

8 Licht

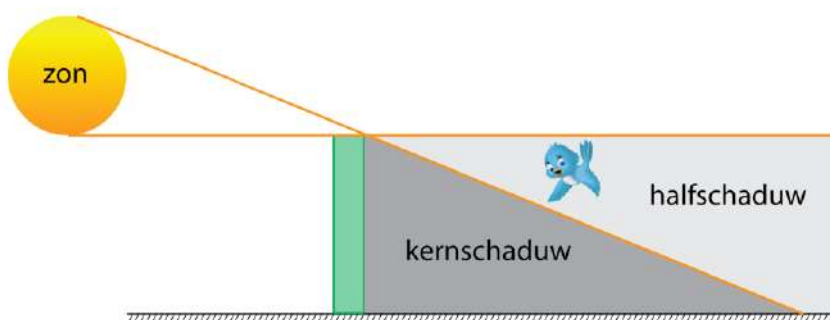
havo

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.

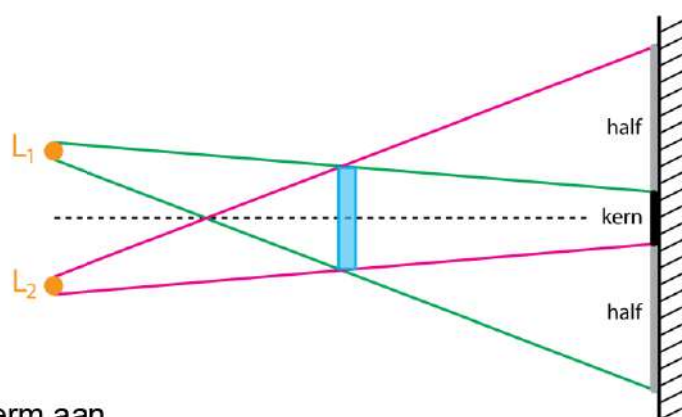


- 2**** a Geef met een kleur aan waar op het scherm een schaduw ontstaat als alleen L_1 brandt.

- b Geef met een andere kleur aan waar op het scherm een schaduw ontstaat als alleen L_2 brandt.

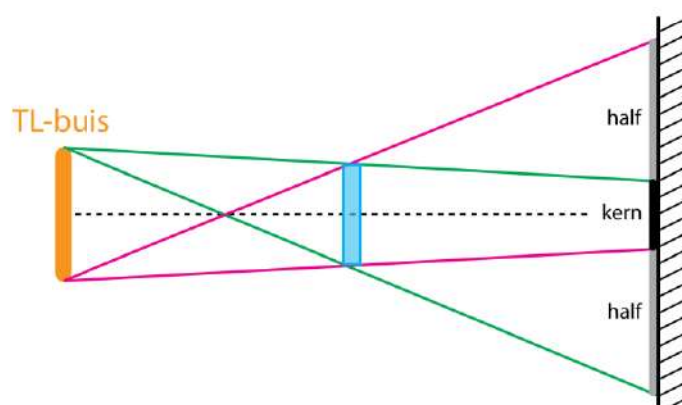
- c Geef de kernschaduw op het scherm aan.

- d Geef de halfschaduw op het scherm aan.



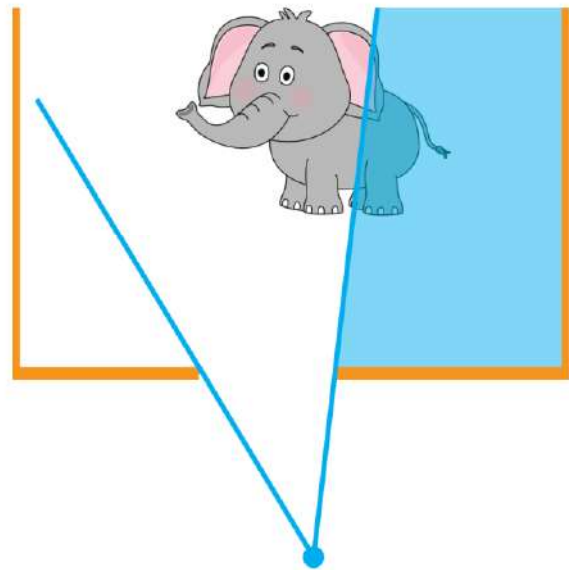
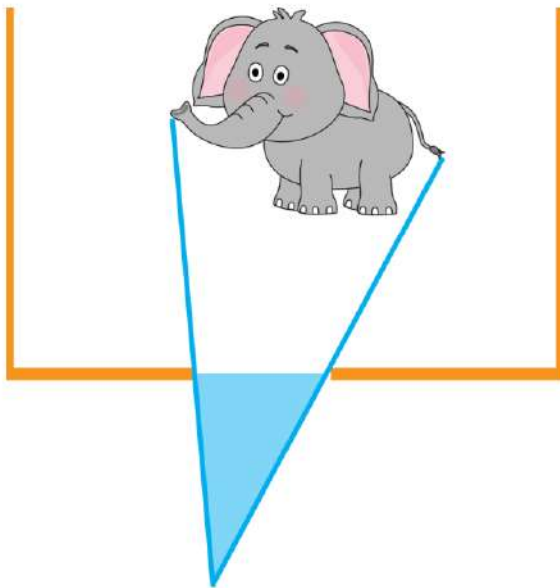
- 3**** a Geef de kernschaduw op het scherm aan.

- b Geef de halfschaduw op het scherm aan.



4**

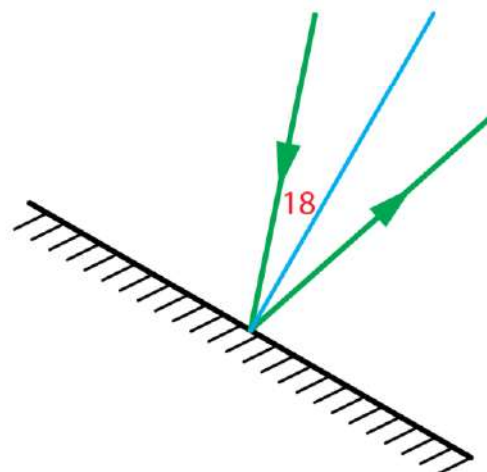
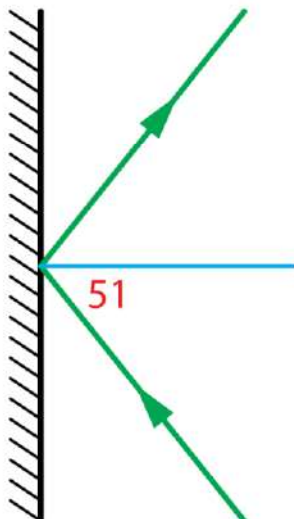
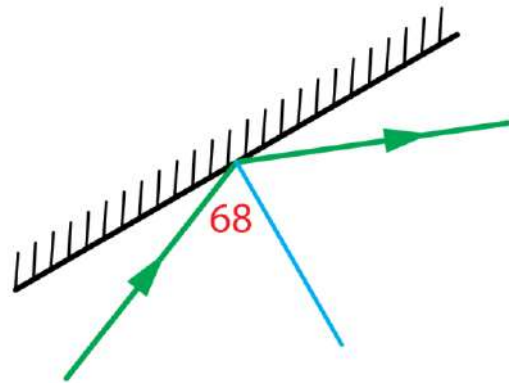
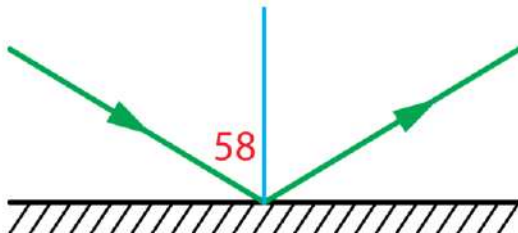
- a Geef in de linker figuur aan in welk gebied je de olifant in zijn geheel kunt zien.
b Geef in het rechter figuur aan wel deel van de olifant het kind NIET kan zien.



