hij een positieve of een negatieve lens?
 Om de bundel evenwijdig te maken overweegt Dennis de volgende mogelijkheden:

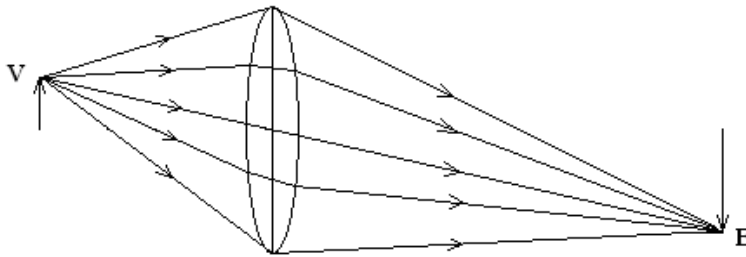
- achter de eerste lens een extra positieve lens plaatsen;
- achter de eerste lens een extra negatieve lens plaatsen;
- de lens naar de lamp toe bewegen;
- de lens van de lamp af bewegen;
- de lens vervangen door een sterkere lens;
- de lens vervangen door een zwakkere lens.

- Welke mogelijkheid of mogelijkheden kan hij gebruiken?



Beeldvorming bolle lens

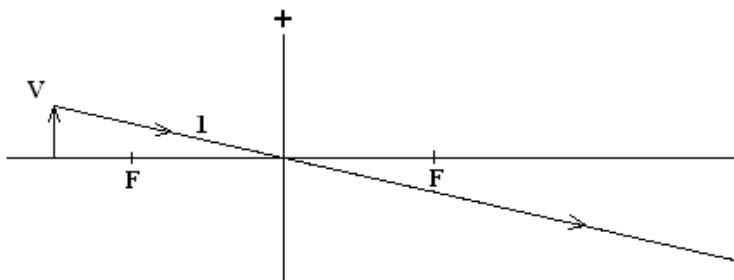
De lens is zo geslepen dat **alle stralen** uit V naar B gaan.



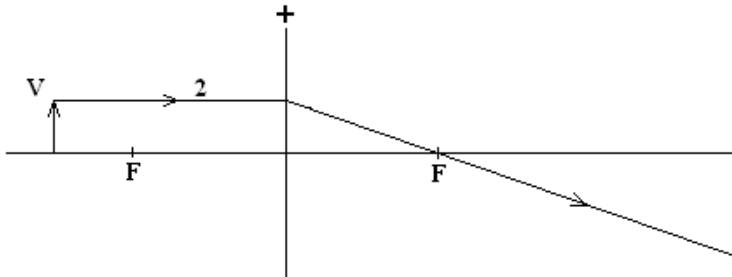
Beeldconstructie bolle lens

Van **drie stralen** uit V weten we ook hoe ze naar B gaan.

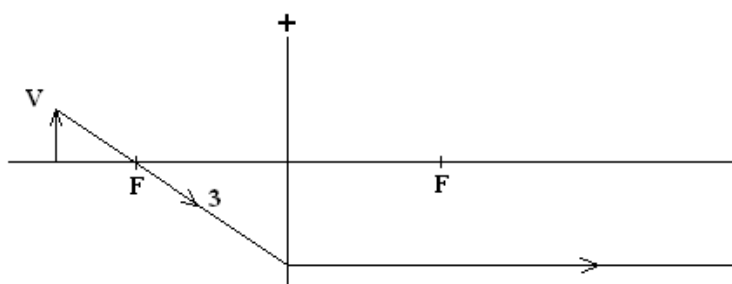
- **Straal 1 door het midden van de lens** wordt niet gebroken maar gaat rechtdoor.



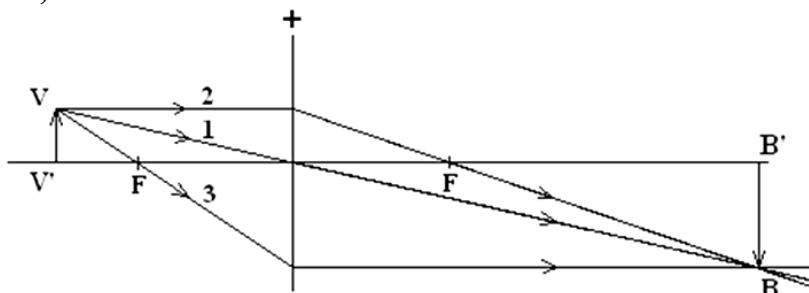
- **Straal 2 evenwijdig aan de hoofdas** gaat na breking naar het brandpunt F.



