

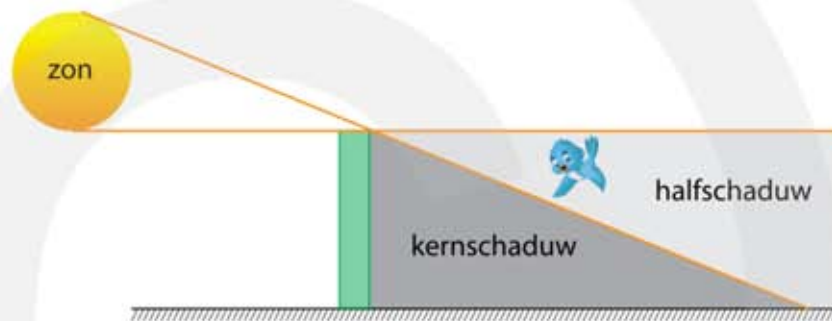
# 8 Licht

3 vwo

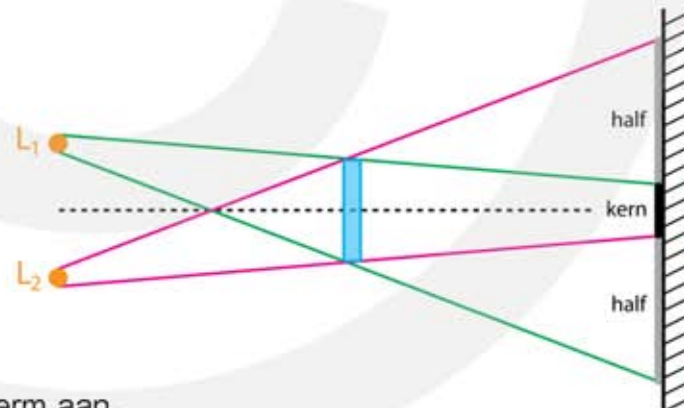
## 8.1 Voortplanting en weerkaatsing van licht

### Voortplanting van licht

- 1\* a Kleur het gebied waarin het vogeltje in de kernschaduw vliegt.
- b Kleur het gebied waarin het vogeltje in de halfschaduw vliegt.

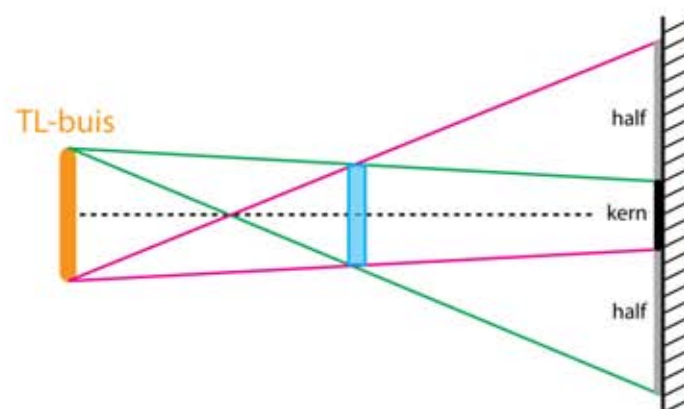


- 2\*\* a Geef met een kleur aan waar op het scherm een schaduw ontstaat als alleen  $L_1$  brandt.
- b Geef met een andere kleur aan waar op het scherm een schaduw ontstaat als alleen  $L_2$  brandt.

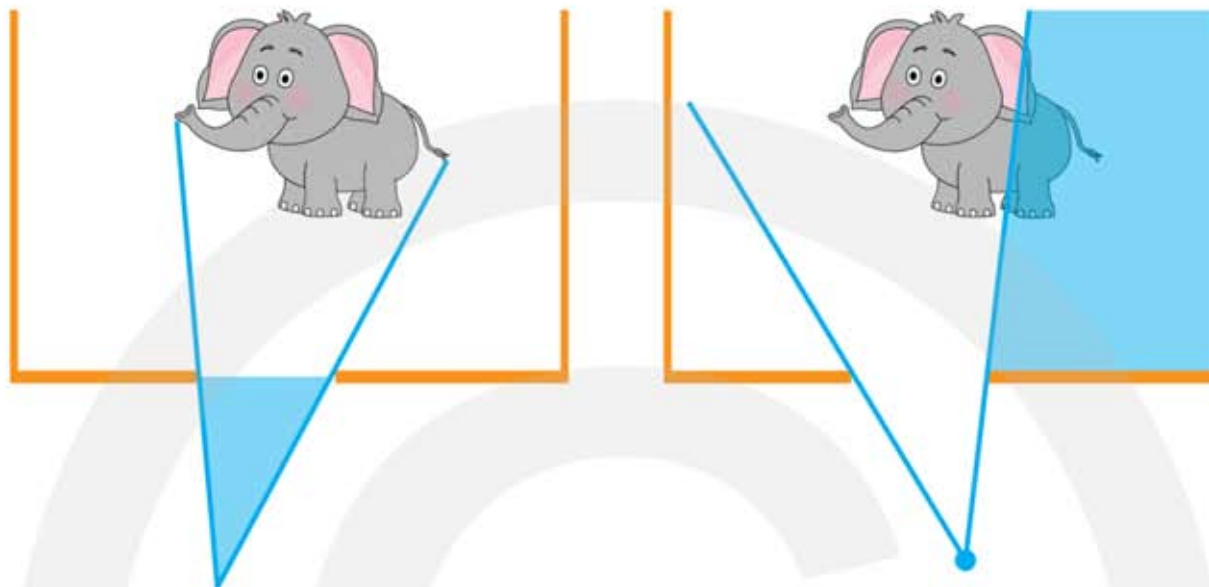


- c Geef de kernschaduw op het scherm aan.
- d Geef de halfschaduw op het scherm aan.

- 3\*\* a Geef de kernschaduw op het scherm aan.
- b Geef de halfschaduw op het scherm aan.

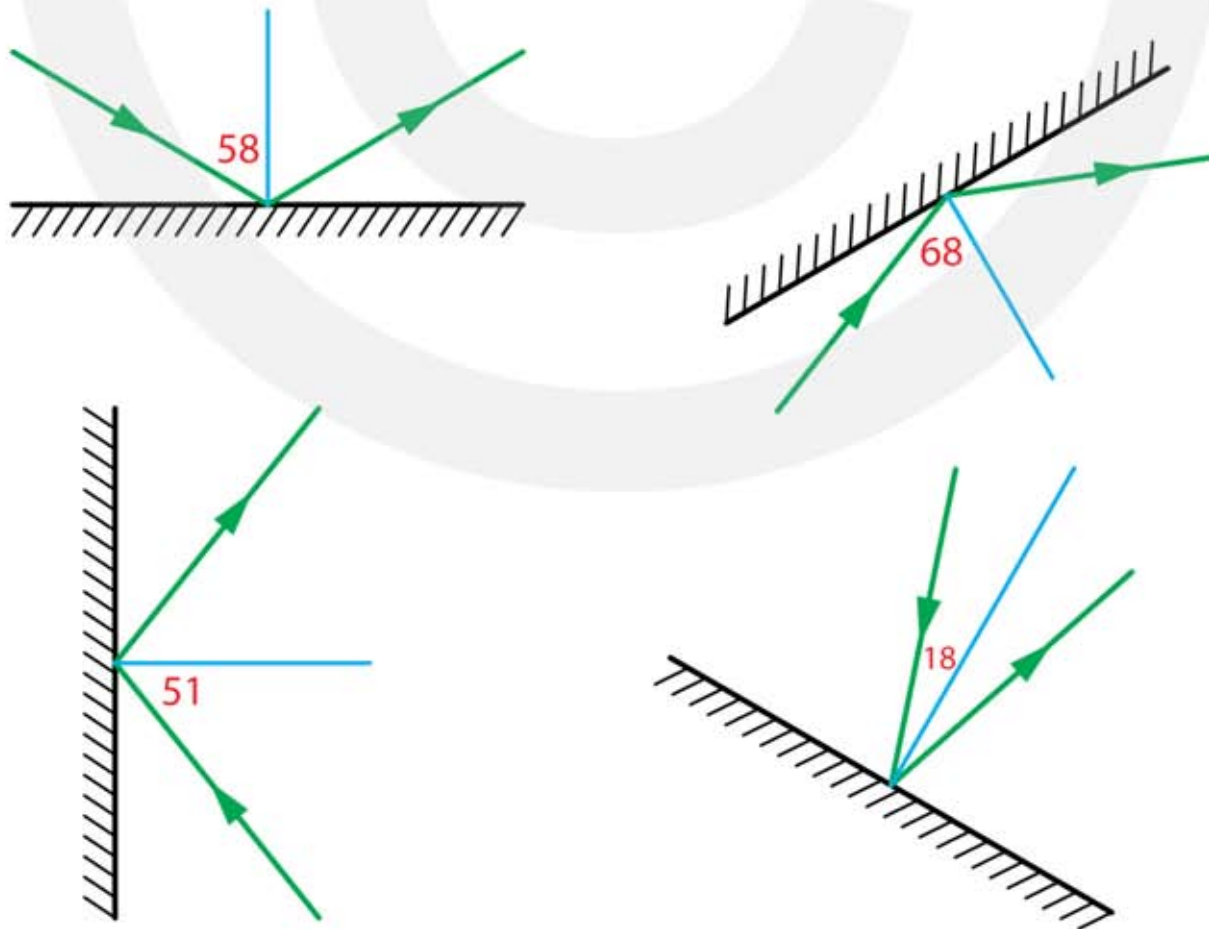


- 4\*\* a Geef in de linker figuur aan in welk gebied je de olifant in zijn geheel kunt zien.  
 b Geef in het rechter figuur aan wel deel van de olifant het kind NIET kan zien.



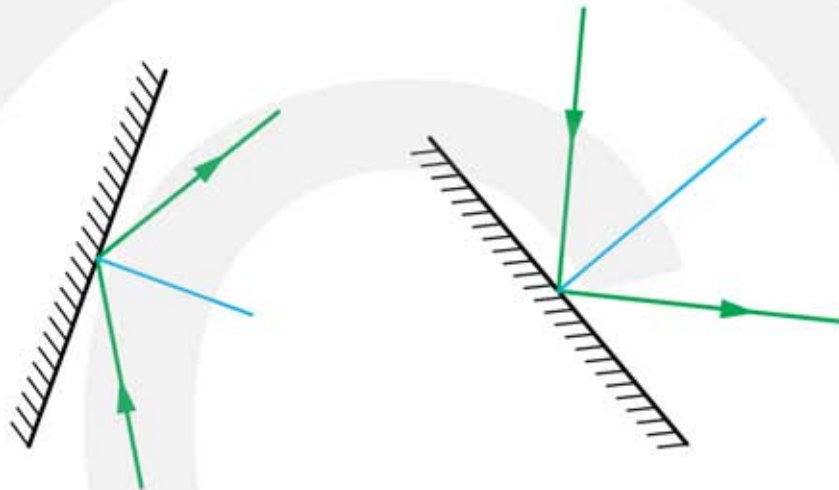
### Weerkaatsing van licht (spiegelwet)

- 5\*\* a Teken bij ieder spiegel hoe de lichtstraal wordt weerkaatst.  
 HINT teken eerst de normaal.

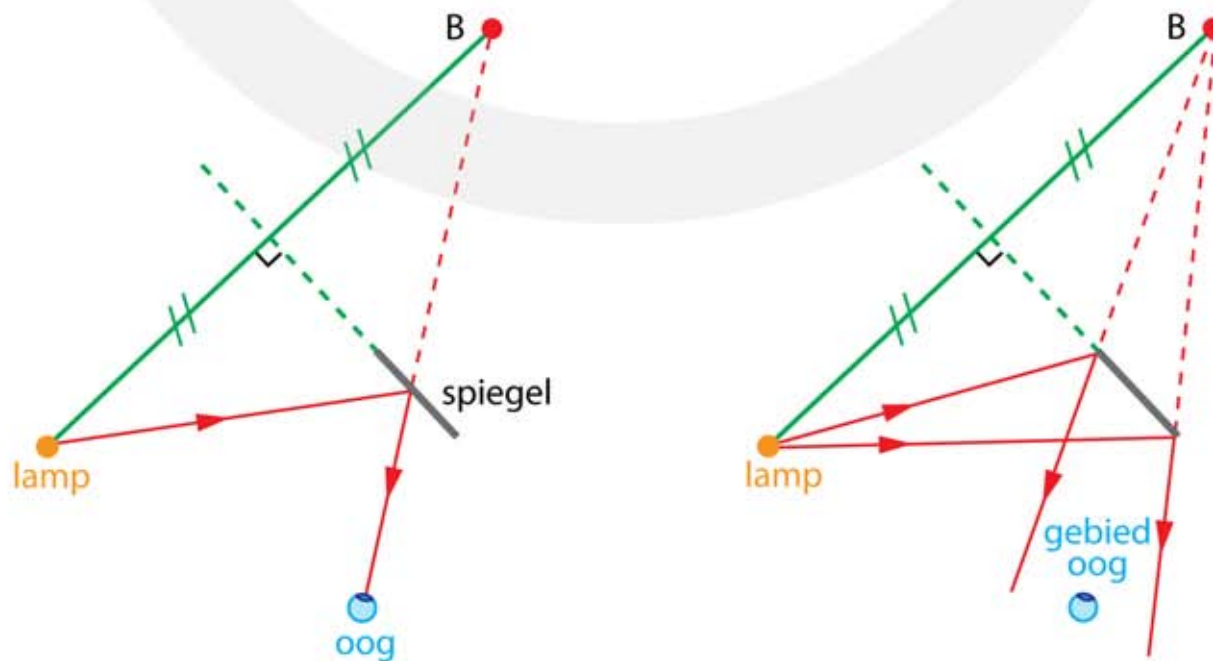


- b Meet bij iedere spiegel de hoek van inval.  
**HINT** dit is de hoek tussen de normaal en de lichtstraal.
- linksboven: 58 graden      rechtsboven: 68 graden
  - linksonder: 51 graden      rechtsonder: 18 graden