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.

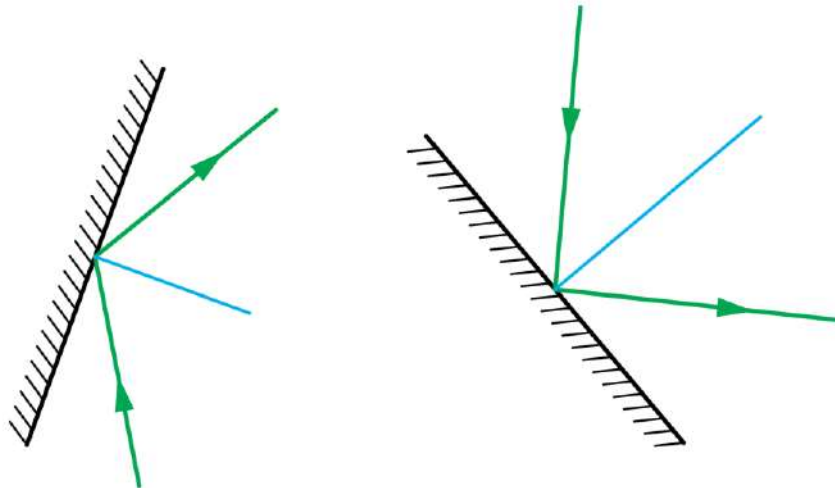
HINT dit is de hoek tussen de normaal en de lichtstraal.

- 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.



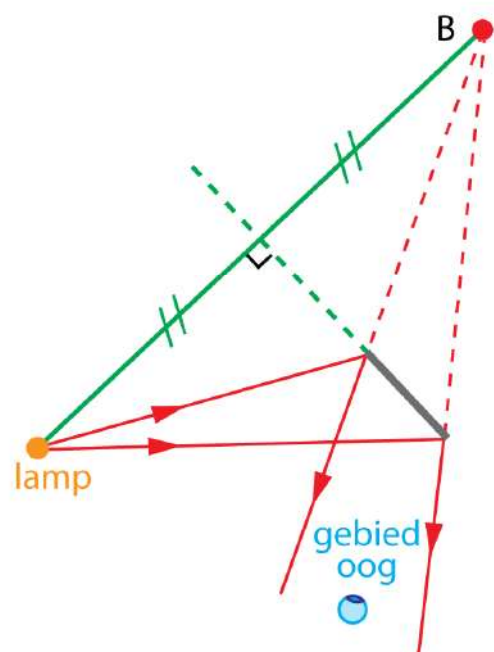
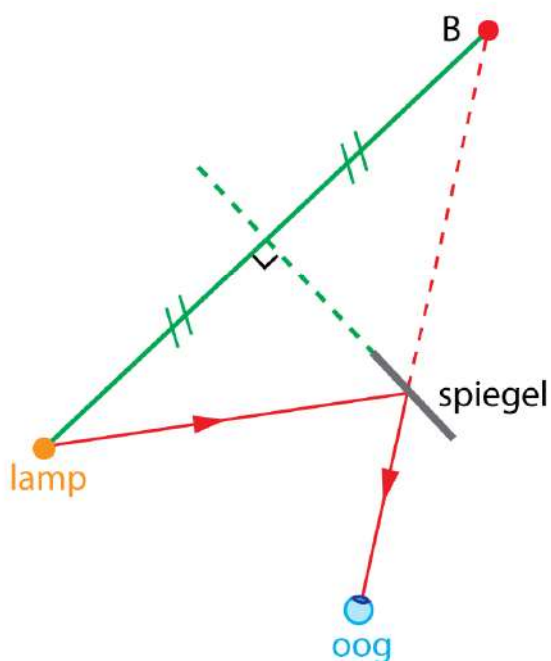
7***

a Teken de lichtstraal die van de lamp via de spiegel in het oog valt.

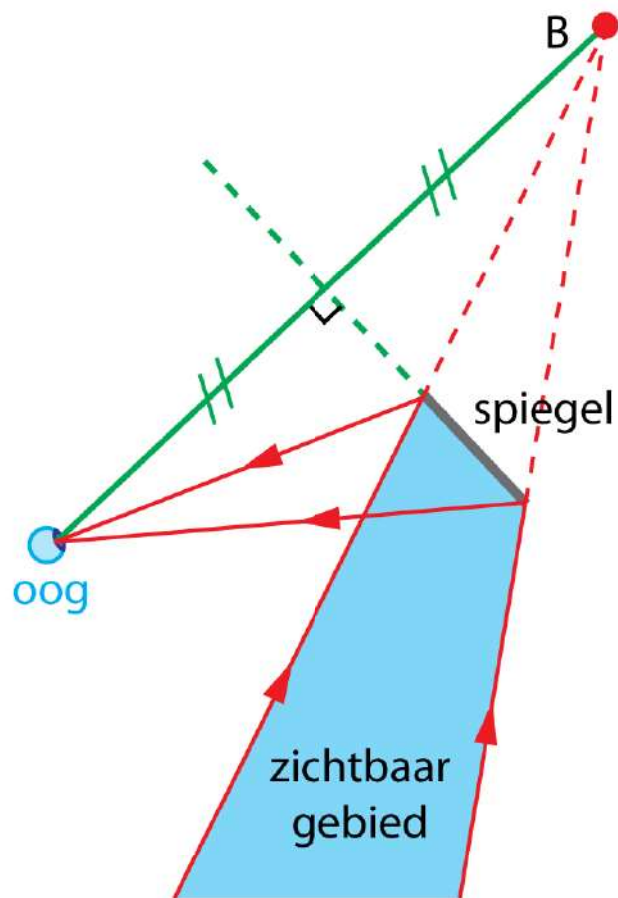
- zie figuur links

b Teken het gebied waarin het oog zich moet bevinden om de lamp in de spiegel te kunnen zien.