- **Straal 3 door het brandpunt F** gaat na breking evenwijdig aan de hoofdas verder.



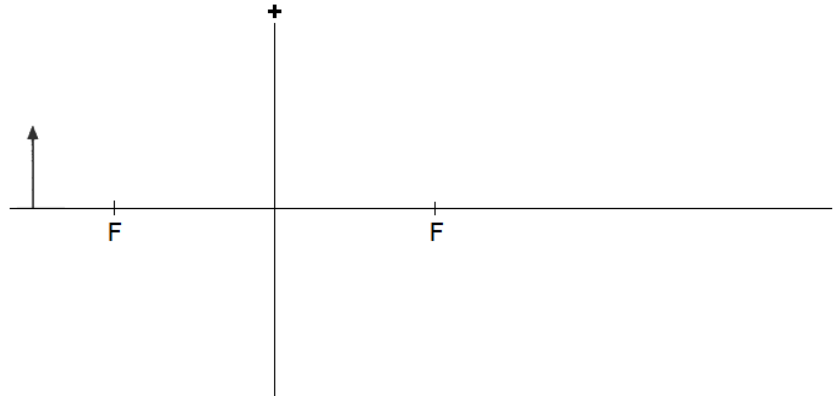
- **Straal 1, 2 en 3:**



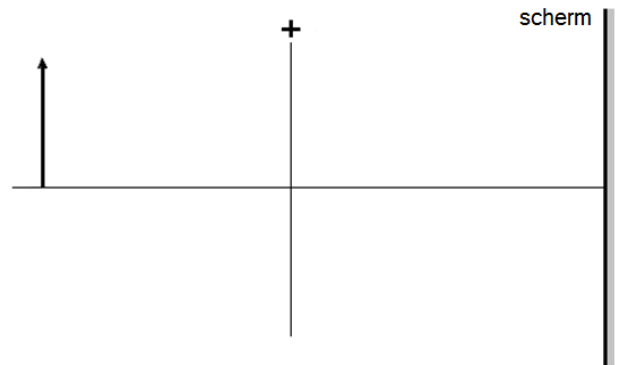
De gang der lichtstralen is omkeerbaar.

Opgaven

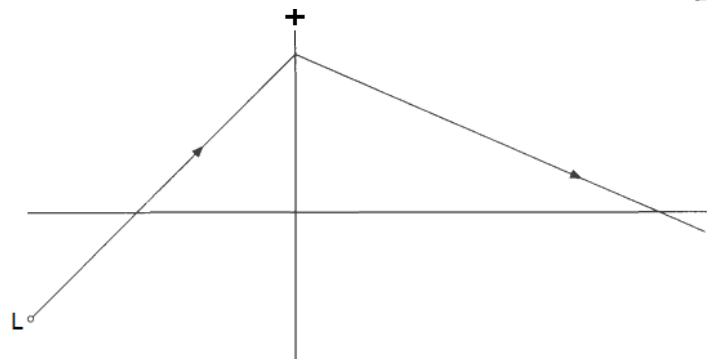
- 1 Hiernaast staat een pijl voor een lens.
 a. Construeer het beeld van de pijl.
 b. Hoeveel keer is het beeld vergroot?



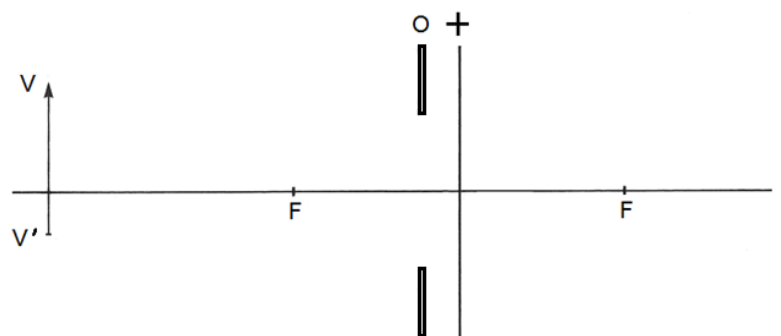
- 2 Hiernaast vormt een lens een scherp beeld van een pijl op een scherm.
 a. Construeer het beeld van de pijl.
 b. Construeer de plaats van de twee brandpunten.