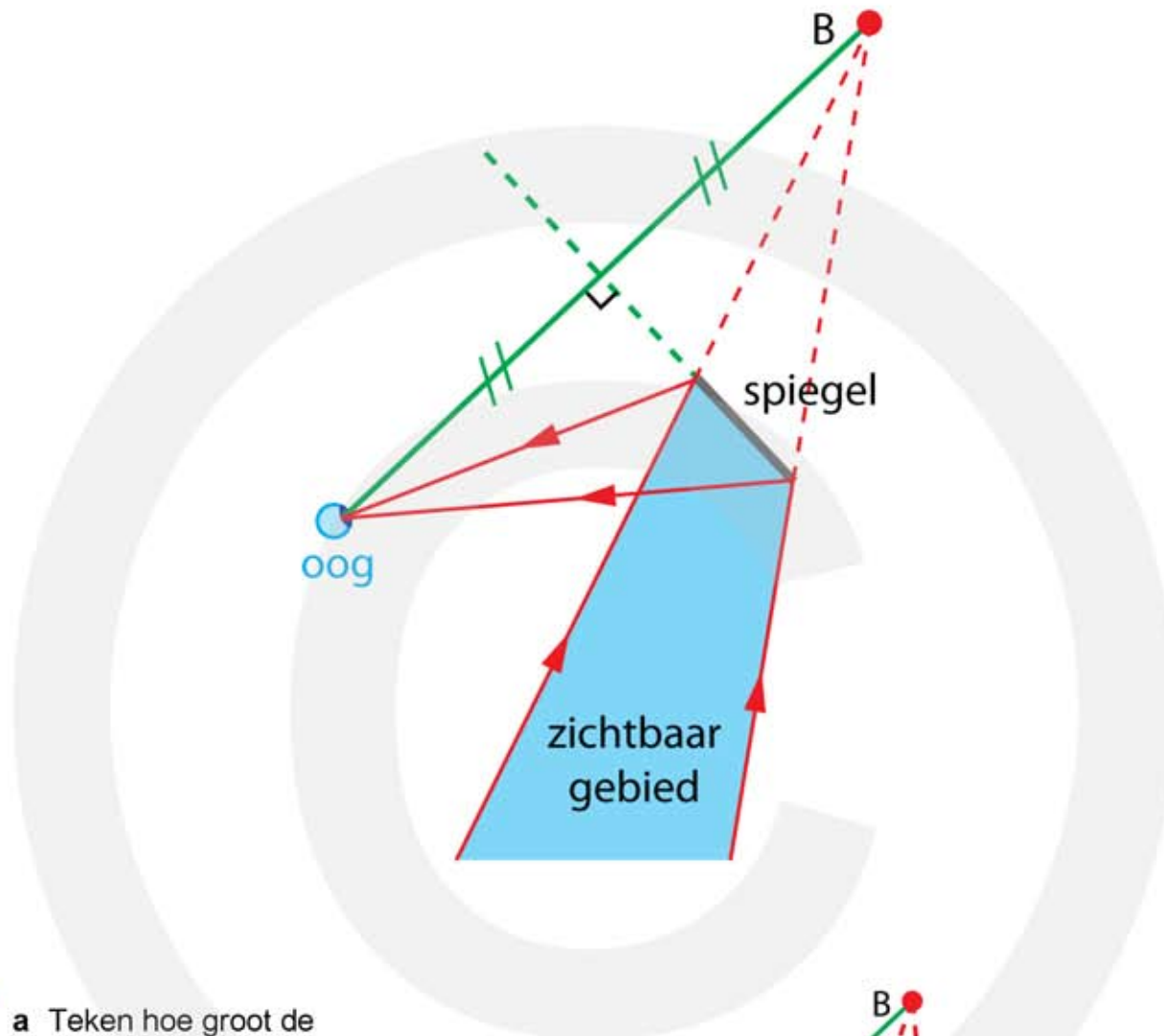
- 6\*\* a Teken bij iedere spiegel waar de lichtstraal vandaan is gekomen en hoe de lichtstraal op de spiegel weerkaatst.  
**HINT** verleng de lichtstraal tot aan de spiegel en teken daarna de normaal.



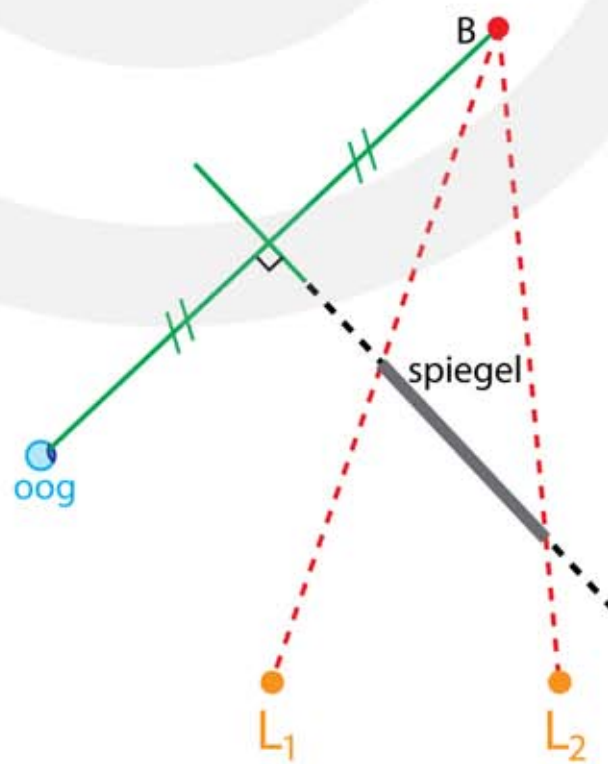
- 7\*\*\* a Teken de lichtstraal die van de lamp via de spiegel in het oog valt.  
 • zie figuur links
- b Teken het gebied waarin het oog zich moet bevinden om de lamp in de spiegel te kunnen zien.  
 • zie figuur rechts



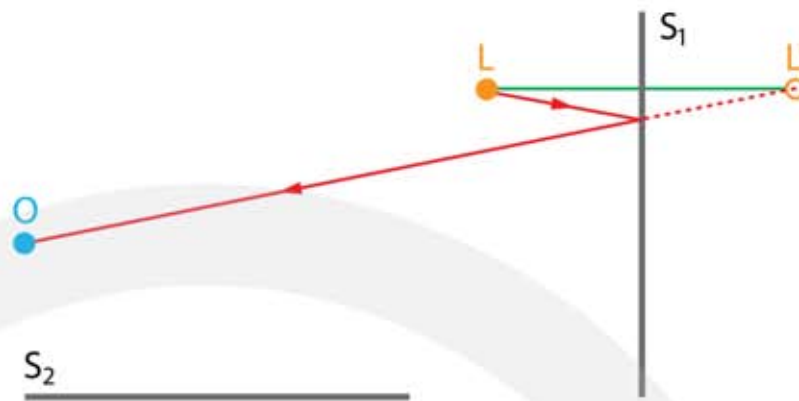
8\*\*\* a Teken het gebied dat je via de spiegel (als spiegelbeeld) kunt zien.



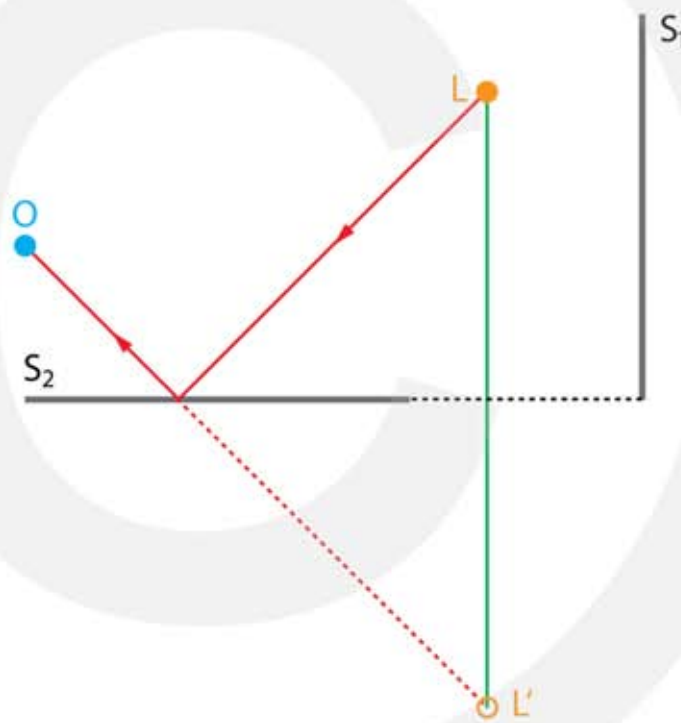
9\*\*\* a Teken hoe groot de spiegel minstens moet zijn om beide lampjes in de spiegel te kunnen zien.



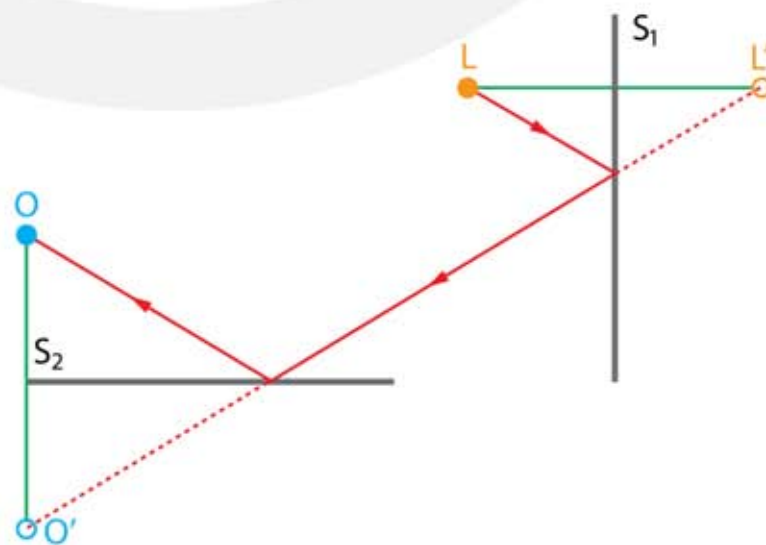
- 10\*\*\*\* a Teken de lichtstraal uit L die via  $S_1$  in het oog valt.



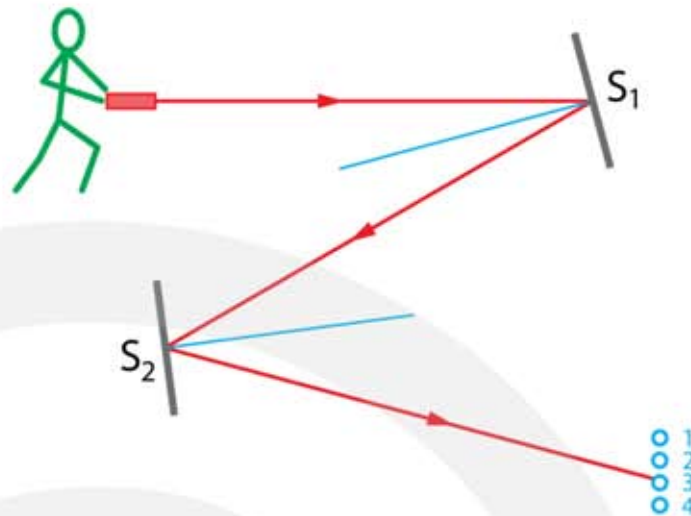
- b Teken met een andere kleur de lichtstraal uit L die via  $S_2$  in het oog valt.



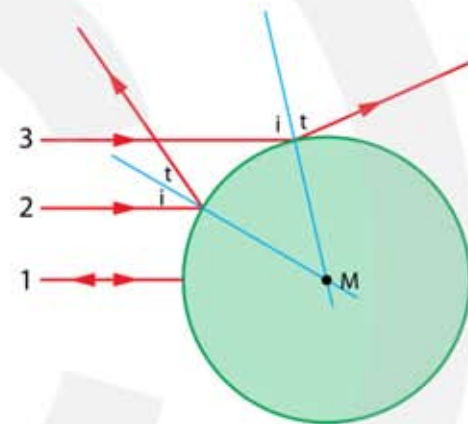
- c Teken met een andere kleur de lichtstraal uit L die via  $S_1$  én  $S_2$  in het oog valt.



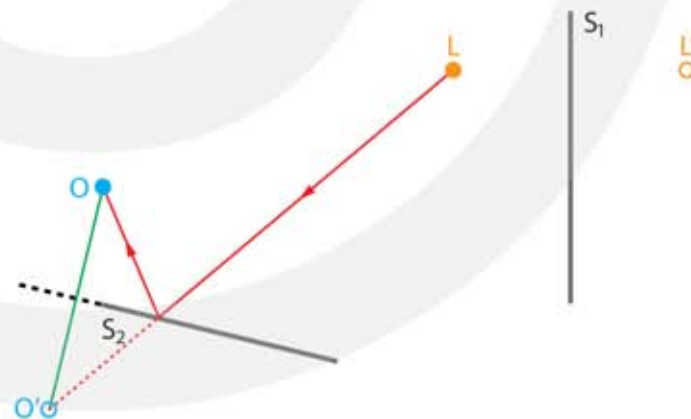
- 11\*\*\*\* a Welk doel raak je?  
 • doel 3



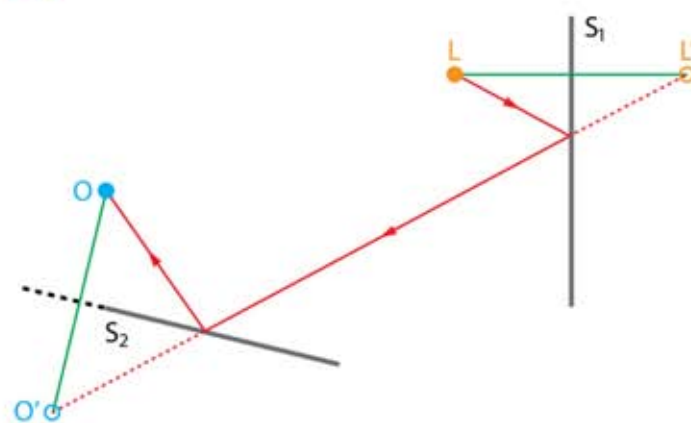
- 12\*\*\*\* a Teken hoe de lichtstralen 1, 2 en 3 worden weerkaatst.  
 HINT de normaal gaat door het middelpunt M van de kerstbal.



- 13+ a Teken de lichtstraal uit L die via S2 in het oog valt.



- b Teken de lichtstraal uit L die via S1 en S2 in het oog valt.