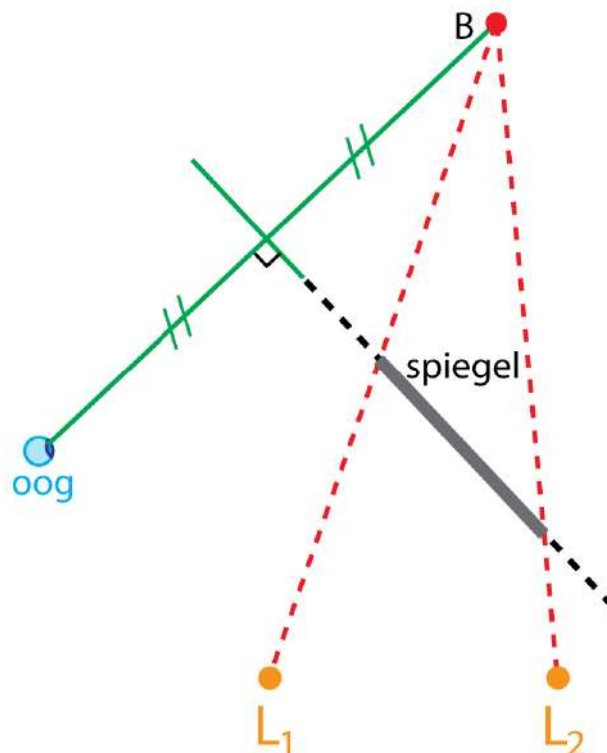
- zie figuur rechts



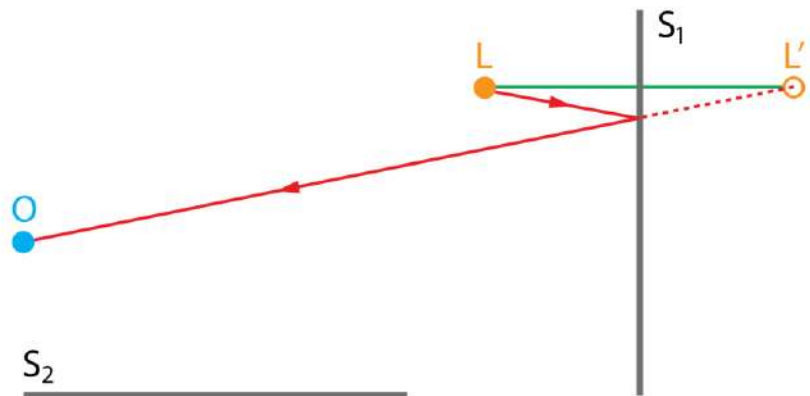
- 8*** a Teken het gebied dat je via de spiegel (als spiegelbeeld) kunt zien.



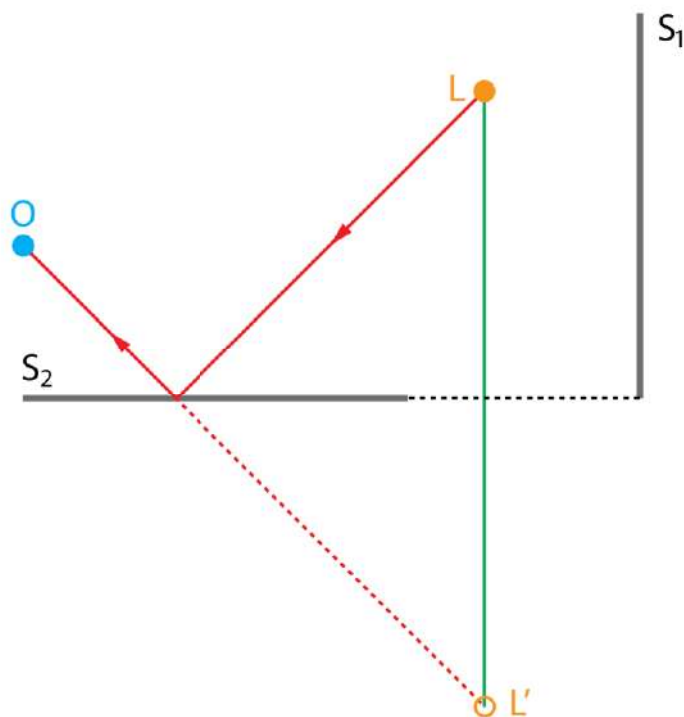
- 9*** a Teken hoe groot de spiegel minstens moet zijn om beide lampjes in de spiegel te kunnen zien.



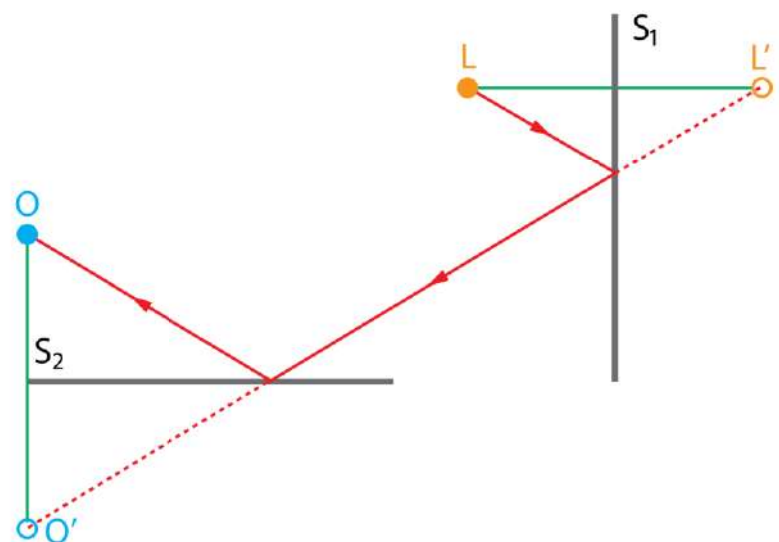
- 10**** a Teken de lichtstraal uit L die via S_1 in het oog valt.



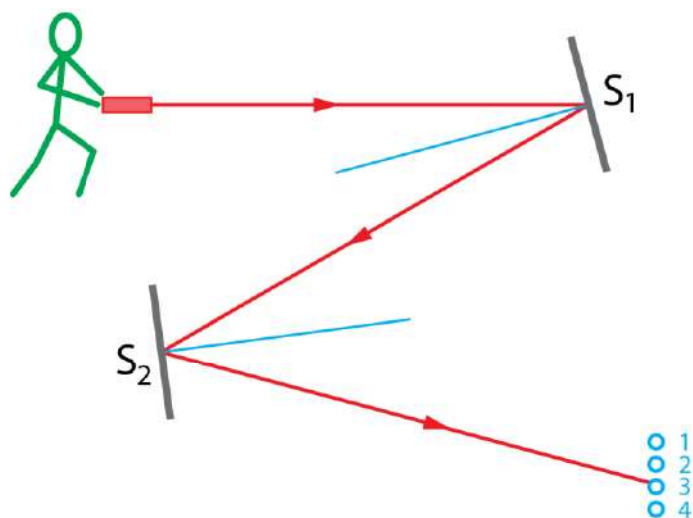
- b Teken met een andere kleur de lichtstraal uit L die via S_2 in het oog valt.



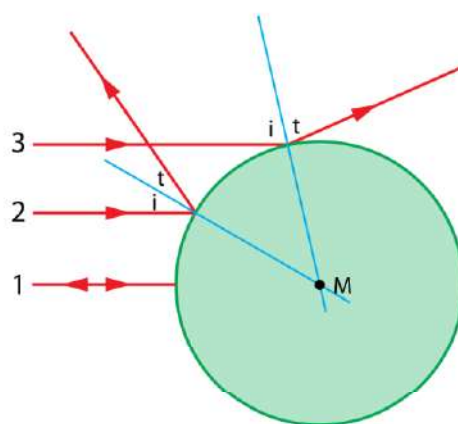
- c Teken met een andere kleur de lichtstraal uit L die via S_1 én S_2 in het oog valt.