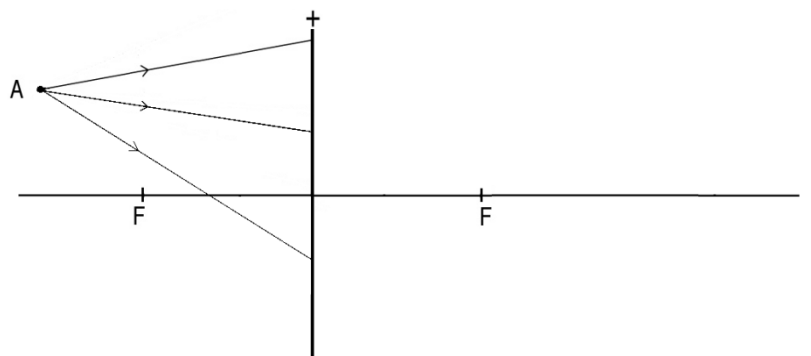
- 3 Hiernaast wordt een lichtstraal uit L door een lens gebroken.
 a. Construeer het beeld dat de lens van L vormt.
 b. Construeer de beide brandpunten van de lens.
 c. Bepaal de brandpuntsafstand van de lens.



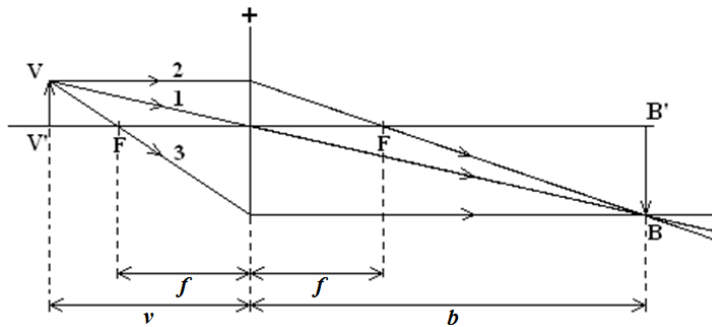
- 4 Hiernaast zie je een cameralens (+) met hoofdas en beide brandpunten. Voor de lens bevindt zich een diafragmaopening (O).
 a. Construeer het beeld van de pijl VV'.
 b. Arceer de lichtbundel van de top V die *precies* door de diafragmaopening past.



- 5 Teken hiernaast hoe de drie lichtstralen uit A achter de lens verder gaan.



Van de meetkunde naar de algebra

• **Beeld tekenen met drie stralen** f = brandpuntsafstand v = voorwerpsafstand b = beeldafstand VV' = lengte van het voorwerp BB' = lengte van het beeld

Door letters op afstanden en lengten te plakken, kunnen we eenvoudig overstappen van de **meetkunde** (tekeningen) naar de **algebra** (vergelijkingen).

• **Beeld berekenen met drie formules**

$$N \stackrel{\text{def}}{=} \frac{BB'}{VV'}$$

(definitie vergroting N)

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

(vergrotingsformule)

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

(lenzenformule)

$N > 1$: vergroting (projector)
 $N = 1$: gelijk (kopieermachine)
 $N < 1$: verkleining (camera)

Een voorbeeld:

Geg: Er staat een voorwerp voor een lens. De lengte van het voorwerp $VV' = 0,8$ cm, de voorwerpsafstand $v = 3,7$ cm en de brandpuntsafstand $f = 2,5$ cm.

Gevr: Bepaal a. door een tekening
 b. door een berekening

de beeldafstand b , de lengte van het beeld BB' en de vergroting N .

Vergelijk de uitkomsten van a. en b.

Opl: a. Beeld tekenen met drie stralen

Door de 3 bekende stralen te trekken, leggen we eerst het beeldpunt B vast. Vervolgens meten we de gevraagde grootheden op.

b. Beeld berekenen met drie formules

Door de 3 bovenstaande formules in te vullen, krijgen we een oplosbaar stelsel van 3 vergelijkingen met 3 onbekenden.