---

## 8.2 Breking van licht

- 1\***
- a** Wat is breking van licht?
- bij het passeren van een grensvlak verandert de richting van het licht
- b** Wat is de normaal?
- de lijn loodrecht op het oppervlak op de plaats waar de lichtstraal invalt
- c** Wat is de hoek van inval?
- de hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal
- d** Wat is de hoek van breking?
- de hoek tussen de gebroken lichtstraal en de normaal
- e** Wat is de brekingsindex?
- de vertragingfactor van het licht ten opzichte van de lichtsnelheid in vacuüm
- f** Wanneer breekt licht naar de normaal toe?
- als de brekingsindex van de stof van breking groter is dan de brekingsindex van de stof van inval:  $n_r > n_i$  (het licht vertraagt)
- g** Wanneer breekt licht van de normaal af?
- als de brekingsindex van de stof van breking kleiner is dan de brekingsindex van de stof van inval:  $n_r < n_i$  (het licht versnelt)

- 2\*\***
- a** Bereken de brekingsindex van stof A.
- $v_{\text{licht,A}} = \frac{c}{n_A}$  met  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
  - $2,0 \cdot 10^8 = \frac{3,0 \cdot 10^8}{n_A} \rightarrow n_A = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,0 \cdot 10^8} = 1,5$
- b** Bereken de brekingsindex van stof B.
- $v_{\text{licht,B}} = \frac{c}{n_B}$  met  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
  - $10^6 = \frac{3,0 \cdot 10^8}{n_B} \rightarrow n_B = \frac{3,0 \cdot 10^8}{10^6} = 300$

**3\*\*** a Bereken de lichtsnelheid in gewoon glas.

- $v_{\text{licht, A}} = \frac{c}{n_A}$  met  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- $v_{\text{licht, A}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,52} = 1,97 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

b Bereken de lichtsnelheid in extra dun brillenglas.

- $v_{\text{licht, A}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,75} = 1,71 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

c Bereken de lichtsnelheid in diamant.

- $v_{\text{licht, A}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,4} = 1,25 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

**4\*\*** a Wat denk jij, kan Tim gelijk hebben?

- $v_{\text{licht, A}} = \frac{c}{n_A}$  met  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- $v_{\text{licht, A}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{0,9} = 3,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- dit is groter dan de lichtsnelheid in vacuüm en is dus niet mogelijk  
(de werkelijkheid is wat ingewikkelder, zodat onder bijzondere omstandigheden de brekingsindex van sommige stoffen een fractie kleiner dan 1 kan zijn)

**5\*** a Leg uit wat met de sinus van een hoek wordt bedoeld.

- hoek  $\alpha$  is een hoek bij een rechthoekige driehoek

- $\sin \alpha = \frac{\text{lengte overstaande zijde}}{\text{lengte schuine zijde}}$

b Hoe luidt de wet van Snellius als licht van stof A naar stof B gaat?

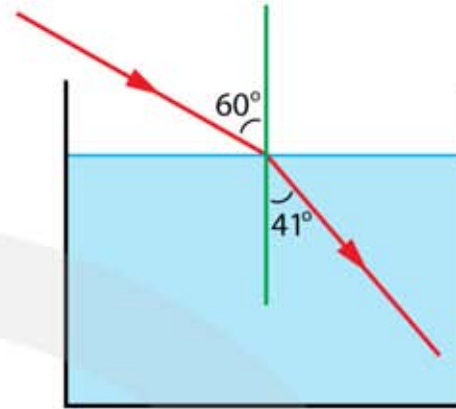
- $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$

c Waar staan de letters i en r voor in de wet van Snellius?

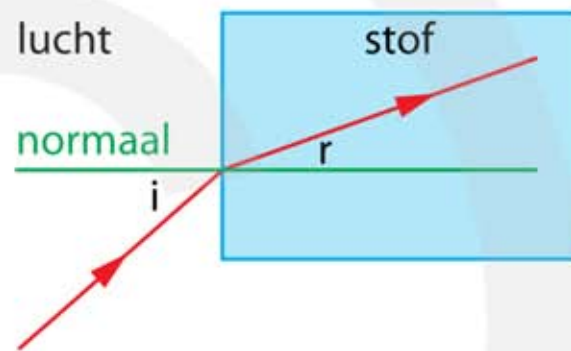
- i staat voor inval
- r staat voor breking (Engels: "refractie")



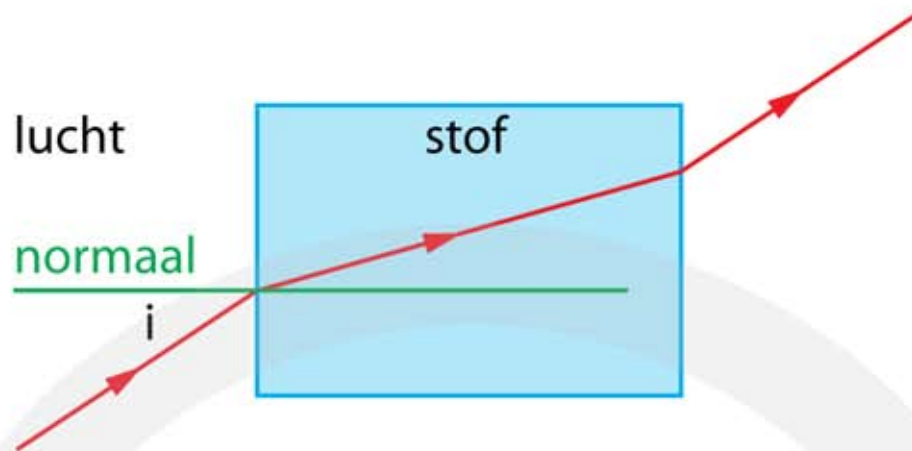
- 6\*\* a Bereken de hoek van breking en teken hoe de lichtstraal in het water verdergaat.
- $i = 60^\circ \mid n_i = 1,0 \mid n_r = 1,330 \mid r = \dots^\circ$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - $1 \cdot \sin 60 = 1,330 \cdot \sin r$
  - $\sin r = \frac{0,8660}{1,330} = 0,65115$
  - $r = \sin^{-1}(0,65115) = 40,628 = 41^\circ$



- 7\*\*\* a Teken de normaal
- b Bepaal de hoek van inval.
- opmeten:  $41^\circ$
- c Bepaal de hoek van breking.
- opmeten:  $20^\circ$
- d Bereken de brekingsindex van de stof.
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - inval door lucht:  $n_i = 1$
  - $1 \cdot \sin 41 = n_r \cdot \sin 20 \rightarrow n_r = \frac{\sin 41}{\sin 20} = \frac{0,656}{0,342} = 1,9$

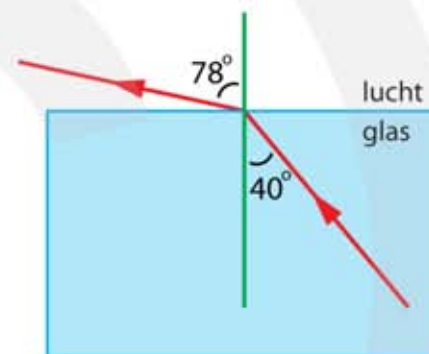


- 8\*\*\* a Bepaal de hoek van inval.
- teken de normaal
  - opmeten  $i = 33^\circ$
- b Bereken de hoek van breking.
- inval door lucht:  $n_i = 1$
  - $i = 33^\circ \mid n_i = 1,0 \mid n_r = 2,0 \mid r = \dots^\circ$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - $1 \cdot \sin 33 = 2,0 \cdot \sin r \rightarrow \sin r = \frac{\sin 33}{2,0} = \frac{0,54464}{2,0} = 0,27232$
  - $r = \sin^{-1} 0,27232 = 15,8^\circ$
- c Teken de gebroken lichtstraal.
- zie figuur
- d Teken hoe de lichtstraal aan de achterkant de stof verlaat.
- zie figuur



9\*\*\* a Bereken de hoek van breking en teken hoe de lichtstraal in de lucht verdergaat.

- $i = 40^\circ$  |  $n_i = 1,52$  |  $n_r = 1,0$  |  $r = \dots^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1,52 \cdot \sin 40 = 1,0 \cdot \sin r$
- $\sin r = \frac{0,97704}{1,0} = 0,97704$
- $r = \sin^{-1}(0,97704) = 77,698 = 78^\circ$



10\*\*\* a Bepaal de hoek van inval.

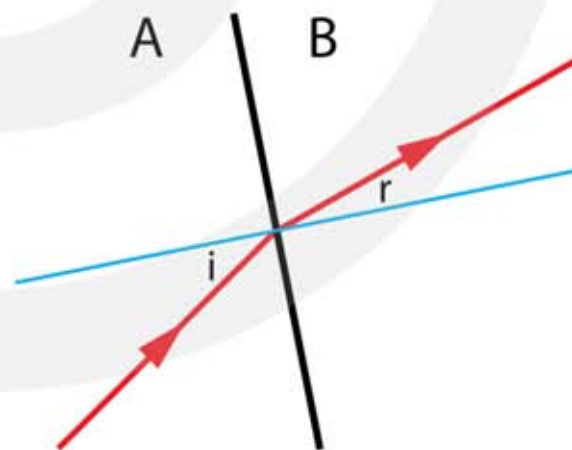
- opmeten:  $i = 33^\circ$  (marge  $1^\circ$ )

b Bepaal de hoek van breking.

- opmeten:  $r = 18^\circ$  (marge  $1^\circ$ )

c Bereken de brekingsindex  $n_{A \rightarrow B}$ .

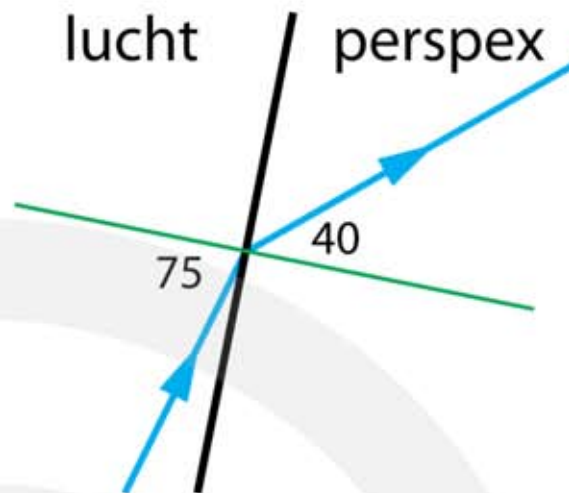
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,20$
- $1,2 \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r \rightarrow n_r = \frac{1,2 \cdot \sin i}{\sin r}$
- $n_r = n_B = \frac{1,2 \cdot \sin 33}{\sin 18} \rightarrow n_B = 2,115 = 2,1$



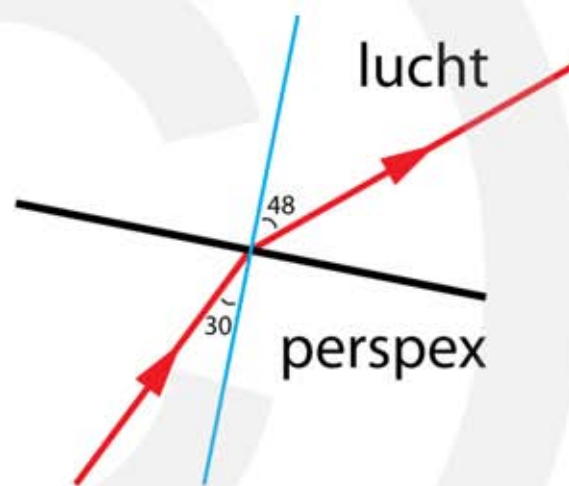
11\*\*\* a Bepaal de hoek van breking.

- opmeten:  $r = 40^\circ$  (marge  $1^\circ$ )

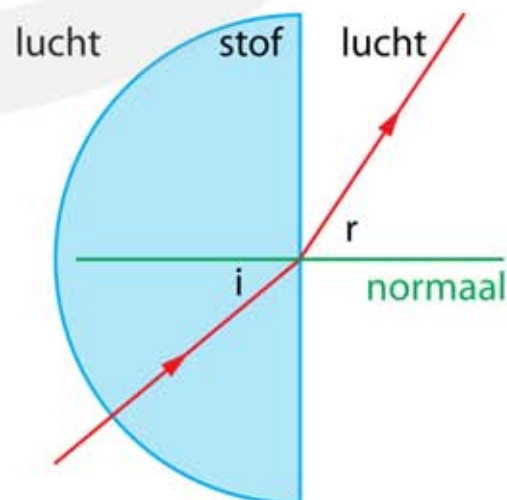
- b Bereken de hoek van inval.
- $n_i = 1,0$  |  $n_r = 1,50$  |  $r = 40^\circ$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - $1 \cdot \sin i = 1,5 \cdot \sin 40$
  - $\sin i = 1,5 \cdot \sin 40 = 0,9642$
  - $i = \sin^{-1} 0,9642 = 74,6 = 75^\circ$
- c Teken de invallende lichtstraal.
- $i = 75^\circ$



- 12\*\*\* a Bepaal de hoek van inval.
- opmeten:  $r = 48^\circ$  (marge  $1^\circ$ )
  - $n_i = 1,49$  |  $n_r = 1,0$  |  $r = 48^\circ$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - $1,49 \cdot \sin i = 1 \cdot \sin 48$
  - $\sin i = \frac{1 \cdot \sin 48}{1,49} = 0,4988$
  - $i = \sin^{-1} 0,4988 = 29,92 = 30^\circ$
- b Teken de invallende lichtstraal.
- $i = 29,92 = 30^\circ$



- 13\*\*\* a Leg uit waarom dat het geval is.
- de hoek van inval is 0 graden  $\rightarrow \sin 0 = 0$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - $n_i \cdot 0 = n_r \cdot \sin r \rightarrow \sin r = 0 \rightarrow r = 0$
  - $i = 0$  en  $r = 0 \rightarrow$  de lichtstraal wordt niet gebroken
- b Bepaal de hoek van inval bij het tweede grensvlak stof – lucht.
- teken de normaal
  - opmeten:  $i = 39^\circ$
- c Bepaal de hoek van breking bij het tweede grensvlak stof – lucht.
- opmeten:  $r = 56^\circ$



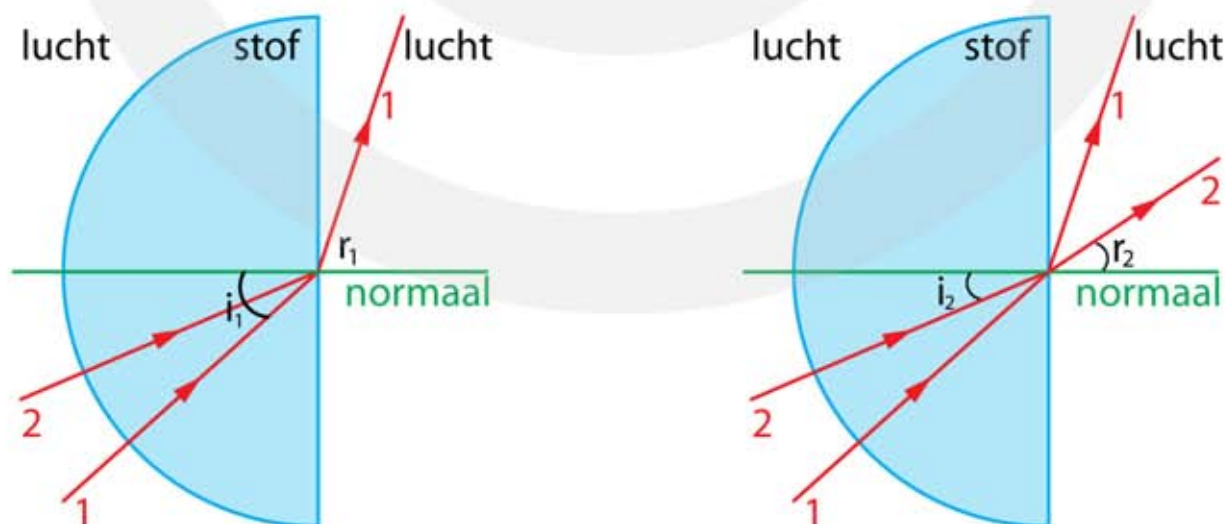
d Bereken de brekingsindex van de stof.

- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- van stof naar lucht:  $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin 39 = 1 \cdot \sin 56 \rightarrow n_i = \frac{\sin 56}{\sin 39} = \frac{0,829}{0,629} = 1,3$

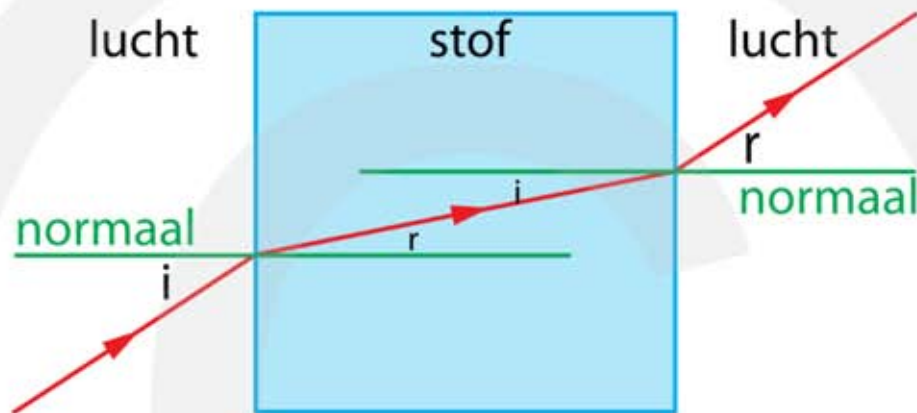
14\*\*\* a Bereken de hoek van breking van lichtstraal 2 bij het tweede grensvlak stof – lucht.

- teken de normaal
- opmeten:  $i_1 = 42^\circ$  | opmeten:  $r_1 = 71^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- van stof naar lucht:  $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin 42 = 1 \cdot \sin 71 \rightarrow n_i = \frac{\sin 71}{\sin 42} = \frac{0,946}{0,669} = 1,413$
- opmeten:  $i_2 = 23^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,413$  van stof naar lucht:  $n_r = 1$
- $1,413 \cdot \sin 23 = 1 \cdot \sin r_2 \rightarrow \sin r_2 = \frac{1,413 \cdot \sin 23}{1} = 0,5521$
- $r_2 = \sin^{-1} 0,5521 = 33,5^\circ$

b Teken hoe lichtstraal 2 verdergaat.



- 15\*\*\***
- a** Bepaal de hoek van inval bij het eerste grensvlak lucht – stof.
- teken de normaal
  - opmeten:  $i = 33^\circ$
- b** Bepaal de hoek van breking bij het tweede grensvlak stof – lucht.
- teken de normaal
  - opmeten:  $r = 33^\circ$
- c** Teken de lichtstraal in de stof.



- d** Bereken de brekingsindex van de stof.
- opmeten grensvlak lucht – stof:  $r = 11^\circ$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - van lucht naar stof:  $n_i = 1$
  - $1 \cdot \sin 33 = n_r \cdot \sin 11 \rightarrow n_r = \frac{\sin 33}{\sin 11} = \frac{0,5446}{0,1908} = 2,854 = 2,9$

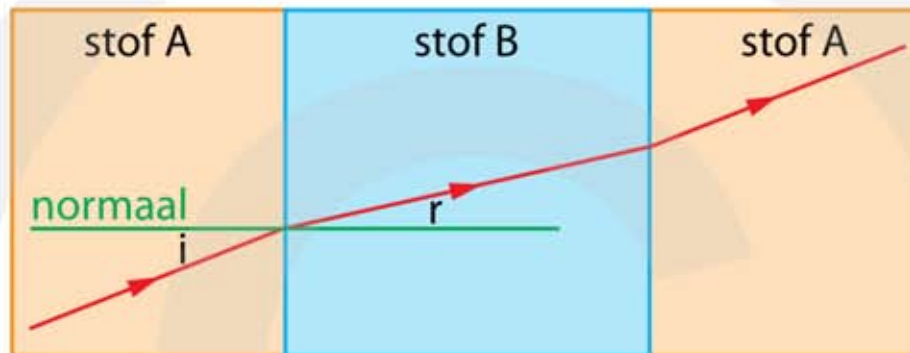
OOK GOED

- opmeten grensvlak stof – lucht:  $i = 11^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- van stof naar lucht:  $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin 11 = 1 \cdot \sin 33 \rightarrow n_i = \frac{\sin 33}{\sin 11} = \frac{0,5446}{0,1902} = 2,854 = 2,9$

- 16\*\***
- a** Leg uit wat de brekingsindex van stof A is. (Geen berekening)
- lichtstraal wordt niet gebroken
  - hoek  $i =$  hoek  $r$
  - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin i$
  - links en rechts van  $=$  teken  $\sin i$  wegstrepen  $\rightarrow n_i = n_r$
  - stof A heeft dezelfde brekingsindex als stof B  $\rightarrow n_A = n_B = 2,0$

17\*\*\*\* a Bepaal de brekingsindex van stof A.

- teken de normaal
- grensvlak A – B opmeten:  $i = 21^\circ$
- grensvlak A – B opmeten:  $r = 13^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- grensvlak A – B:  $n_r = 2,0$
- $n_i \cdot \sin 21 = 2 \cdot \sin 13 \rightarrow n_i = \frac{2 \cdot \sin 13}{\sin 21} = \frac{0,4499}{0,3584} = 1,2554 = 1,3$



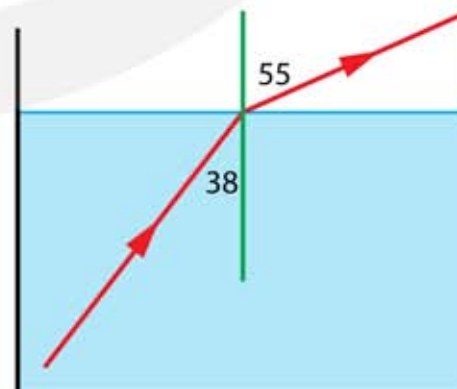
## Grenshoek

18\*\*\* a Bereken de grenshoek.

- $\sin i_g = \frac{1}{n}$
- $\sin i_g = \frac{1}{1,330} = 0,7519$
- $i_g = \sin^{-1} 0,7519 = 48,753 = 48,8^\circ$

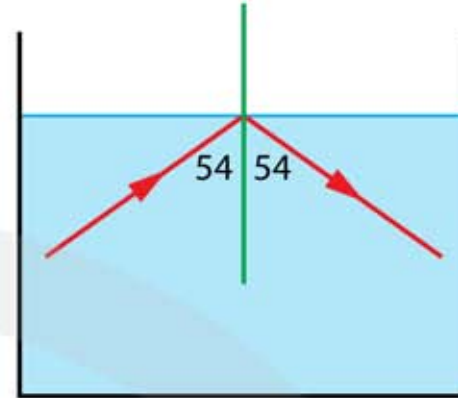
b Teken hoe de lichtstraal verdergaat.

- teken de normaal
- opmeten:  $i = 38^\circ$
- $i$  kleiner dan  $i_g \rightarrow$  lichtstraal wordt gebroken
- grensvlak water – lucht:  $n_i = 1,330$  en  $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1,33 \cdot \sin 38 = 1 \cdot \sin r$
- $\sin r = 1,33 \cdot 0,616 = 0,819$
- $r = \sin^{-1} 0,819 = 55^\circ$



19\*\*\* a Teken hoe de lichtstraal verder gaat.

- $\sin i_g = \frac{1}{n}$
- $\sin i_g = \frac{1}{1,330} = 0,7519$
- $i_g = \sin^{-1} 0,7519 = 48,753 = 48,8^\circ$
- opmeten:  $i = 54^\circ$
- $i$  groter dan  $i_g \rightarrow$  de lichtstraal wordt weerkaatst



20\*\*\* a Bereken de grenshoek.

- $\sin i_g = \frac{1}{n}$
- $\sin i_g = \frac{1}{1,51} = 0,66225$
- $i_g = \sin^{-1} 0,66225 = 41,47 = 41,5^\circ$

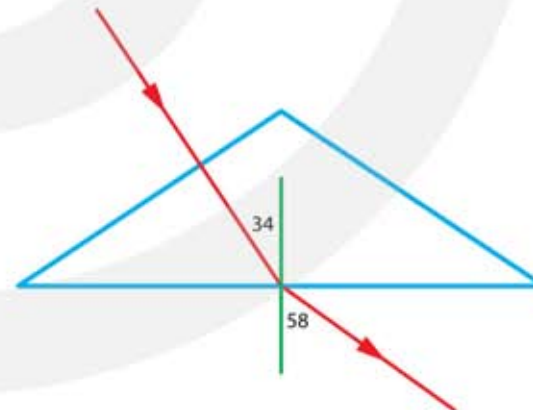
b Teken hoe de lichtstraal verder gaat.

- opmeten:  $i = 45^\circ$
- $i$  is groter dan  $i_g \rightarrow$  lichtstraal wordt weerkaatst



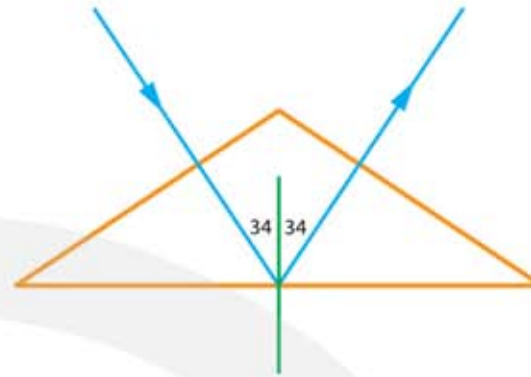
21\*\*\* a Teken hoe de lichtstraal verder gaat.

- vorige vraag:  $i_g = 41,5^\circ$
- $\sin i_g = \frac{1}{n}$
- $\sin i_g = \frac{1}{1,51} = 0,66225$
- $i_g = \sin^{-1} 0,66225 = 41,47 = 41,5^\circ$
- opmeten:  $i = 34^\circ$
- $i$  kleiner dan  $i_g \rightarrow$  lichtstraal wordt gebroken
- grensvlak glas – lucht:  $n_i = 1,51$  en  $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1,51 \cdot \sin 34 = 1 \cdot \sin r$
- $\sin r = 1,51 \cdot 0,559 = 0,844$
- $r = \sin^{-1} 0,844 = 57,6 = 58^\circ$



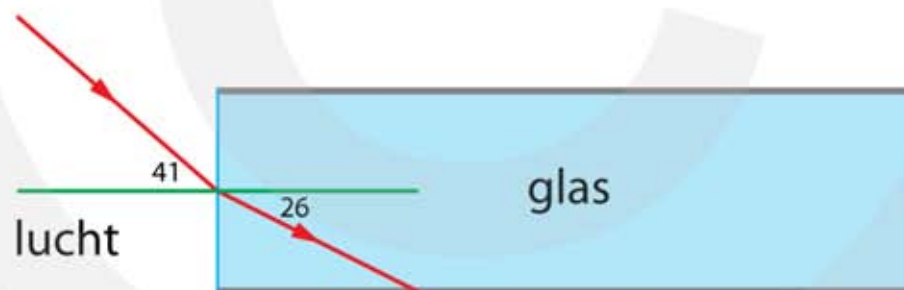
22\*\*\* a Teken hoe de lichtstraal verdergaat.

- $\sin i_g = \frac{1}{n}$
- $\sin i_g = \frac{1}{1,92} = 0,5208$
- $i_g = \sin^{-1} 0,5208 = 31,39 = 31,4^\circ$
- opmeten:  $i = 34^\circ$
- $i$  is groter dan  $i_g \rightarrow$  lichtstraal wordt weerkaatst



23\*\*\*\* a Teken de invallende lichtstraal.

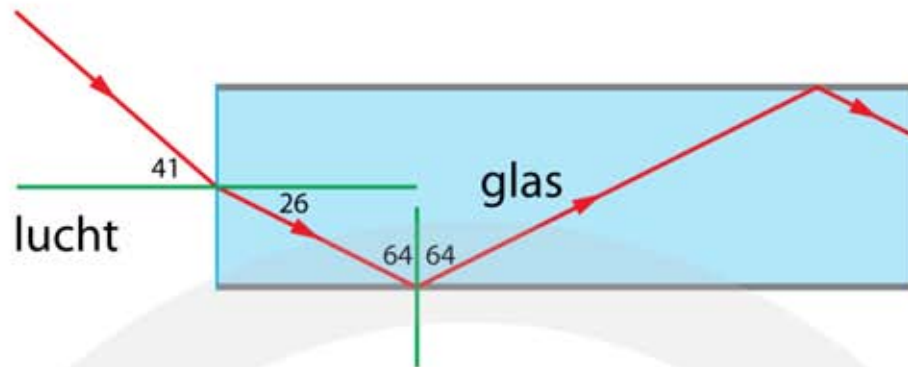
- teken de normaal
- opmeten grensvlak stof – lucht:  $r = 26^\circ$
- grensvlak stof – lucht:  $n_i = 1$  en  $n_r = 1,51$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1 \cdot \sin i = 1,51 \cdot \sin 26 \rightarrow \sin i = 1,51 \cdot 0,438 = 0,66194$
- $i = \sin^{-1} 0,66194 = 41,448 = 41^\circ$
- teken de lichtstraal met  $i = 41$  graden



b Teken hoe de getekende lichtstraal verdergaat.