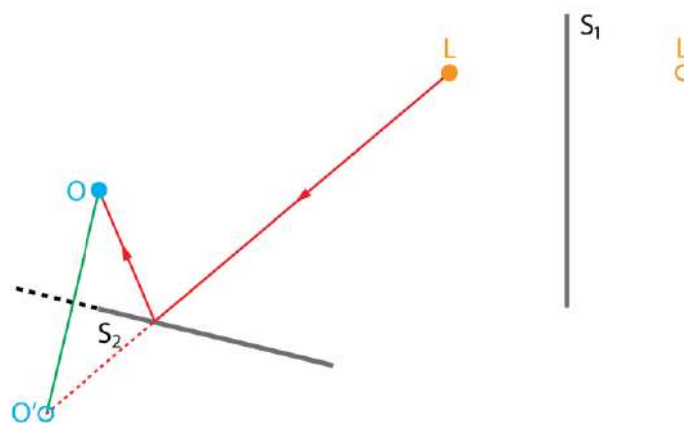
- 11**** a Welk doel raak je?
- doel 3



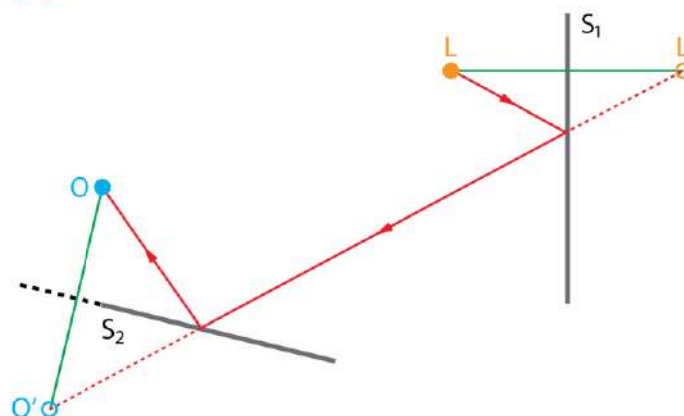
- 12**** a Teken hoe de lichtstralen 1, 2 en 3 worden weerkaatst.
HINT de normaal gaat door het middelpunt M van de kerstbal.



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



- b Teken de lichtstraal uit L die via S1 én 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 vertragsingsfactor 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 α 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?

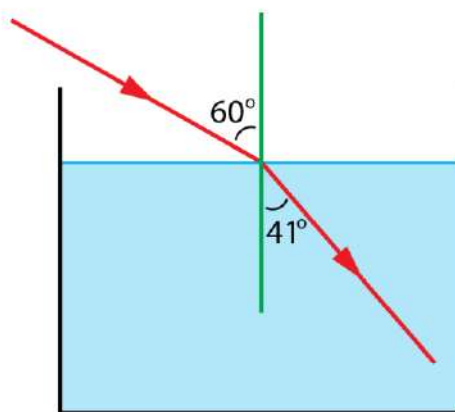
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$

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.

- opzoeken $n_{\text{water}} = 1,330$ | opmeten $i = 60^\circ$
- $i = 60^\circ$ | $n_i = 1,0$ | $n_r = 1,330$ | $r = \dots^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1 \cdot \sin 60 = 1,330 \cdot \sin r$
- $\sin r = \frac{0,8660}{1,330} = 0,65115$
- $r = \sin^{-1}(0,65115) = 40,628 = 41^\circ$



7*** a Teken de normaal

b Bepaal de hoek van inval.

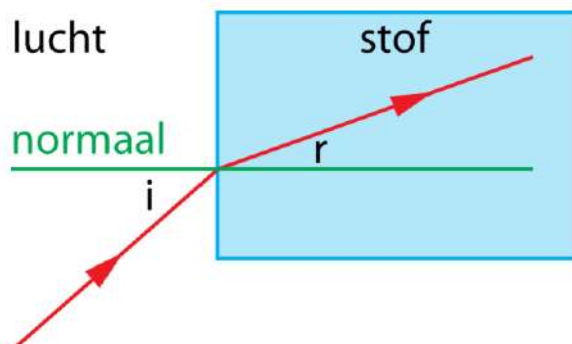
- opmeten: $i = 41^\circ$ (marge 1°)

c Bepaal de hoek van breking.

- opmeten: $r = 20^\circ$ (marge 1°)

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 $i = 33^\circ$ (marge 1°)

b Bereken de hoek van breking.

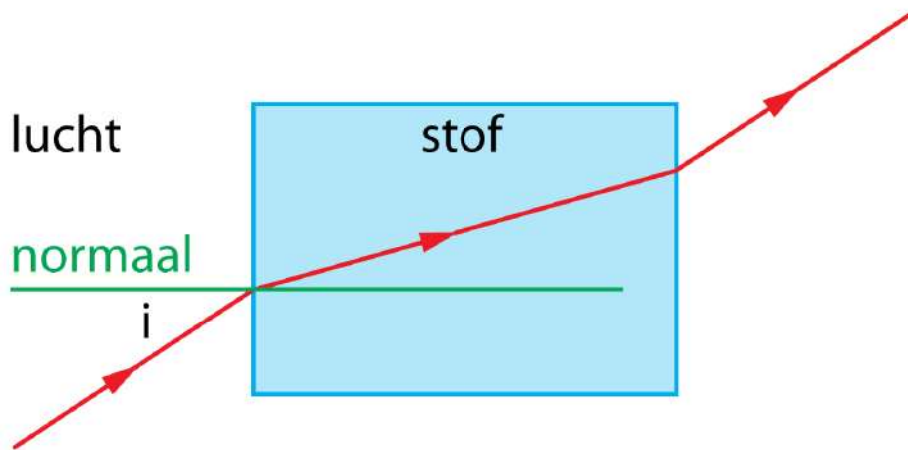
- inval door lucht: $n_i = 1$
- $i = 33^\circ$ | $n_i = 1,0$ | $n_r = 2,0$ | $r = \dots^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1 \cdot \sin 33 = 2,0 \cdot \sin r \rightarrow \sin r = \frac{\sin 33}{2,0} = \frac{0,54464}{2,0} = 0,27232$
- $r = \sin^{-1} 0,27232 = 15,8^\circ$

c Teken de gebroken lichtstraal.

- zie figuur

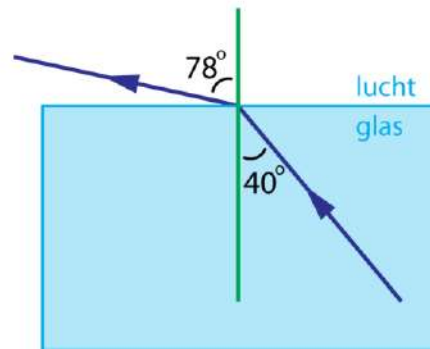
d Teken hoe de lichtstraal aan de achterkant de stof verlaat.

- zie figuur



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

- opmeten $i = 40^\circ$ (marge 1°)
- opzoeken $n_i = 1,52$ glas violet
- $i = 40^\circ \mid n_i = 1,52 \mid n_r = 1,0 \mid r = \dots^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1,52 \cdot \sin 40 = 1,0 \cdot \sin r$
- $\sin r = \frac{0,97704}{1,0} = 0,97704$
- $r = \sin^{-1}(0,97704) = 77,698 = 78^\circ$



10*** a Bepaal de hoek van inval.

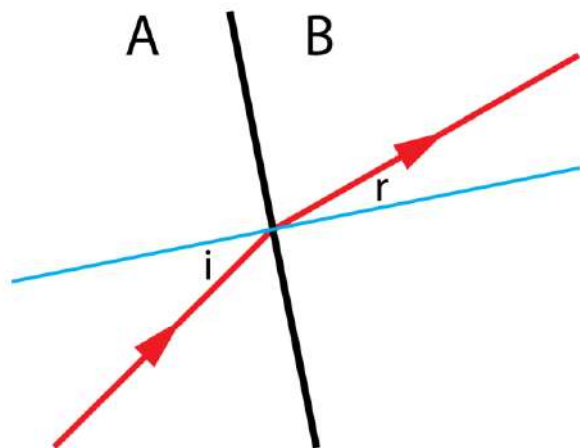
- opmeten: $i = 33^\circ$ (marge 1°)

b Bepaal de hoek van breking.