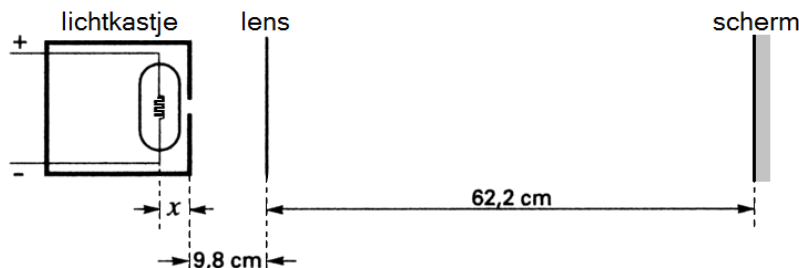
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{2,5} = \frac{1}{3,7} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{2,5} - \frac{1}{3,7} = 0,130 \rightarrow b = \underline{7,7 \text{ cm}} \quad (\text{WW 6})$$

$$N = \frac{b}{v} = \frac{7,7}{3,7} = \underline{2,1}$$

$$N \stackrel{\text{def}}{=} \frac{BB'}{VV'} \rightarrow BB' = N \cdot VV' = 2,1 \cdot 0,8 = \underline{1,7 \text{ cm}} \quad (\text{WW 3})$$

Als we nauwkeurig werken, zijn de uitkomsten van de tekening en de berekening aan elkaar gelijk.

- Een 32 cm hoog voorwerp dat 12 cm voor een lens staat, wordt 80 cm achter die lens afgebeeld.
 - Bereken de brandpuntsafstand van de lens.
 - Bereken de vergroting.
 - Bereken de hoogte van het beeld.
- De lens van Koen's rolfilmcamera heeft een brandpuntsafstand van 40 mm. Hij maakt een scherpe foto van een appel. De film bevindt zich 4,5 cm achter de lens.
 - Hoever bevindt de appel zich voor de camera?
 - Gaat het beeld naar de lens toe of er juist vanaf, als Koen de camera dichterbij de appel houdt?
 - Moet hij de lens naar de film toe of er juist vanaf draaien, als hij weer een scherpe foto wil maken?
- Een lamp met een hoogte van 25 cm staat 50 cm voor een lens ($f = 30$ cm). Het beeld valt op een scherm.
 - Hoever staat het scherm van de lens?
 - Hoever staat het scherm van het lampje?
 - Hoe hoog is het beeld van het lampje? *Via een stelsel van 2 vergelijkingen met 2 onbekenden.*
- Hieronder beeldt een lens de gloeidraad van de lamp in een lichtkastje scherp af op een scherm. De brandpuntsafstand van de lens is 10,5 cm. Tussen de voorkant van het lichtkastje en de lens zit 9,8 cm. Tussen de lens en het scherm zit 62,2 cm. Bereken x , de afstand tussen de gloeidraad en de voorkant van het lichtkastje.



- Een positieve lens beeldt een voorwerp van 0,96 m hoog af op een scherm dat zich 15 cm achter de lens bevindt. Het beeld is 24 mm hoog. Bereken de brandpuntsafstand van de lens. *Via een stelsel van 3 vergelijkingen met 3 onbekenden.*
- Vince bepaalt heel slim de hoogte van de aula van zijn school. Zijn brillenglazen hebben een brandpuntsafstand van 80 cm. Met zo'n bril maakt hij op de vloer een scherp beeld van een lichtspotje boven in het plafond. Dat lukt als hij het glas precies 1,00 m boven de vloer houdt. Bereken net als Vince de hoogte (afstand tussen vloer en plafond) van de aula.
- Donna wil haar vakantiedia's projecteren.
 - Waarmee moet ze rekening houden als ze de dia's in de projector stopt? Ze wil de dia's van 24 bij 36 mm zo groot mogelijk afbeelden op een scherm van 1,20 bij 2,00 m.
 - Welke vergroting kan ze maximaal halen? In de projector is de afstand tussen lens en dia 8,0 cm.
 - Hoever moet Donna het scherm van de projector plaatsen, als ze de maximale vergroting wil halen? Tijdens het projecteren wordt een dia warm waardoor hij uitzet en bol kan gaan staan.
 - Leg uit, wat Donna dan op het scherm ziet gebeuren.

Met de substitutiemethode (vwo):

- Je zoekt een lens om een lampje op ware grootte af te beelden op 100 cm afstand van dat lampje. Welke brandpuntsafstand moet je lens hebben?
- Met een positieve lens ($f = 10$ cm) wil je een 5 keer vergroot beeld van een voorwerp maken.
 - Bereken hoe groot de voorwerps- en de beeldafstand worden. Met dezelfde lens wil je er daarna ook nog een 4 keer verkleind beeld van maken.
 - Bereken hoe groot de voorwerps- en de beeldafstand in dat geval worden.