- $n_{\text{glas}} = 1,5$
- $\sin i_g = \frac{1}{n}$
- $\sin i_g = \frac{1}{1,5} = 0,6667$
- $i_g = \sin^{-1} 0,6667 = 41,8^\circ$
- teken de normaal
- grensvlak glas – lucht:  $i = 64^\circ$
- $i$  groter dan  $i_g \rightarrow$  lichtstraal wordt weerkaatst



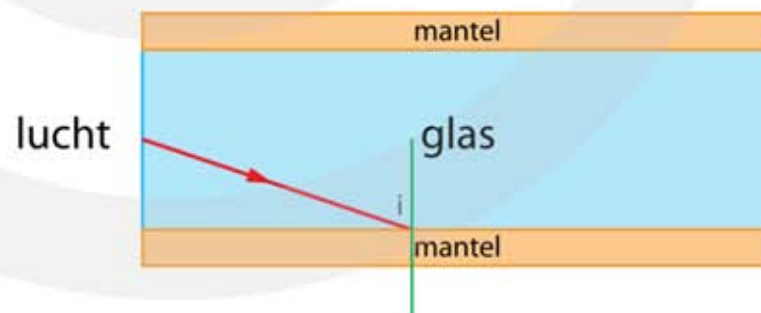


- c Leg uit waarom dit het geval is.
- op de plaats van een krasje kan  $i$  kleiner zijn dan  $i_g$
  - de lichtstraal wordt dan niet weerkaatst maar gebroken
  - er lekt licht uit de zijkant van de fiber
  - de lichtstraal in de fiber wordt zwakker

24+

- a Leg uit waarom kleine beschadigingen op de buitenkant van de mantel geen invloed heeft op de werking van de fiber.
- het licht wordt teruggekaatst op het grensvlak tussen glas en mantel
  - het licht bereikt de buitenkant van de mantel niet en heeft dus geen last van kleine beschadigingen
- b Leg uit of de brekingsindex van de stof waarvan de mantel is gemaakt groter, kleiner of gelijk is aan de brekingsindex van het glas.
- bij het grensvlak tussen glas en mantel vindt totale terugkaatsing plaats
  - dit kan alleen als de brekingsindex van de mantel kleiner is dan die van het glas

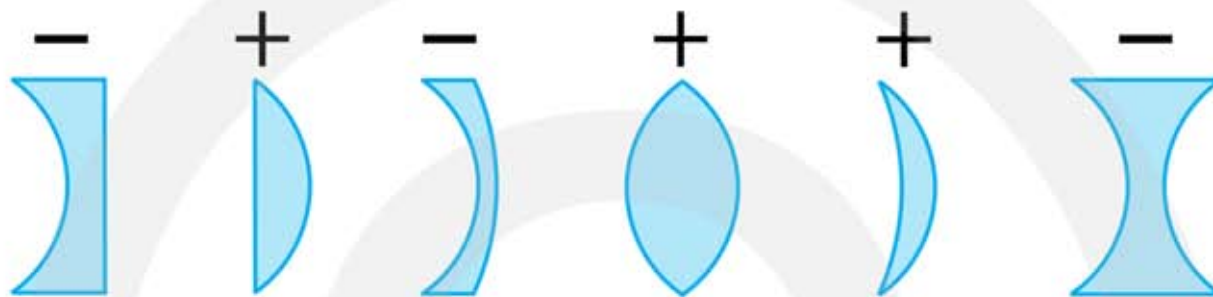
- c Bepaal de grenshoek.
- teken de normaal
  - meet hoek  $i = 72^\circ$



- d Bereken de brekingsindex van de stof waarvan de mantel is gemaakt.
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
  - bij de grenshoek:  $r = 90^\circ \rightarrow \sin r = 1$
  - $n_i \cdot \sin i_g = n_r \rightarrow \sin i_g = \frac{n_r}{n_i}$
  - $\sin 72 = \frac{n_r}{1,5} \rightarrow n_r = 1,5 \cdot \sin 72 \rightarrow n = 1,4266 = 1,4$

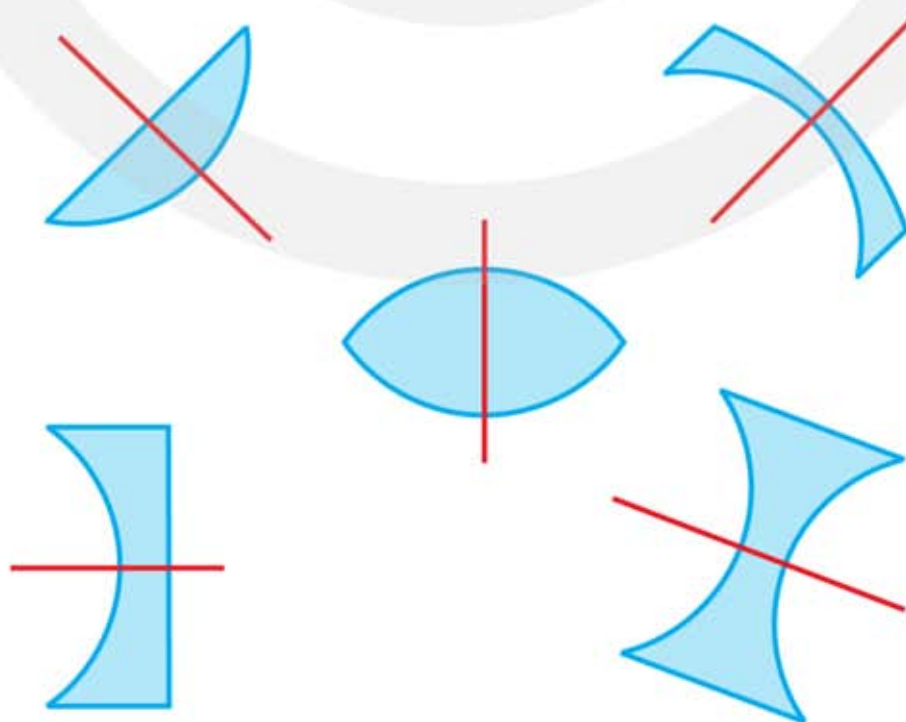
## 8.3 Lenzen

- 1\* a Leg uit waaraan je kunt zien of een lens positief of negatief is.
- positieve lens: in het midden dikker dan aan de rand (bol)
  - negatieve lens: in het midden dunner dan aan de rand (hol)
- b Geef met een + de positieve lenzen aan en met een – de negatieve lenzen.



- 2\* a Positieve lenzen zijn altijd hol. NIET WAAR  
b Positieve lenzen zijn soms hol. NIET WAAR  
c Negatieve lenzen zijn nooit bol. WAAR  
d Negatieve lenzen zijn altijd bol. NIET WAAR

- 3\* a Teken voor iedere lens de hoofdas.



4\*\*

	Voor de lens (convergent of divergent)	Na de lens (convergent of divergent)	Lens (+ of -)
lens 1	divergent	convergent	+
lens 2	convergent	divergent	-
lens 3	divergent	divergent	+
lens 4	convergent	convergent	-

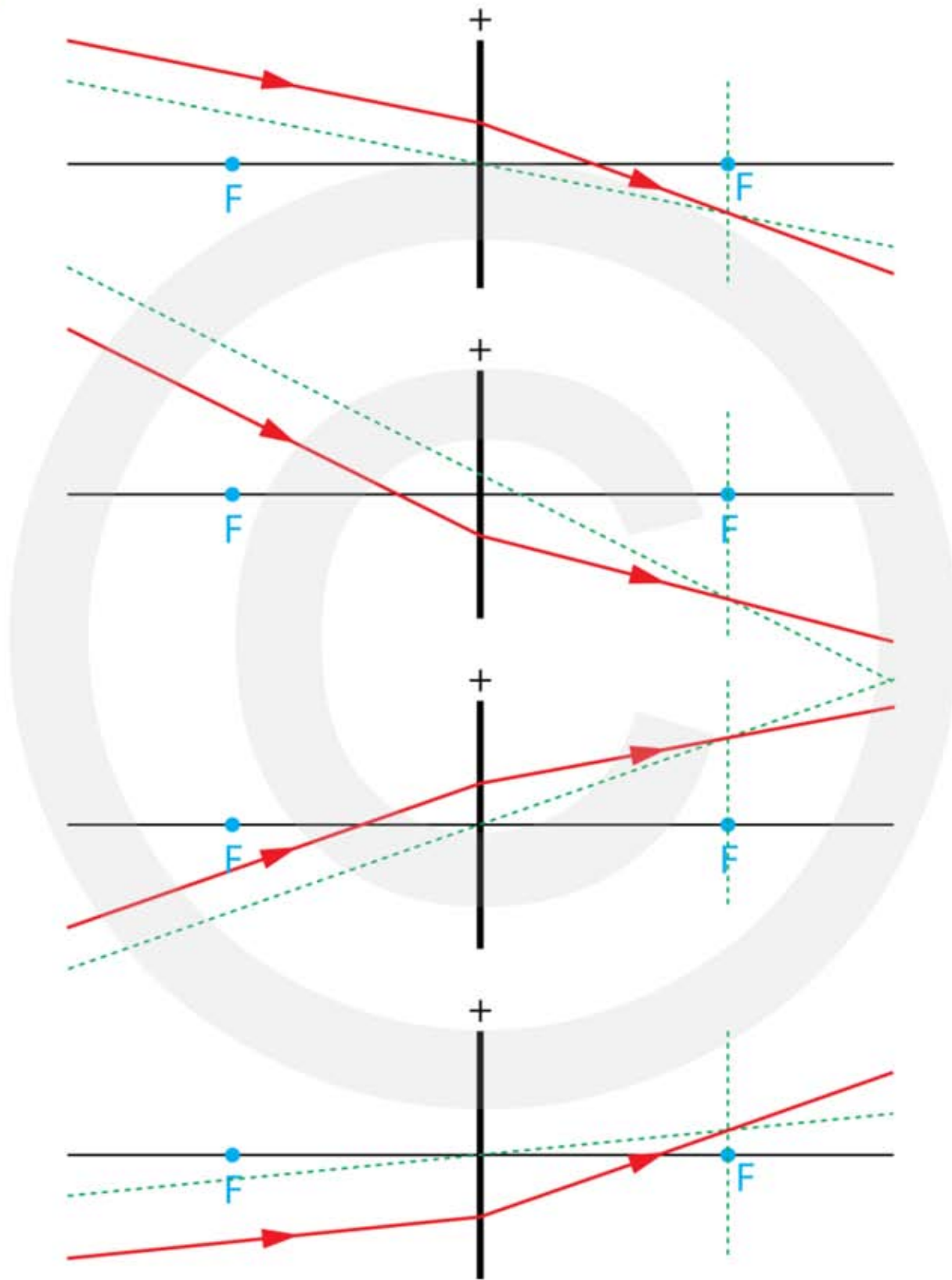
5\*

- a Welke van de twee lenzen is het sterkst?
- hoe kleiner de brandpuntsafstand hoe sterker de lens is
  - lens 2 is het sterkst

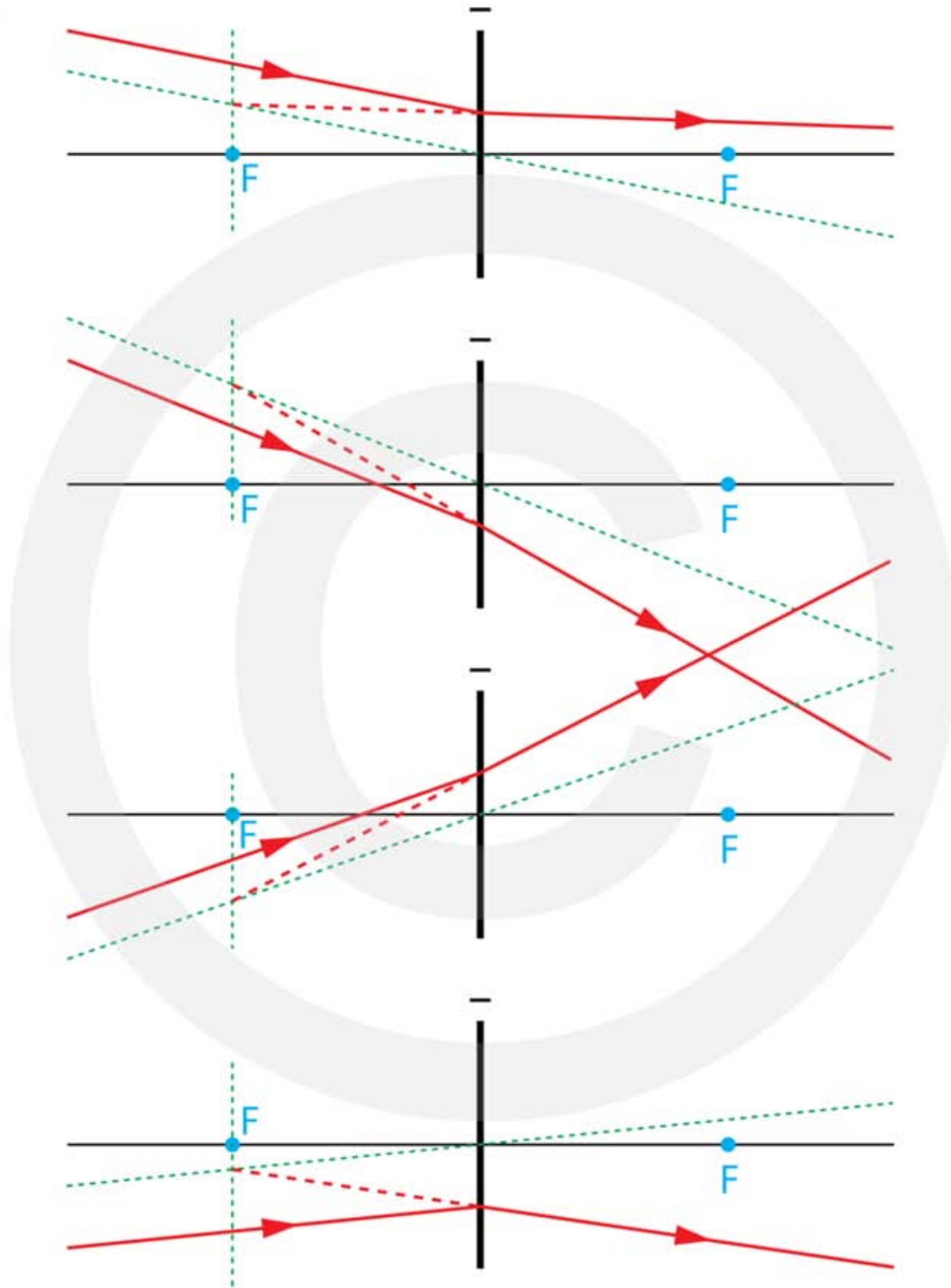
6\*\*\*

- a Leg uit welke lens het sterkst is.
- lens 2 heeft een kleinere brandpuntsafstand
  - lens 2 is het sterkst
- b Leg uit hoe dit mogelijk is.
- dat is mogelijk als het materiaal waarvan de lenzen gemaakt zijn een andere brekingsindex hebben
- c Wie heeft er gelijk, Teun, Tessa of geen van beiden?
- hoe groter de brekingsindex hoe meer het licht wordt gebroken
  - bij lens 2 wordt het licht meer gebroken dan bij lens 1
  - lens 2 is gemaakt van een materiaal met een hogere brekingsindex
  - Tessa heeft gelijk

