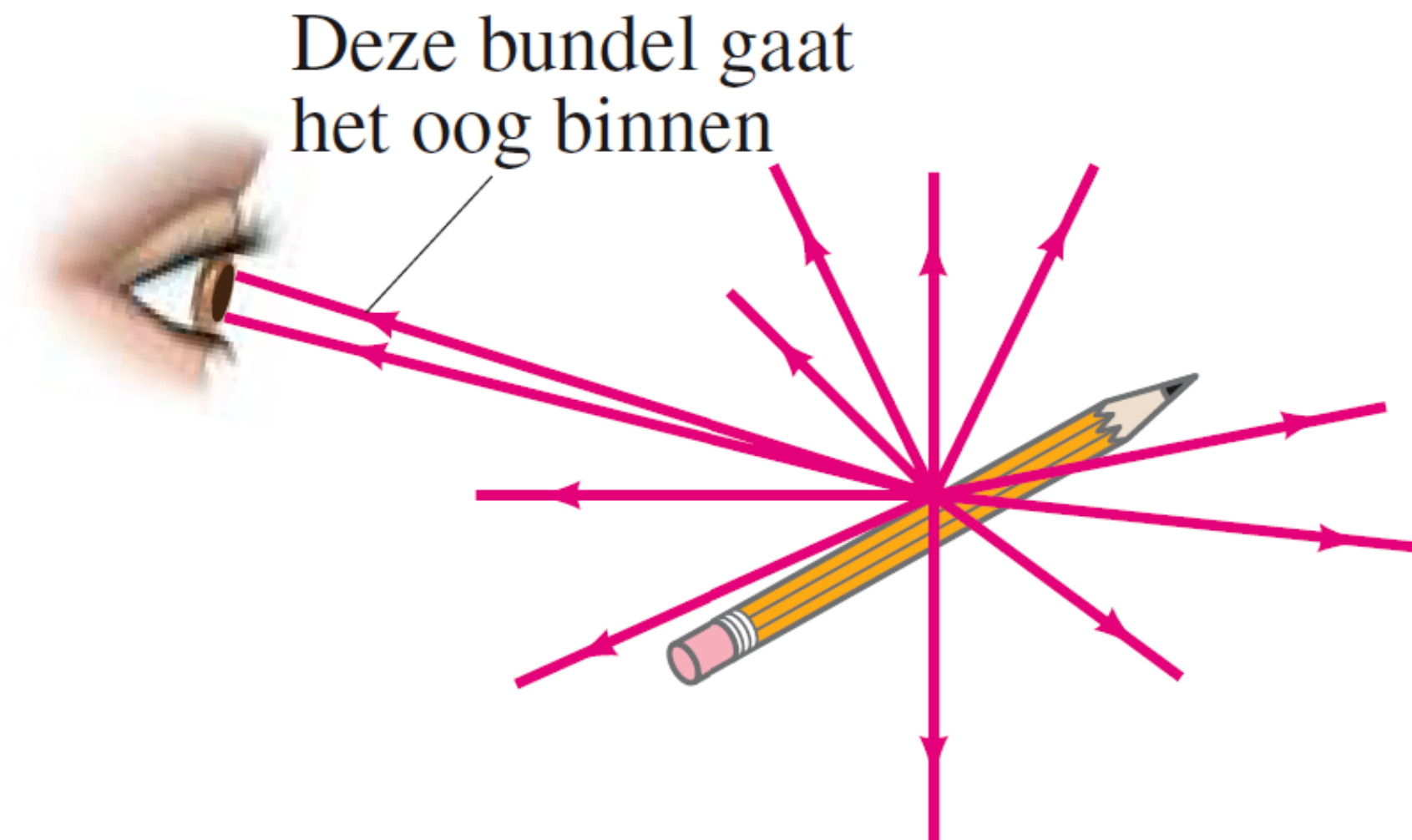


Licht: reflectie en breking