- opmeten: $r = 18^\circ$ (marge 1°)

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.

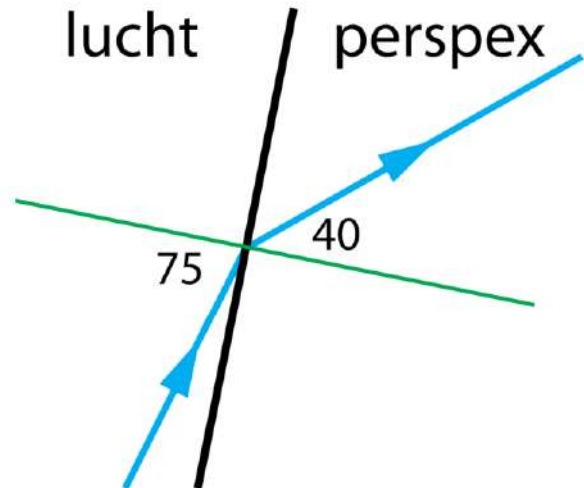
- opmeten: $r = 40^\circ$ (marge 1°)

b Bereken de hoek van inval.

- opzoeken $n_{\text{perspex} - \text{blauw}} = 1,50$
- $n_i = 1,0 \quad | \quad n_r = 1,50 \quad | \quad r = 40^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1 \cdot \sin i = 1,5 \cdot \sin 40$
- $\sin i = 1,5 \cdot \sin 40 = 0,9642$
- $i = \sin^{-1} 0,9642 = 74,6 = 75^\circ$

c Teken de invallende lichtstraal.

- $i = 75^\circ$



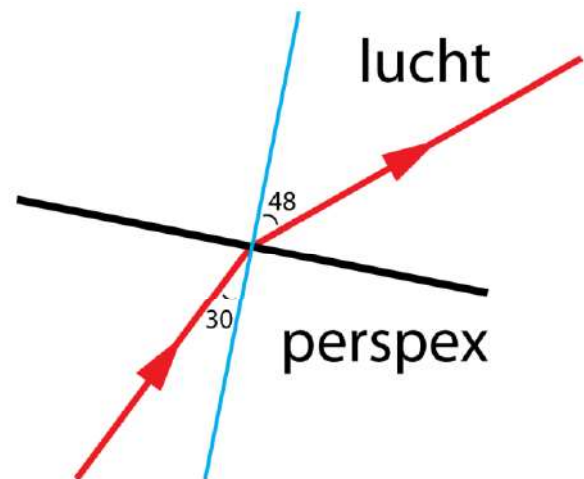
12***

a Bepaal de hoek van inval.

- opzoeken $n_{\text{perspex} - \text{rood}} = 1,49$
- opmeten: $r = 48^\circ$ (marge 1°)
- $n_i = 1,49 \quad | \quad n_r = 1,0 \quad | \quad r = 48^\circ$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1,49 \cdot \sin i = 1 \cdot \sin 48$
- $\sin i = \frac{1 \cdot \sin 48}{1,49} = 0,4988$
- $i = \sin^{-1} 0,4988 = 29,92 = 30^\circ$

b Teken de invallende lichtstraal.

- $i = 29,92 = 30^\circ$



13***

a Leg uit waarom dat het geval is.

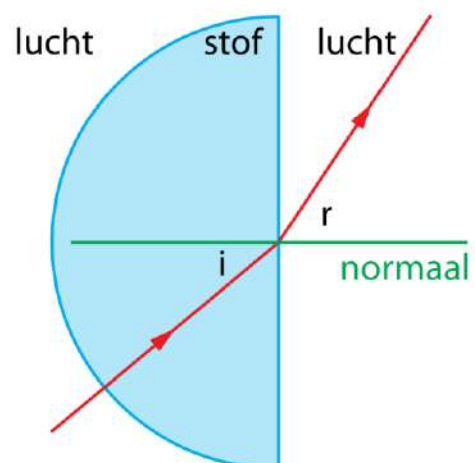
- de hoek van inval is 0 graden $\rightarrow \sin 0 = 0$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i \cdot 0 = n_r \cdot \sin r \rightarrow \sin r = 0 \rightarrow r = 0$
- $i = 0$ en $r = 0 \rightarrow$ de lichtstraal wordt niet gebroken

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: $r = 56^\circ$



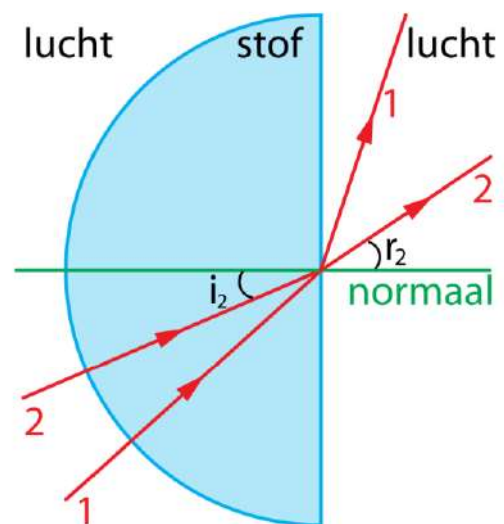
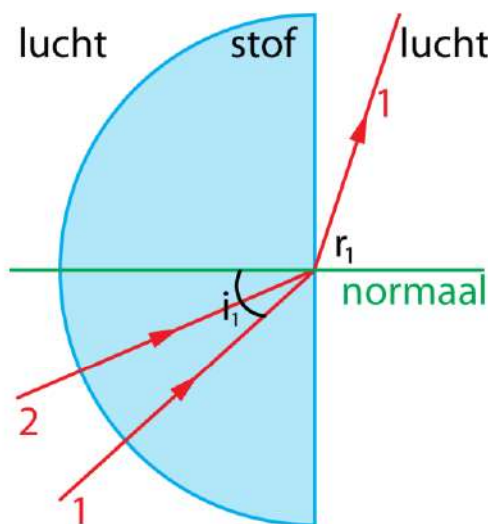
d Bereken de brekingsindex van de stof.

- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- 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.

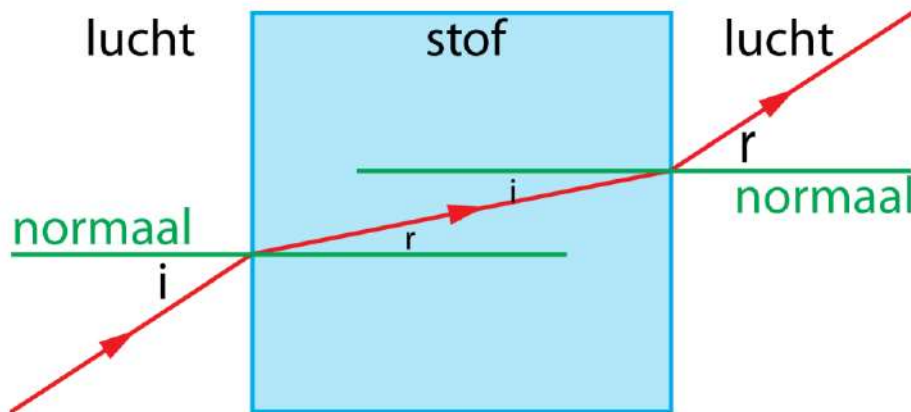
- teken de normaal
- opmeten: $i_1 = 42^\circ$ | opmeten: $r_1 = 71^\circ$ (marge 1°)
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- van stof naar lucht: $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin 42 = 1 \cdot \sin 71 \rightarrow n_i = \frac{\sin 71}{\sin 42} = \frac{0,946}{0,669} = 1,413$
- opmeten: $i_2 = 23^\circ$ (marge 1°)
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,413$ 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: $i = 33^\circ$ (marge 1°)
- b Bepaal de hoek van breking bij het tweede grensvlak stof – lucht.
- teken de normaal
 - opmeten: $r = 33^\circ$ (marge 1°)
- c Teken de lichtstraal in de stof.