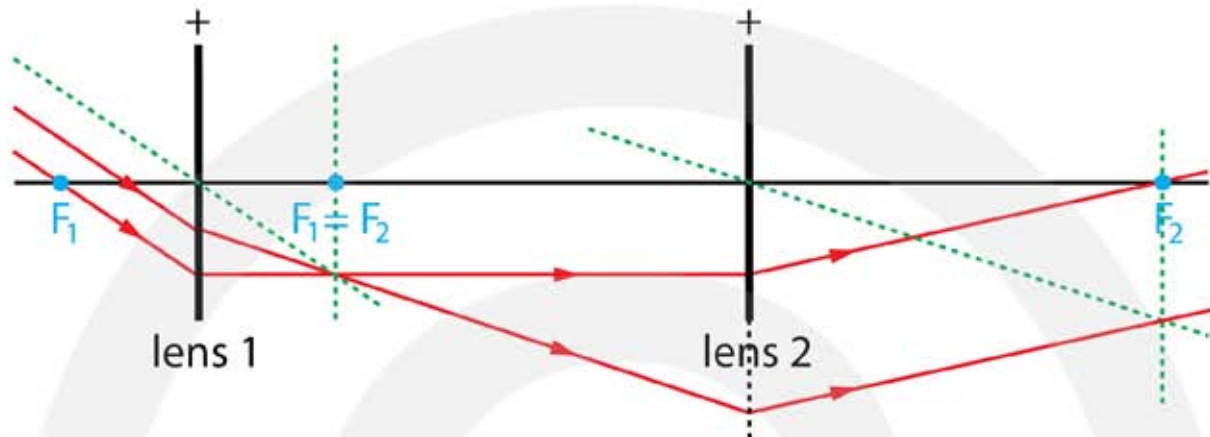
7\*\*\*



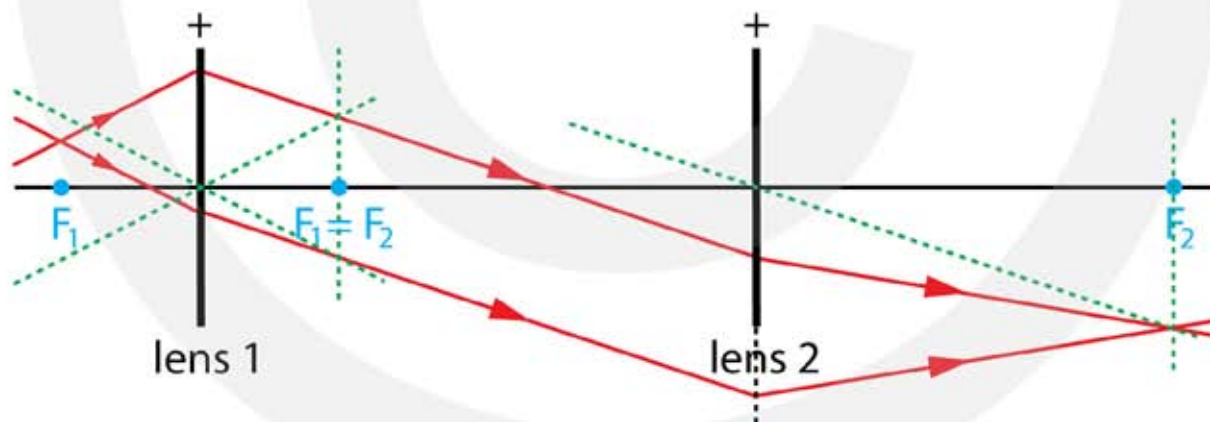
8\*\*\*



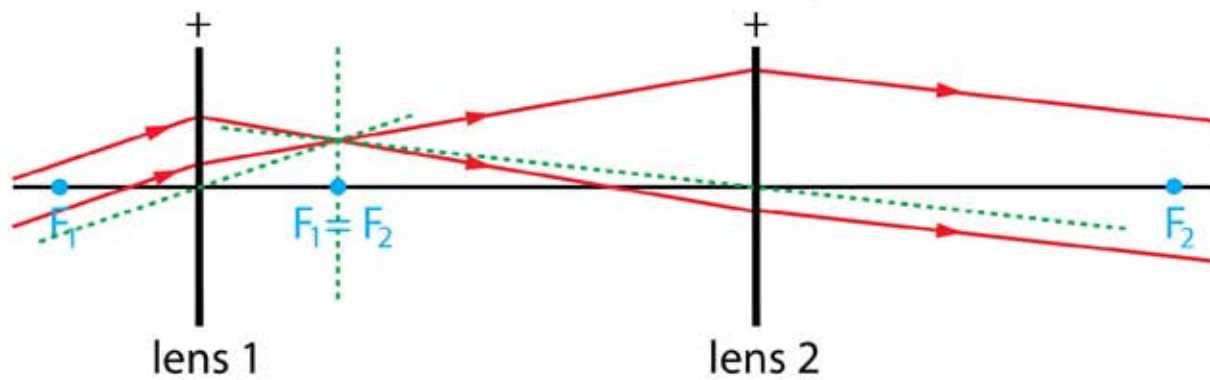
- 9\*\*\*\* a Teken hoe de lichtstralen door het stelsel van lenzen gaat.
- evenwijdige bundel valt op lens 1
  - $F_1 = F_2$
  - evenwijdige bundel komt uit lens 2



- 10\*\*\*\* a Teken hoe de lichtstralen door het stelsel van lenzen gaat.
- licht komt uit bijbrandpunt van lens 1
  - $F_1 = F_2$
  - evenwijdige bundel komt uit lens 1
  - bundel convergeert in bijbrandpunt van lens 2

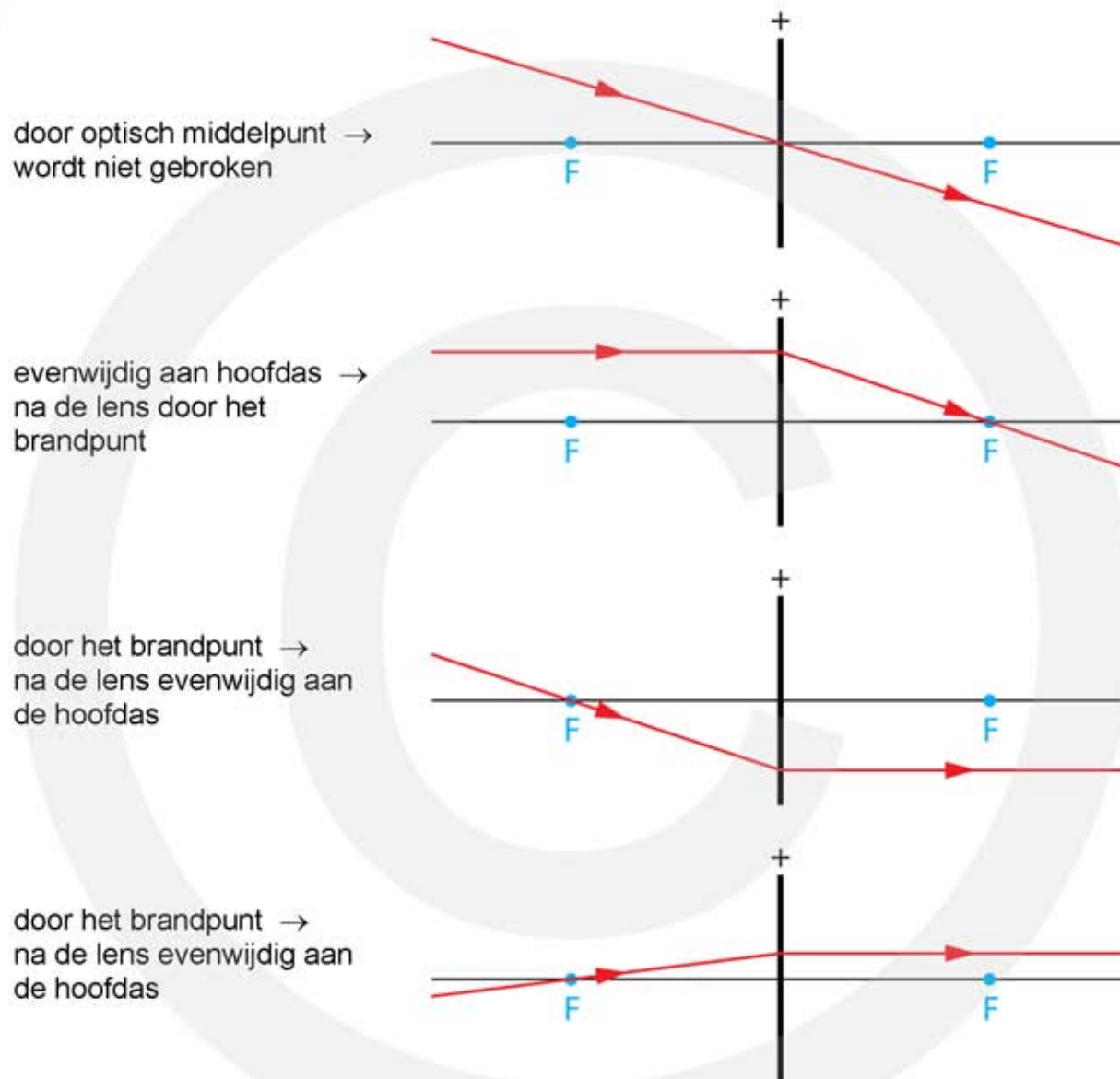


- 11\*\*\*\* a Teken hoe de lichtstralen door het stelsel van lenzen gaat.



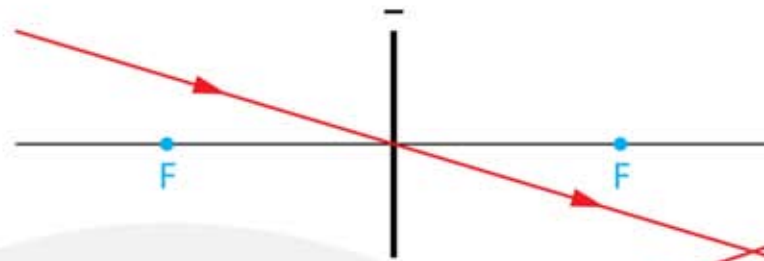
## 8.4 De plaats van het beeld construeren

1\*\*

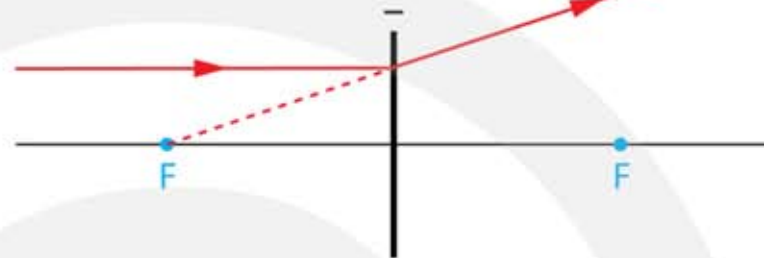


2\*\*\*

door optisch middelpunt →  
wordt niet gebroken



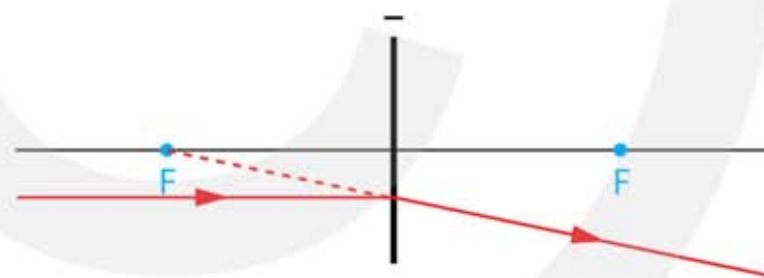
evenwijdig aan hoofdas →  
weg van het brandpunt  
vóór de lens



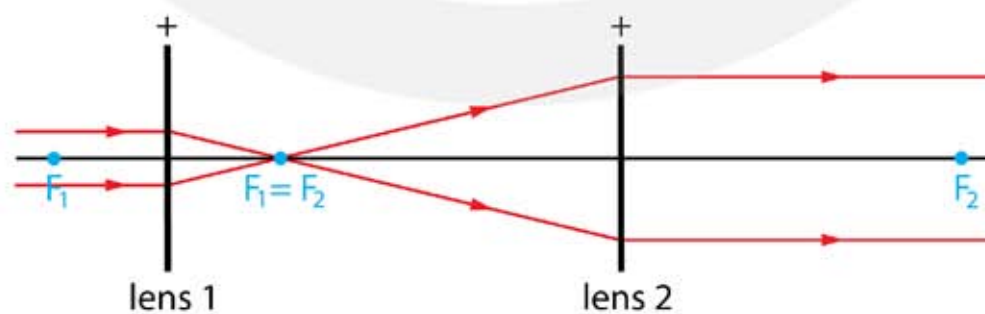
gericht op het brandpunt  
achter de lens →  
evenwijdig aan de hoofdas



evenwijdig aan hoofdas →  
weg van het brandpunt  
vóór de lens



3\*\*\* a Teken hoe de lichtstralen door het stelsel van lenzen gaat.