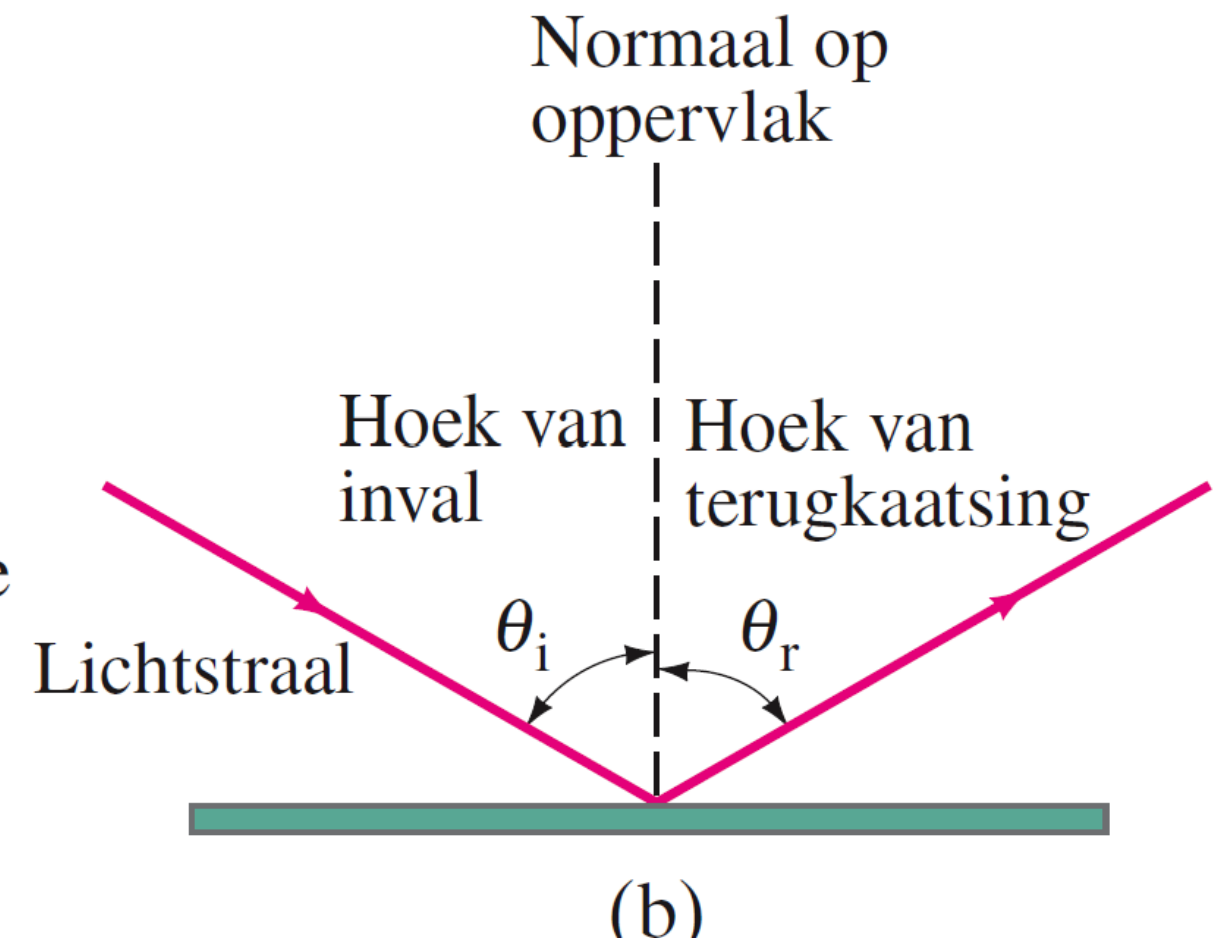
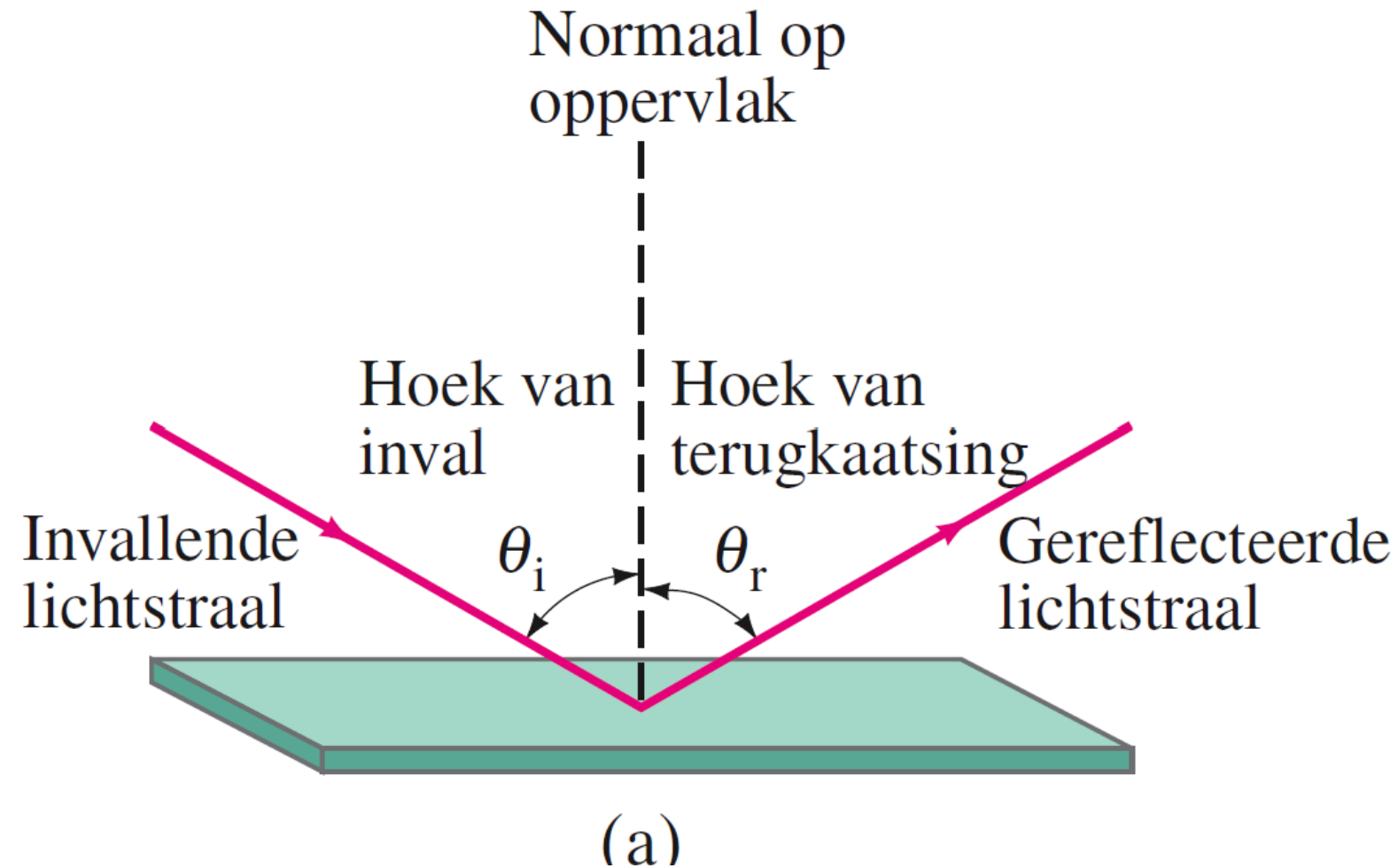
Het stralenmodel voor licht