- d Bereken de brekingsindex van de stof.
- opmeten grensvlak lucht – stof: $r = 11^\circ$ (marge 1°)
 - $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
 - 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: $i = 11^\circ$ (marge 1°)
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- van stof naar lucht: $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin 11 = 1 \cdot \sin 33 \rightarrow n_i = \frac{\sin 33}{\sin 11} = \frac{0,5446}{0,1902} = 2,854 = 2,9$

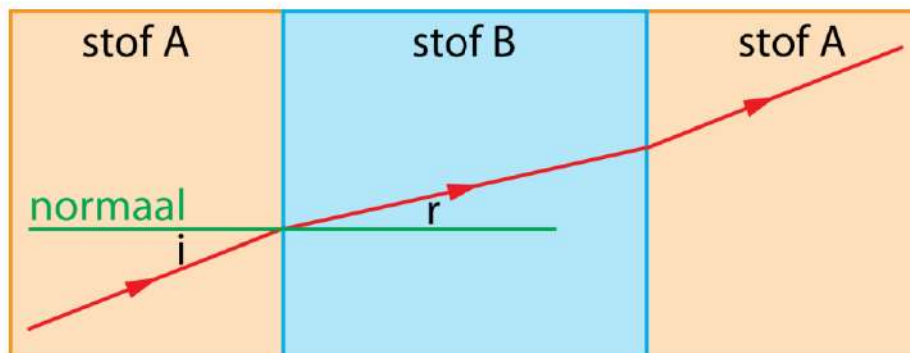
16**

- a Leg zonder te rekenen uit hoe groot de brekingsindex van stof A is.
- 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: $i = 21^\circ$ (marge 1°)
- grensvlak A – B opmeten: $r = 13^\circ$ (marge 1°)
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- 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

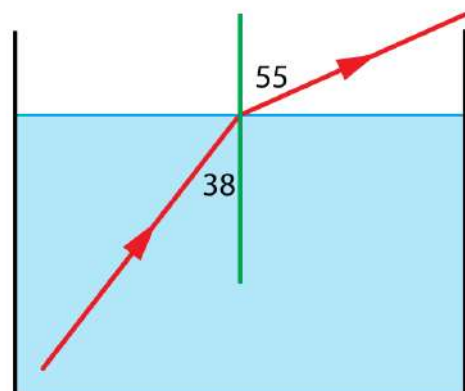
18***

a Bereken de grenshoek.

- opzoeken $n_{\text{water-rood}} = 1,330$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,330 \mid n_r = 1 \mid r = 90^\circ$
- $1,330 \cdot \sin i_g = 1 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin i_g = \frac{1 \cdot \sin 90}{1,330}$
- $i_g = \sin^{-1} 0,7519 = 48,753 = 48,8^\circ$

b Teken hoe de lichtstraal verdergaat.

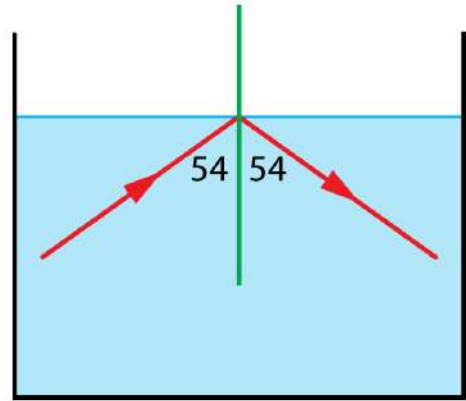
- teken de normaal
- opmeten: $i = 38^\circ$ (marge 1°)
- i kleiner dan $i_g \rightarrow$ lichtstraal wordt gebroken
- grensvlak water – lucht: $n_i = 1,330$ en $n_r = 1$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $1,33 \cdot \sin 38 = 1 \cdot \sin r$
- $\sin r = 1,33 \cdot 0,616 = 0,819$
- $r = \sin^{-1}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



19***

a Teken hoe de lichtstraal verdergaat.

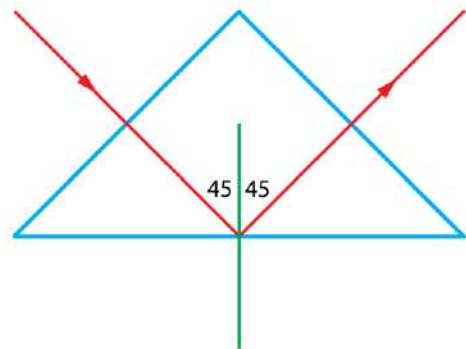
- opzoeken $n_{\text{water} - \text{rood}} = 1,330$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,330 \quad | \quad n_r = 1 \quad | \quad r = 90^\circ$
- $1,330 \cdot \sin i_g = 1 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin i_g = \frac{1 \cdot \sin 90}{1,330}$
- $i_g = \sin^{-1} 0,7519 = 48,753 = 48,8^\circ$
- opmeten: $i = 54^\circ$ (marge 1°)
- i groter dan $i_g \rightarrow$ de lichtstraal wordt weerkaatst



20***

a Bereken de grenshoek.

- opzoeken $n_{\text{glas} - \text{rood}} = 1,51$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,51 \quad | \quad n_r = 1 \quad | \quad r = 90^\circ$
- $1,51 \cdot \sin i_g = 1 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin i_g = \frac{1 \cdot \sin 90}{1,51}$
- $i_g = \sin^{-1} 0,66225 = 41,47 = 41,5^\circ$



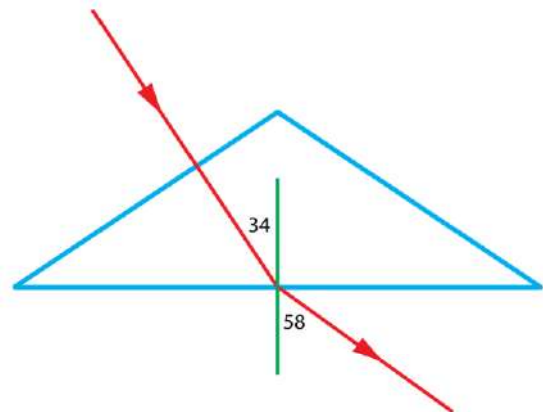
b Teken hoe de lichtstraal verder gaat.

- opmeten: $i = 45^\circ$ (marge 1°)
- i is groter dan $i_g \rightarrow$ lichtstraal wordt weerkaatst

21***

a Teken hoe de lichtstraal verdergaat.