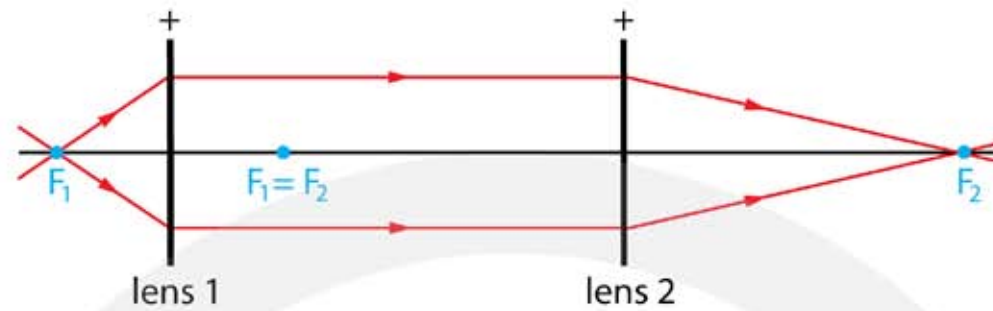


b Leg uit waarvoor je zo'n stelsel van lenzen kunt gebruiken.

- dit stelsel van twee lenzen wordt gebruikt om van een smalle lichtbundel een brede lichtbundel te maken
- wordt vaak bij lasers gebruikt en heet een "beam expander".



4\*\*\* a Teken hoe de lichtstralen door het stelsel van lenzen gaat.



b Leg uit waarvoor je zo'n stelsel van lenzen kunt gebruiken.

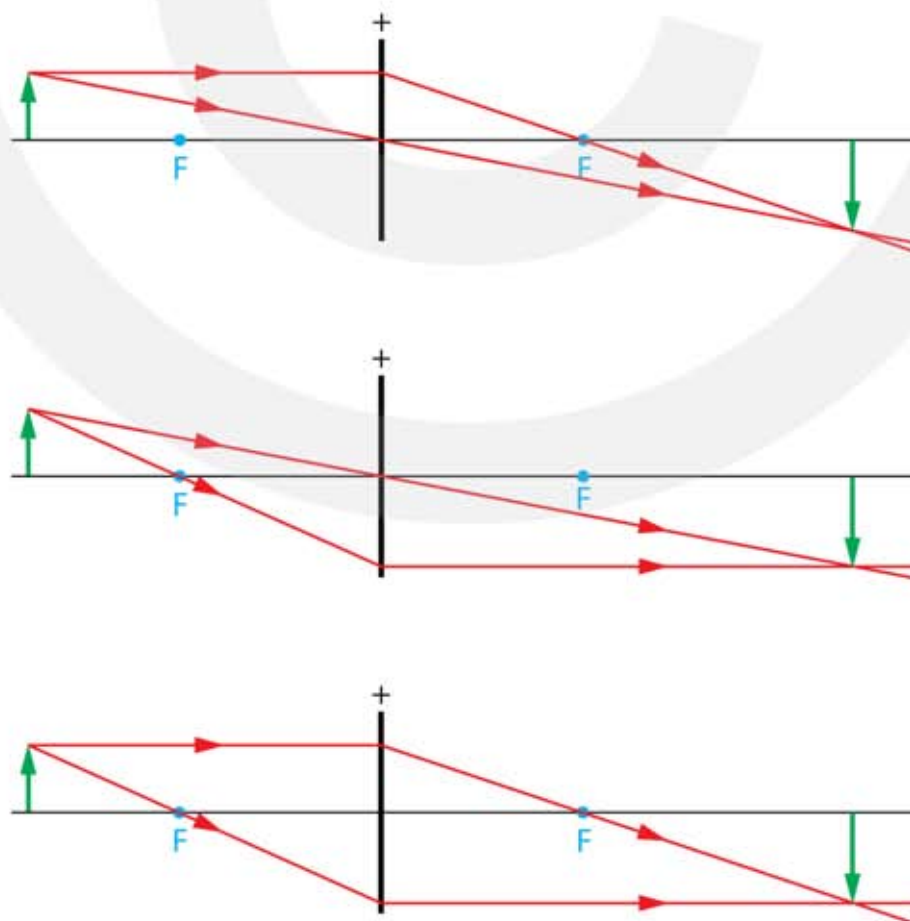
- dit stelsel van 2 lenzen wordt gebruikt om een divergerende lichtbundel uit een puntbron te verplaatsen
- de lichtbron wordt als het ware verplaatst van plaats  $F_1$  naar plaats  $F_2$ .

5\*\* a Teken hoe de lichtstralen na de lens verdergaan.

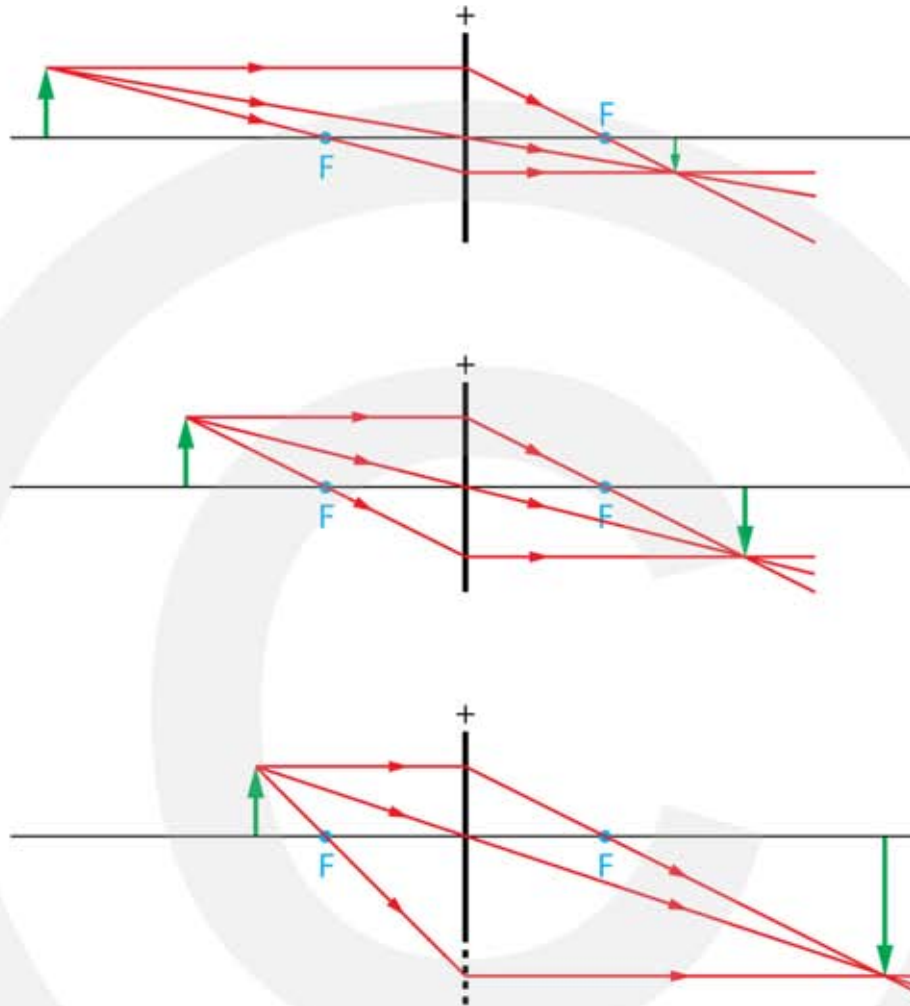
b Teken het reële beeld B van de pijl.

c Meet de lengte van het voorwerp én de lengte van het beeld.

- lengte voorwerp is 12 mm | lengte beeld is 16 mm



- 6\*\*\* a Teken hoe de constructiestralen 1,2 en 3 door de lens gaan.  
 b Teken het reële beeld B van de pijl.

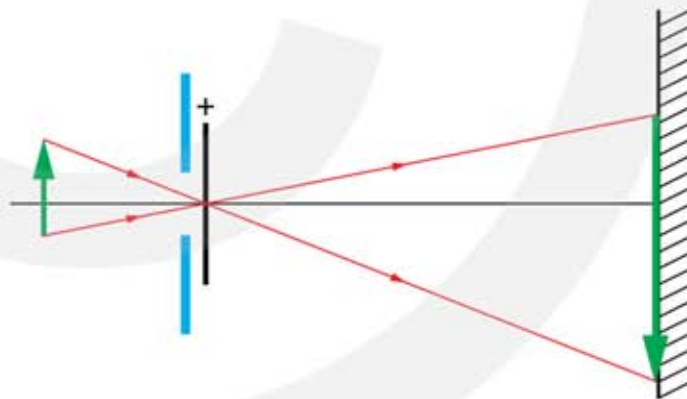


- c Meet de lengte van het voorwerp én de lengte van het beeld.
- lengte voorwerp is 12 mm
  - BOVEN: lengte beeld is 6 mm
  - MIDDEN: lengte beeld is 12 mm
  - ONDER: lengte beeld is 24 mm
- d Bereken de vergroting. Dat is de lengte van het beeld gedeeld door de lengte van het voorwerp.
- BOVEN: vergroting is  $6 / 12 = 0,5$
  - MIDDEN: vergroting is  $12 / 12 = 1$
  - ONDER: vergroting is  $24 / 12 = 2$
- e Deel de afstand van het reële beeld B tot de lens door de afstand van het voorwerp tot de lens en vergelijk je antwoord met de vorige vraag. Welke conclusie kun je trekken?
- de afstand van het beeld tot de lens gedeeld door de afstand van het voorwerp tot de lens geeft ook de vergroting
  - BOVEN 0,5 | MIDDEN 1 | ONDER 2

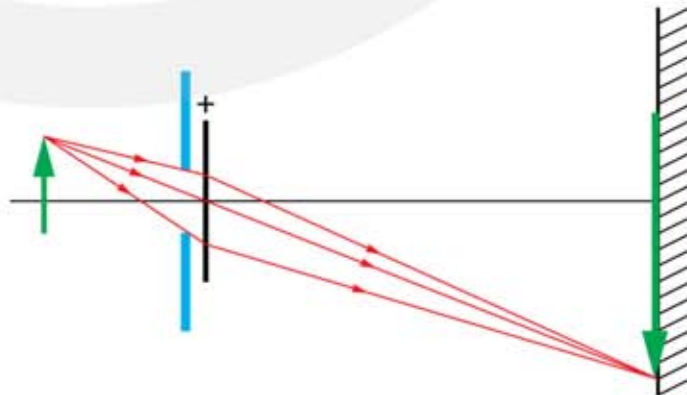
- 7\*\*\***
- Teken hoe de lichtstralen na de lens verdergaan.
  - Teken het virtuele beeld B' van de pijl.
  - Meet de lengte van het voorwerp én de lengte van het virtuele beeld.
    - lengte voorwerp is 10 mm
    - BOVEN: lengte virtueel beeld is 30 mm
    - MIDDEN: lengte virtueel beeld is 30 mm
    - ONDER: lengte virtueel beeld is 77 mm



- 8\*\*\***
- Construeer de afbeelding van de pijl op het scherm.



- Construeer hoe de lichtstralen uit de pijlpunt het scherm bereiken. Teken hiervoor de lichtstralen die langs de rand van het diafragma gaan.



- Leg uit wat er met de afbeelding gebeurt als de opening groter wordt gemaakt.
  - er valt meer licht op het scherm waardoor het beeld helderder wordt
  - verder verandert er niets met de scherpte of de grootte van het beeld

## 8.5 De plaats van het beeld berekenen

### Vergrotingsformule

- 1\***
- a** Leg uit wat met  $L_B$ ,  $L_V$ ,  $b$  en  $v$  wordt bedoeld.
- $L_B$  de lengte van het beeld
  - $L_V$  de lengte van het voorwerp
  - $b$  de afstand tussen het beeld en de lens (de beeldafstand)
  - $v$  de afstand tussen het voorwerp en de lens (de voorwerpsafstand)
- b** Wie heeft er gelijk, Kiki, David of geen van beiden.
- met de formule bereken je de breuken  $L_B : L_V$  en  $b : v$
  - het maakt niet uit welke eenheid je gebruikt als het in de teller en de noemer maar dezelfde eenheid is
  - geen van beiden heeft gelijk
- 2\*\***
- a** Bereken de vergroting.
- $L_V = 8,0 \text{ cm}$  |  $L_B = 60 \text{ cm}$  |  $N = \dots$
  - $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$
  - $N = \frac{60}{8} = 7,5$
- b** Bereken de lengte van het beeld.
- $L_V = 5,0 \text{ cm}$  |  $L_B = \dots \text{ cm}$  |  $N = 7,5$
  - $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$
  - $7,5 = \frac{L_B}{5} \rightarrow L_B = 5 \cdot 7,5 = 37,5 \text{ cm}$
- c** Bereken de lengte van het voorwerp.
- $L_V = \dots \text{ cm}$  |  $L_B = 90 \text{ cm}$  |  $N = 7,5$
  - $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$
  - $7,5 = \frac{90}{L_V} \rightarrow L_V = \frac{90}{7,5} = 12 \text{ cm}$

3\*\*

a Bereken de vergroting.

- $L_V = 30 \text{ cm}$  |  $L_B = 1,8 \text{ mm} = 0,18 \text{ cm}$  |  $N = \dots$

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- $N = \frac{0,18}{30} = 0,0060$

b Bereken de afstand tussen de lens en de beeldsensor in je telefoon.

- $v = 70 \text{ cm}$  |  $b = \dots \text{ cm}$  |  $N = 0,006$

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- $0,006 = \frac{b}{70} \rightarrow b = 70 \cdot 0,006 = 0,42 \text{ cm}$

4\*\*

a Bereken de afstand van de kaars tot de lens.

- $v = \dots \text{ m}$  |  $b = 1,5 \text{ m}$  |  $N = 3$

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- $3 = \frac{1,5}{v} \rightarrow v = \frac{1,5}{3} = 0,5 \text{ m}$

b Leg uit wie er gelijk heeft, Jasmijn, Katja of geen van beiden.

- als je alleen de kaars dicht bij de lens zet ontstaat er een onscherp beeld
- de kaars is dan zichtbaar als een vage vlek
- om een scherp beeld te krijgen moet je ook de afstand tussen de lens en het scherm veranderen
- Katja heeft gelijk

c Als je vindt dan geen van beide gelijk heeft, hoe zit het dan wel volgens jou?