Oog en camera

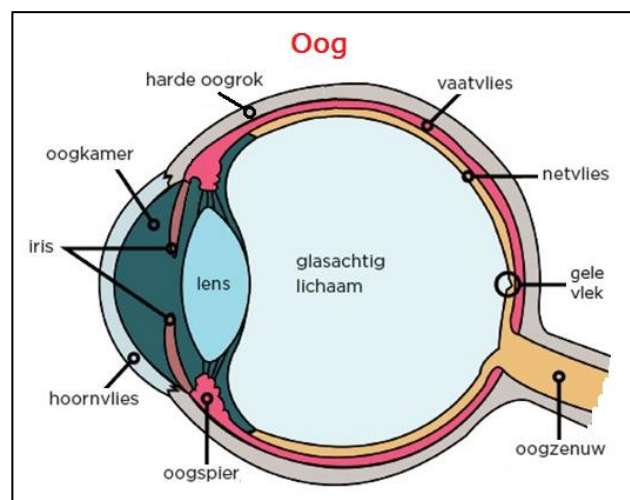
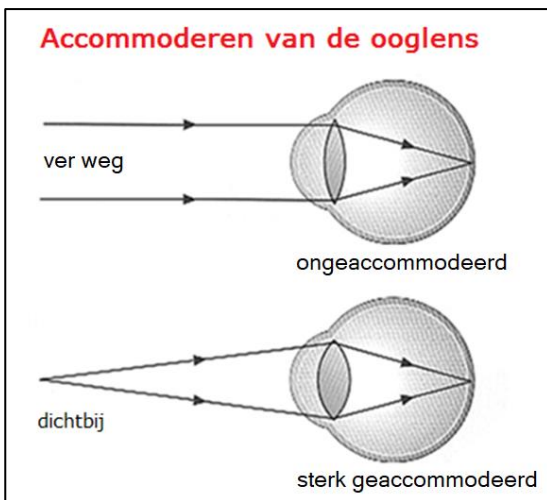
Het **oog** en de **camera** zijn in staat om reusachtig grote voorwerpen af te beelden in een kleine ruimte. Daardoor kunnen we de ruim 300 meter hoge Eiffeltoren niet alleen zien maar ook fotograferen. Ons **netvlies** lijkt op een stukje **rolfilm**. Omdat het 24 keer per seconde ververs wordt, zien we bij meer dan 24 beelden per seconde, geen afzonderlijke beelden meer. De serie beelden verandert dan in een film. Zoals het **diafragma** van een camera de grootte van de **lensopening** bepaalt, zo ook bepaalt de **iris** van je oog de grootte van je **pupil**.

Scherpstellen

Camera: v varieert
 f (lenssterkte) vast } b (afstand tussen lens en film) aanpassen

Oog: v varieert
 b (afstand tussen lens en netvlies) vast } f (lenssterkte) aanpassen = **accommoderen**

Oogafwijkingen



Afwijking	Oorzaak	Oplossing
Verziend Je kunt zonder bril ver weg nog wel scherp zien (mits je wel iets accommodeert)	Ooglens te dun/zwak	+ lens/bril
Bijziend Je kunt zonder bril dichtbij nog wel scherp zien (mits je niet te veel accommodeert)	Ooglens te dik/sterk	- lens/bril
Oudziend Als je ouder wordt kun je zonder bril dichtbij niet scherp meer zien (omdat je ooglens niet goed meer accommodeert)	Oogspier versleten	+ lens/bril (leesbril)

Lenssterkte (S) in dioptrieën (dpt)

Als het brekend vermogen van een lens toeneemt, neemt zijn brandpuntsafstand f juist af (paragraaf 3.2). Daarom kiezen we niet voor f maar voor $1/f$ als maat voor de **lenssterkte S**:

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{f} \quad \text{met} \quad \begin{matrix} S \text{ (dpt)} \\ f \text{ (m)} \end{matrix}$$

Bereken en vul in:

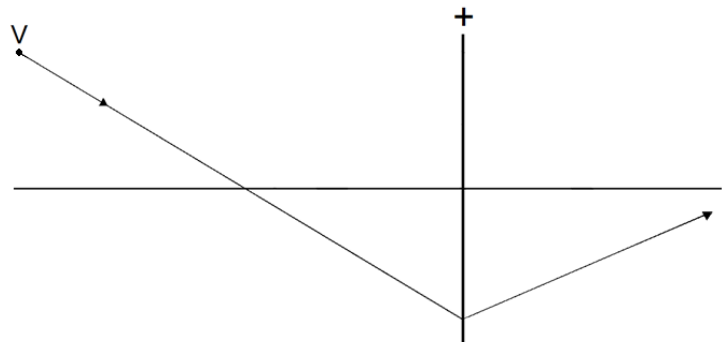
	f (cm)	S (dpt)
a.	15	
b.		+2

Oplossing: a. 6,7; b. 50

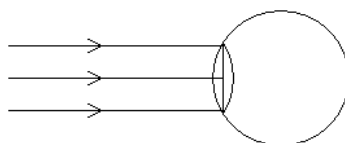
Practicum 3.5

- Oog en fotocamera zorgen er op verschillende manieren voor, dat een voorwerp scherp afgebeeld wordt.
 - Waarom doen ze het niet op dezelfde manier?
 - Leg uit wat er met een cameralens (autofocus) gebeurt als een voorwerp dichterbij komt.
 - Leg uit wat er met een ooglens gebeurt als een voorwerp dichterbij komt.
 - Hoe noemt men dit laatste met een mooi woord en wat betekent dit woord eigenlijk?
- Koen is verziend.
 - Waar kan hij zonder bril toch scherp zien?
 - Wat is de oorzaak van verziendheid?
 - Wat voor brillenglazen moet hij dragen?
- Als Dennis een lampje 40 cm voor een brillenglas houdt, wordt het daar 35 cm achter scherp afgebeeld.
 - Bereken de brandpuntsafstand van het brillenglas.
 - Bereken de sterkte van het brillenglas.

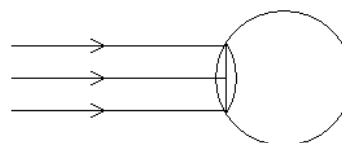
- In de figuur hiernaast (op ware grootte) wordt de lichtstraal uit V door de lens gebroken.
 - Construeer het beeld dat de lens van V vormt.
 - Construeer de brandpunten van de lens.
 - Bepaal de brandpuntsafstand van de lens.
 - Bereken de sterkte (S) van de lens.



- Vince leest een boek met letters van 2,7 mm hoog. Hij houdt het boek op 30 cm afstand van zijn ogen. Tijdens het lezen is de brandpuntsafstand van zijn ooglenzen 1,8 cm. Bereken de hoogte van het beeld van de letters op zijn netvlies. *Ga uit van een stelsel van 3 vergelijkingen met 3 onbekenden.*
- Donna heeft goede ogen. Ze kijkt met ontspannen oogspieren naar een punt in de verte.
 - Teken hieronder waar de evenwijdige lichtbundel afkomstig uit de verte, samenkomt.
 Barry is verziend. Ook hij kijkt met ontspannen oogspieren naar een punt in de verte.
 - Teken hieronder waar de evenwijdige lichtbundel afkomstig uit de verte, samenkomt.
 - Hoe kan Barry zonder bril toch scherp in de verte zien?
 - Waarom is het voor Barry toch beter om een bril aan te schaffen?
 - Wat voor lenzen moeten er in die bril zitten?
 Hun vader is oudziend en gebruikt bij het lezen een + 2,5 leesbrilletje.
 - Bereken de brandpuntsafstand van de lenzen in dit brilletje.



oog Donna



oog Barry

- Lincy bekijkt een schilderij op 5,0 m afstand. De ooglenzen bevinden zich 17 mm voor het netvlies.
 - Wat is de brandpuntsafstand van haar ooglenzen en waarom? *Niet berekenen!*
 - Bereken nu deze brandpuntsafstand.
 Om een detail van het schilderij beter te kunnen zien, gaat ze met haar ogen 20 cm voor het schilderij staan. Haar ooglenzen zijn niet erg sterk: bij maximale accommodatie is de brandpuntsafstand 15,5 mm.
 - Kan Lincy het detail nu wel goed zien? *Aantonen met een berekening.*
 - Welke afstand tot het schilderij moeten haar ogen minstens bewaren? *Aantonen met een berekening.*