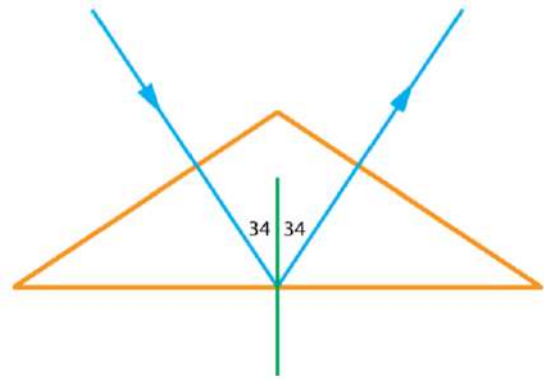
- opzoeken $n_{\text{glas} - \text{rood}} = 1,51$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,51 \quad | \quad n_r = 1 \quad | \quad r = 90^\circ$
- $1,51 \cdot \sin i_g = 1 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin i_g = \frac{1 \cdot \sin 90}{1,51}$
- $i_g = \sin^{-1} 0,66225 = 41,47 = 41,5^\circ$
- opmeten: $i = 34^\circ$ (marge 1°)
- 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.

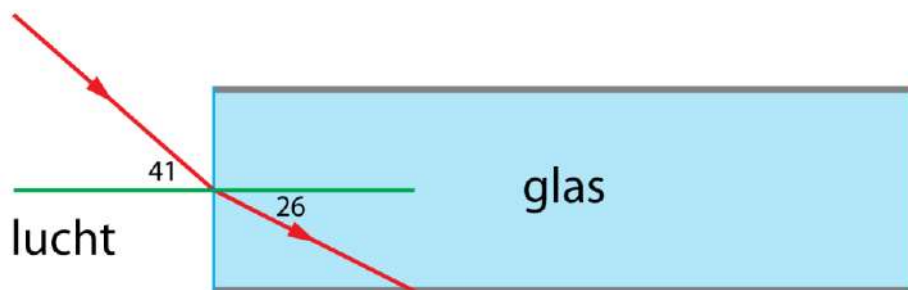
- opzoeken $n_{\text{flintglas} - \text{blauw}} = 1,92$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,92 \quad | \quad n_r = 1 \quad | \quad r = 90^\circ$
- $1,92 \cdot \sin i_g = 1 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin i_g = \frac{1 \cdot \sin 90}{1,92}$
- $i_g = \sin^{-1} 0,5208 = 31,39 = 31,4^\circ$
- opmeten: $i = 34^\circ$ (marge 1°)
- i is groter dan $i_g \rightarrow$ lichtstraal wordt weerkaatst



23****

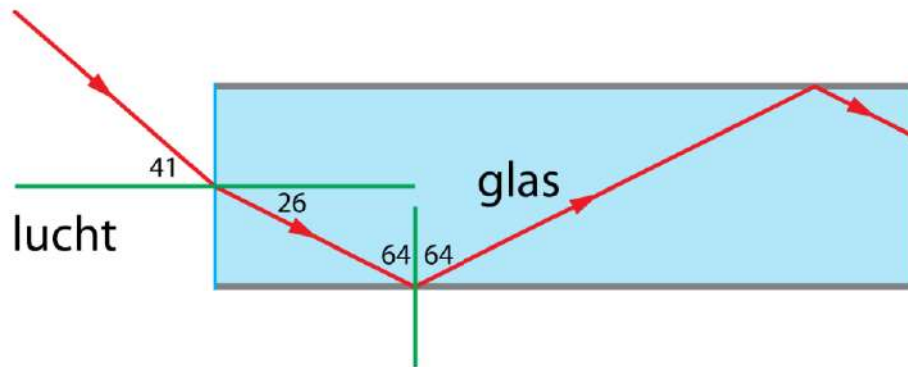
a Teken de invallende lichtstraal.

- teken de normaal
- opmeten grensvlak stof – lucht: $r = 26^\circ$ (marge 1°)
- opzoeken $n_{\text{glas} - \text{rood}} = 1,51$
- 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.

- $n_{\text{glas}} = 1,5$
- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- $n_i = 1,5 \quad | \quad n_r = 1 \quad | \quad r = 90^\circ$
- $1,5 \cdot \sin i_g = 1 \cdot \sin 90 \rightarrow \sin i_g = \frac{1 \cdot \sin 90}{1,5}$
- $i_g = \sin^{-1} 0,6667 = 41,8^\circ$
- teken de normaal
- grensvlak glas – lucht: $i = 64^\circ$ (marge 1°)
- i groter dan $i_g \rightarrow$ lichtstraal wordt weerkaatst

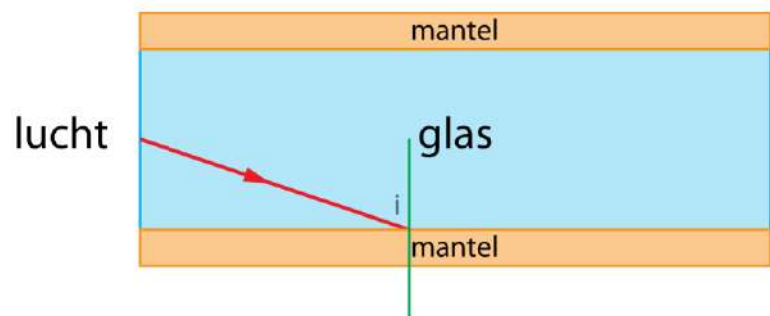


- c Leg uit waarom dit het geval is.
- op de plaats van een krasje kan i kleiner zijn dan i_g
 - de lichtstraal wordt dan niet weerkaatst maar gebroken
 - er lekt licht uit de zijkant van de fiber
 - de lichtstraal in de fiber wordt zwakker

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 $i = 72^\circ$



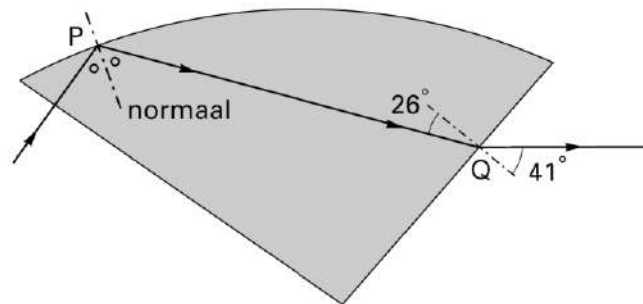
- d Bereken de brekingsindex van de stof waarvan de mantel is gemaakt.

- $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$
- bij de grenshoek: $r = 90^\circ \rightarrow \sin r = 1$
- $n_i \cdot \sin i_g = n_r \rightarrow \sin i_g = \frac{n_r}{n_i}$
- $\sin 72 = \frac{n_r}{1,6} \rightarrow n_r = 1,6 \cdot \sin 72 \rightarrow n = 1,5217 = 1,5$

Examenvragen havo

Vuurtoren (aangepast)

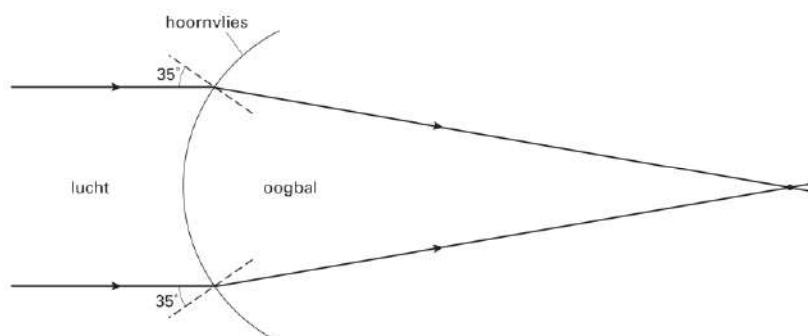
- 4p 1 Bepaal met behulp van figuur 4 de brekingsindex van het materiaal waarvan het prisma gemaakt is.
- teken de normaal bij punt Q 1
 - opmeten $i = 26^\circ$ en $r = 41^\circ$ (marge 1°) 1
 - gebruik $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$ met $n_r = 1,0$ 1
 - $n_i \cdot \sin 26 = 1,0 \cdot \sin 41 \rightarrow n_i = 1,4966 = 1,5$ 1