- zie het antwoord op b

5\*\*

a Bereken de afmetingen van de geprojecteerde dia op het scherm.

- $L_V = 24 \text{ mm}$  (36 mm) |  $L_B = \dots \text{ cm}$  |  $N = 50$

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- $50 = \frac{L_B}{24} \rightarrow L_B = 24 \cdot 50 = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$

- $50 = \frac{L_B}{36} \rightarrow L_B = 36 \cdot 50 = 1800 \text{ mm} = 1,8 \text{ m}$

**b** Bereken de lengte van de Eiffeltoren op de dia.

- $L_v = \dots \text{ cm} \quad | \quad L_B = 80 \text{ cm} \quad | \quad N = 50$

- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{b}{v}$

- $50 = \frac{80}{L_v} \rightarrow L_v = \frac{80}{50} = 1,6 \text{ cm}$

**c** Bereken de verkleining die de lens heeft gemaakt.

- $L_v = 300 \text{ m} \quad | \quad L_B = 1,6 \text{ cm} = 0,016 \text{ m} \quad | \quad N = \dots$

- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{b}{v}$

- $N = \frac{0,016}{300} = 0,0000533 \quad (5,33 \cdot 10^{-5})$

## Lensformule

**6\***

**a** Leg uit wat met  $v$ ,  $b$  en  $f$  wordt bedoeld.

- $v$  is de afstand tussen het voorwerp en de lens (de voorwerpsafstand)
- $b$  is de afstand tussen het beeld en de lens (de beeldafstand)
- $f$  is de afstand tussen het brandpunt en de lens (de brandpuntsafstand)

**b** Leg uit in welke situatie  $b$  negatief is.

- $b$  is negatief als het beeld virtueel is

**c** Leg uit in welke situatie  $f$  negatief is.

- $f$  is negatief als de lens negatief is

**d** Leg uit of er situaties bestaan waarbij  $v$  negatief is.

- $v$  is nooit negatief

**7\*\***

**a** Vul de tabel in. Volg het voorbeeld van de eerste rij.

$v$	$b$	$f$	$S$ (dpt)
3 cm	6 cm	2 cm	50
3 cm	2 cm	1,2 cm	83,3
12 cm	8 cm	4,8 cm	20,8
30 cm	6 cm	5 cm	20

650 cm	26 cm	25 cm	4,0
120 cm	240 cm	80 cm	1,25
7 cm	42 cm	6 cm	16,7
30 cm	60 cm	20 cm	5
30 cm	15 cm	10 cm	10
10 cm	-50 cm	12,5 cm	8

8\*\*\*

a Bereken de afstand tussen de lens en de beeldsensor.

- $v = 10 \text{ m} \quad | \quad b = \dots \text{ m} \quad | \quad f = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$

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

- $\frac{1}{10} + \frac{1}{b} = \frac{1}{0,2} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{0,2} - \frac{1}{10}$

- $\frac{1}{b} = 5 - 0,1 = 4,9 \rightarrow$

- $b = \frac{1}{4,9} = 0,20408 = 0,204 \text{ m}$

b Bereken de lengte van het beeld van de leeuw op de beeldsensor.

- $v = 10 \text{ m} \quad | \quad b = 0,20408 \text{ m} \quad | \quad L_v = 1,6 \text{ m}$

- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{b}{v}$

- $\frac{L_B}{1,6} = \frac{0,20408}{10} \rightarrow L_B = \frac{1,6 \cdot 0,20408}{10} = 0,03265 = 0,0327 \text{ m}$

c Bereken op welke afstand je het scherm moet plaatsen om een scherp beeld van de leeuw te krijgen.

- $v = 8,4 \text{ cm} \quad | \quad b = \dots \text{ cm} \quad | \quad f = 8 \text{ cm}$

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

- $\frac{1}{8,4} + \frac{1}{b} = \frac{1}{8} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{8} - \frac{1}{8,4}$

- $\frac{1}{b} = 12,5 - 11,90476 = 0,595238$

- $b = \frac{1}{0,595238} = 168 \text{ cm}$

d Bereken hoe groot de leeuw op het scherm wordt afgebeeld.

- $v = 8,4 \text{ cm} \mid b = 168 \text{ cm} \mid L_v = 3,5 \text{ cm}$
- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{b}{v}$
- $\frac{L_B}{3,5} = \frac{168}{8,4} \rightarrow L_B = \frac{3,5 \cdot 168}{8,4} \rightarrow L_B = 70 \text{ cm}$

9\*\*\*

a Bereken de brandpuntsafstand van de lens.

- $v = 1,0 \text{ m} = 100 \text{ cm} \mid b = 5 \text{ cm} \mid f = \dots \text{ cm}$
- $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
- $\frac{1}{100} + \frac{1}{5} = \frac{1}{f}$
- $0,01 + 0,2 = 0,21 = \frac{1}{f}$
- $\frac{1}{f} = 0,21 \rightarrow f = \frac{1}{0,21} = 4,7619 = 4,8 \text{ cm}$

b Bereken de lengte van het beeld van het hoofd op de beeldchip.

- $v = 100 \text{ cm} \mid b = 5 \text{ cm} \mid L_v = 15 \text{ cm} \mid L_B = \dots \text{ cm}$
- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{b}{v}$
- $\frac{L_B}{15} = \frac{5}{100} \rightarrow L_B = \frac{15 \cdot 5}{100} \rightarrow L_B = 0,75 \text{ cm}$

c Bereken de afstand tussen de lens en het hoofd van je broertje.

- het hele hoofd zo groot mogelijk op de beeldchip  $\rightarrow L_B = 24 \text{ mm}$
- $v = \dots \text{ cm} \mid b = 5 \text{ cm} \mid L_v = 15 \text{ cm} \mid L_B = 2,4 \text{ cm}$
- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{b}{v}$
- $\frac{2,4}{15} = \frac{5}{v}$
- kruislings vermenigvuldigen
- $\frac{2,4}{15} = \frac{5}{v} \rightarrow 2,4 \cdot v = 15 \cdot 5$
- $v = \frac{15 \cdot 5}{2,4} = 31,25 = 31 \text{ cm}$



## Vergrotingsformule en lensformule gecombineerd

**10\*\*\*\*** a Bereken de afmetingen van de afbeelding op het fotopapier.

- $L_V = 2,4$  bij  $3,6$  cm |  $L_B = \dots$  cm |  $N = 4,2$

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- breedte:  $4,2 = \frac{L_B}{2,4} \rightarrow L_B = 10,08 = 10$  cm

- lengte:  $4,2 = \frac{L_B}{3,6} \rightarrow B = 15,12 = 15$  cm

b Bereken de afstand tussen de lens en het fotopapier op de grondplaat.

- $f = 5,0$  cm |  $N = 4,2$

- $b = f \cdot (N + 1)$

- $b = 5,0 \cdot (4,2 + 1) = 26$  cm

c Beredeneer of die afstand groter of kleiner moet worden.

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

- $f$  blijft gelijk en  $v$  wordt groter  $\rightarrow b$  moet kleiner worden

+ d Noem twee mogelijkheden om dit te bereiken.

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- nieuwe situatie:  $v$  groter en  $b$  kleiner  $\rightarrow N$  kleiner

- als niets gedaan wordt valt er per  $\text{cm}^2$  meer licht op het fotopapier

- 1: belichtingstijd korter maken of

- 2: diafragma opening kleiner maken

**11\*\*\*\*** a Bereken de diameter van deze bloem op de film.

- $v = 43$  cm |  $b = \dots$  cm |  $f = 28$  mm =  $2,8$  cm

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

- $\frac{1}{43} + \frac{1}{b} = \frac{1}{2,8} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{2,8} - \frac{1}{43} = 0,333887$

- $\frac{1}{b} = 0,333887 \rightarrow b = 2,995$  cm

- $v = 43$  cm |  $b = 2,995$  cm |  $L_V = 9$  cm |  $L_B = \dots$  cm

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- $\frac{L_B}{9} = \frac{2,995}{43} \rightarrow L_B = \frac{9 \cdot 2,995}{43} = 0,62686 = 0,63 \text{ cm}$

**b** Bereken of bij de ingezoomde opname van de bloem de brandpuntsafstand van de lens groter of kleiner is dan die van de lens bij de niet ingezoomde opname.

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- Bij inzoomen: N wordt groter, v blijft gelijk  $\rightarrow$  b wordt groter

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

- b wordt groter, v blijft gelijk

- $\frac{1}{f}$  wordt kleiner  $\rightarrow$  f wordt groter

- bij de ingezoomde opname is f groter dan bij de niet ingezoomde opname

**12\*\*\*\***

**a** Bereken de vergroting.

- $L_V = 1,5 \text{ m} = 150 \text{ cm} \quad | \quad L_B = 3 \text{ cm} \quad | \quad N = \dots$

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$

- $N = \frac{3}{150} = 0,02$

**b** Bereken de beeldafstand.

- $b = \dots \text{ m} \quad | \quad N = 0,02 \quad | \quad S = 20 \text{ dpt}$

- $S = \frac{1}{f} \rightarrow f = \frac{1}{S}$

- $f = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$

- $b = f \cdot (N + 1)$

- $b = 5 \cdot (0,02 + 1) = 5,1 \text{ cm}$

**c** Bereken de voorwerpsafstand.

- $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v} \rightarrow v = \frac{b}{N}$

- $v = \frac{5,1}{0,02} = 255 \text{ cm}$

- 13\*\*\*\*** a Bereken de afstand tussen de beeldsensor en het huis.
- $L_V = 7,0 \text{ m} = 700 \text{ cm}$  |  $L_B = 2,3 \text{ cm}$  |  $f = 80 \text{ mm} = 8,0 \text{ cm}$  |  $v = \dots \text{ cm}$
  - $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v}$
  - $N = \frac{2,3}{700} = 0,00328571$
  - $b = f \cdot (N+1)$
  - $b = 8 \cdot (0,00328571 + 1) = 8,026286 \text{ cm}$
  - $N = \frac{b}{v} \rightarrow v = \frac{b}{N} = \frac{8,026286}{0,00328571} = 2442,78 \text{ cm} = 24,4 \text{ m}$

- b Bereken de brandpuntsafstand van de ingezoomde lens.
- N wordt 1,5 keer zo groot:  $N = 1,5 \cdot 0,00328571 = 0,004928565$
  - $v = 2442,78 \text{ cm}$  (verandert niet)
  - $N = \frac{b}{v} \rightarrow b = N \cdot v$
  - $b = 0,004928565 \cdot 2442,78 = 12,0394 \text{ cm}$
  - $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$
  - $\frac{1}{2442,78} + \frac{1}{12,0394} = \frac{1}{f} \rightarrow 0,08347 = \frac{1}{f} \rightarrow f = 11,98 = 12 \text{ cm}$

- 14\*\*\*\*** a Bereken de afmeting van de LCD in de beamer.
- $L_B = 100$  bij  $125 \text{ cm}$  |  $f = 8,0 \text{ cm}$  |  $b = 400 \text{ cm}$
  - $b = f \cdot (N+1)$
  - $400 = 8,0 \cdot (N+1) \rightarrow N+1 = \frac{400}{8,0} = 50 \rightarrow N = 49$
  - verticaal:  $N = \frac{L_B}{L_V} \rightarrow 49 = \frac{100}{L_V} \rightarrow L_V = \frac{100}{49} = 2,0408 = 2,04 \text{ cm}$
  - horizontaal:  $N = \frac{L_B}{L_V} \rightarrow 49 = \frac{125}{L_V} \rightarrow L_V = \frac{125}{49} = 2,5510 = 2,55 \text{ cm}$

- 15++** a Bereken de brandpuntsafstand van de lens van de diaprojector.
- $L_V = 2,4 \text{ cm}$  |  $L_B = 80 \text{ cm}$  |  $v+b = 300 \text{ cm}$  |  $f = \dots \text{ cm}$
  - $N = \frac{L_B}{L_V} = \frac{b}{v} \rightarrow$
  - $\frac{80}{2,4} = \frac{b}{v} \rightarrow 80 \cdot v = 2,4 \cdot b \rightarrow b = \frac{80 \cdot v}{2,4} = 33,333 \cdot v$

- $v + b = 300 \rightarrow v + 33,333 \cdot v = 34,333 \cdot v = 300 \rightarrow v = 8,73786 \text{ cm}$

- $b = 300 - 8,73786 = 291,262 \text{ cm}$

- $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} = \frac{1}{8,73786} + \frac{1}{291,262} = 0,1178778$

- $f = \frac{1}{0,1178778} = 8,48336 = 8,5 \text{ cm}$

**b** Bereken de sterkte van de lens van de diaprojector.

- $f$  moet in meter  $\rightarrow f = 8,48336 \text{ cm} = 0,0848336 \text{ m}$

- $S = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,0848336} = 11,78778 = 11,8 \text{ dpt}$

**c** Moet de lens nu naar de dia toe of van de dia af worden verplaatst om een scherpe afbeelding te krijgen? Licht je antwoord toe.

- $v = \frac{f \cdot (N+1)}{N}$

- $f$  blijft gelijk en  $N$  wordt groter  $\rightarrow v$  wordt kleiner

- de lens moet naar de dia toe worden verplaatst

*Onvolledig antwoord:*

- $f$  blijft gelijk

- $b$  wordt groter (eigenlijk weet je alleen dat  $b + v$  groter wordt)

- $v$  moet kleiner worden; de lens moet naar de dia worden verplaatst

**d** Bereken de afstand waarover de diaprojector is verplaatst ten opzichte van de eerste situatie.

- $L_v = 2,4 \text{ cm} \mid L_B = 200 \text{ cm} \mid f = 8,48336 \text{ cm}$

- $N = \frac{L_B}{L_v} = \frac{200}{2,4} = 83,3333$

- $b = f \cdot (N+1)$

- $b = 8,48336 \cdot (83,3333 + 1) = 715,43 \text{ cm}$

- $N = \frac{b}{v} \rightarrow v = \frac{b}{83,333} = \frac{715,43}{83,333} = 8,58516 \text{ cm}$

- $v + b = 8,58516 + 715,43 = 724,015 = 724 \text{ cm}$

- $v + b$  was  $300 \text{ cm}$

- verplaatsing:  $724 - 300 = 424 \text{ cm}$

**e** Bereken hoeveel de voorwerpsafstand is veranderd t.o.v. de eerdere situatie.

- verschil:  $\Delta v = 8,73786 - 8,58516 = 0,1527 = 0,15 \text{ cm}$