- 2p 2 Leg uit of de invalshoek van de lichtstraal bij punt P groter is dan de grenshoek van het gebruikte materiaal, kleiner is dan die grenshoek of gelijk is aan die grenshoek.
- het licht moet bij punt P volledig terugkaatsen 1
 - de invalshoek moet bij P groter zijn dan de grenshoek 1

Nachtlenzen

- 3p 1 Teken in figuur 1 de gebroken lichtstralen tot in hun snijpunt. Bereken daarvoor eerst de brekingshoek van de lichtstralen.
- gebruik $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$ met $n_i = 1,0$ 1
 - $1,0 \cdot \sin 35 = 1,34 \cdot \sin r \rightarrow r = 25,3$ 1
 - teken de gebroken lichtstralen en hun snijpunt (met een marge van 1,5 cm) 1



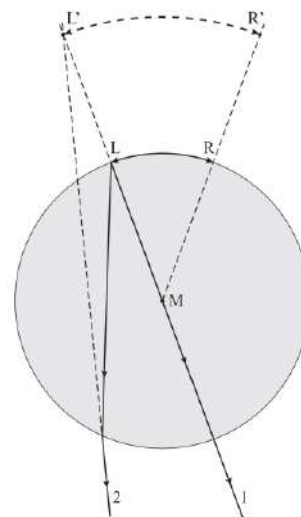
- 2p 2 Leg uit of dit punt daardoor naar het hoornvlies toe of er vanaf verschuift.
- door de ooglens wordt de lichtbundel meer geconvergeerd 1
 - het snijpunt van de lichtstralen verschuift hierdoor naar het hoornvlies 1

- 2p **3** Wat is er fout aan deze uitleg? Licht je antwoord toe.
- inzicht dat de brekingsindex van het hoornvlies niet kan veranderen 1
 - inzicht dat de brekingsindex een stofeigenschap is 1
- 4p **4** Bereken het verschil in sterkte van de hoornvlieslens in deze twee situaties.
- omrekenen van mm naar meter 1
 - normale sterkte: $S = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{r} \rightarrow S = \frac{1,34-1}{1,34} \cdot \frac{1}{0,0067} = 37,87 \text{ dpt}$ 1
 - na het dragen: $S = \frac{1,34-1}{1,34} \cdot \frac{1}{0,0070} = 36,24 \text{ dpt}$ 1
 - verschil: $\Delta S = 37,87 - 36,24 = 1,6 \text{ dpt}$ 1

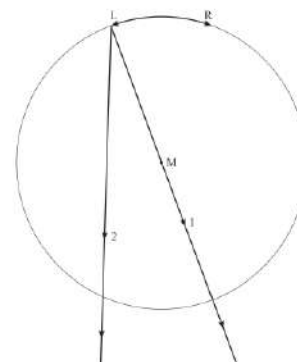
Chopin (aangepast)

- 2p **1** Leg uit waarom niet.
- de hoek van inval is 0° 1
 - hierdoor is de hoek van breking ook 0° , dus geen breking van licht 1
- 3p **2** Bepaal met behulp van figuur 3 de brekingsindex van de vloeistof. Je mag daarbij aannemen dat het dunne laagje glas van de fles de breking niet beïnvloedt.
- teken de normaal en meet op: $i = 22^\circ$ en $r = 30^\circ$ (marge 1°) 1
 - gebruik $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$ met $n_r = 1,0$ 1
 - $n_i \cdot \sin 22 = 1,0 \cdot \sin 30 \rightarrow n_i = 1,335 = 1,3$ 1

- 2p **3** Leg met behulp van figuur 4 uit waarom L' het virtuele beeld is van L .
- verleng de gebroken lichtstal 1 en 2 naar achteren 1
 - de verlengde lijnen snijden elkaar in L' dus de lichtstralen lijken uit L' te komen 1



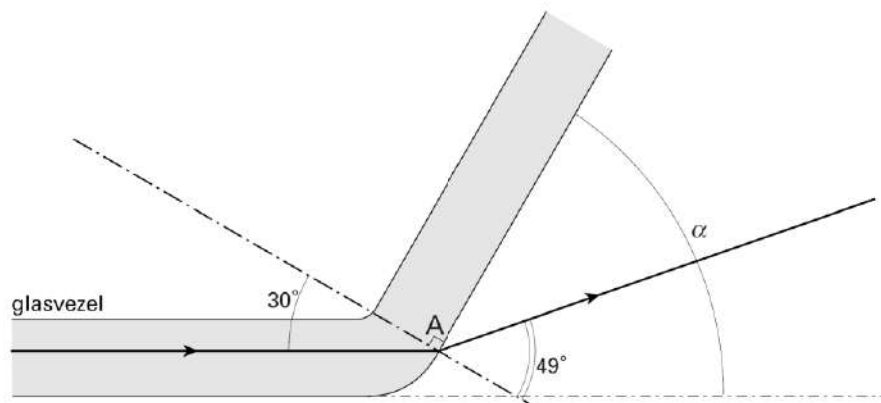
- 2p **4** Maak met behulp van figuur 5 duidelijk dat bij een lege fles het hoofd van Chopin niet wordt vergroot. Teken daartoe eerst het verdere verloop van de twee lichtstralen.
- beide lichtstralen gaan ongebroken verder 1
 - de twee lichtstralen lijken nog steeds uit punt L te komen 1



Examenvragen vwo

Glasvezel

- 4p 1 Teken in figuur 1 hoe de straal verder gaat na breking aan het grensvlak. Vermeld de benodigde berekeningen.
- teken de normaal bij punt A en meet hoek $i = 30^\circ$ (marge 1°) 1
 - gebruik $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$ met $n_i = 1,52$ 1
 - $1,52 \cdot \sin 30 = 1,0 \cdot \sin r \rightarrow r = 49,46^\circ$ 1
 - teken de gebroken lichtstraal 1



- 3p 2 Bereken hoe groot hoek α dan maximaal mag zijn als de straal vóór de knik evenwijdig loopt aan de as van de glasvezel, zoals getekend is in figuur 1.
- gebruik: $n_i \cdot \sin i = n_r \cdot \sin r$ met $n_r = 1,0$ en $r = 90^\circ$ 1
 - $1,52 \cdot \sin i_g = 1,0 \cdot \sin 90 \rightarrow i_g = 41,1^\circ$ 1
 - dus $\alpha = 90 - 41,1 = 48,9^\circ$ 1

Waterpeil

- 3p 1 Leg uit waarom er in deze situatie totale reflectie plaatsvindt tegen de schuine zijde van het glazen prisma.
- opzoeken: de grenshoek van gewoon glas bij geel licht is $41,5^\circ$ 1
 - de hoek van inval 45° is 1
 - omdat hoek van inval groter is dan de grenshoek vindt er totale reflectie plaats 1
- 3p 2 Leg uit welke van de getekende lichtstralen de gebroken lichtstraal kan zijn.
- licht gaat van lucht naar glas: $n_l = 1,0$ en $n_r = 1,51$ 1
 - hierdoor breekt het licht van de normaal af 1
 - dit is alleen het geval bij lichtstraal e 1