- Het licht beweegt in rechte lijnen.
- We stellen licht voor met behulp van stralen, die afkomstig zijn van een bron.
- Dit is een idealisering, maar handig voor de geometrische optica.



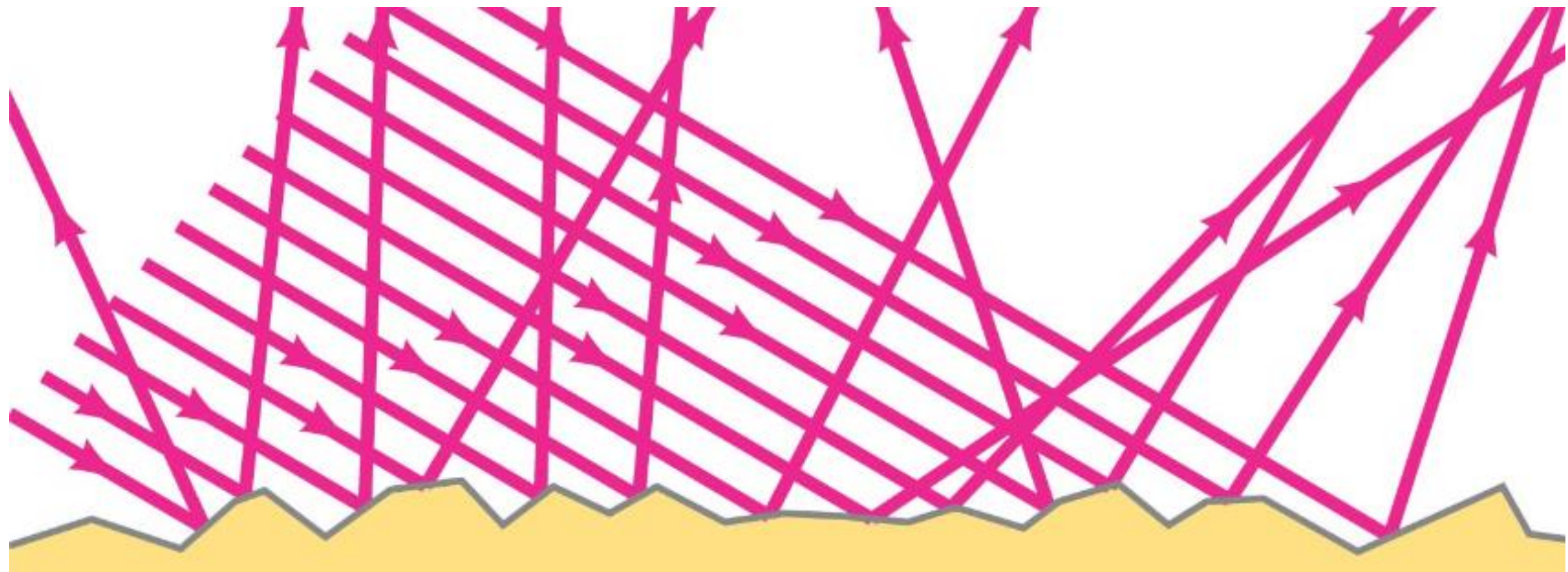
Reflectie; beeldvorming door een vlakke spiegel

- Wet van terugkaatsing:
 - de hoek van terugkaatsing (die de straal maakt met de normaal op een oppervlak) is gelijk aan de hoek van inval.



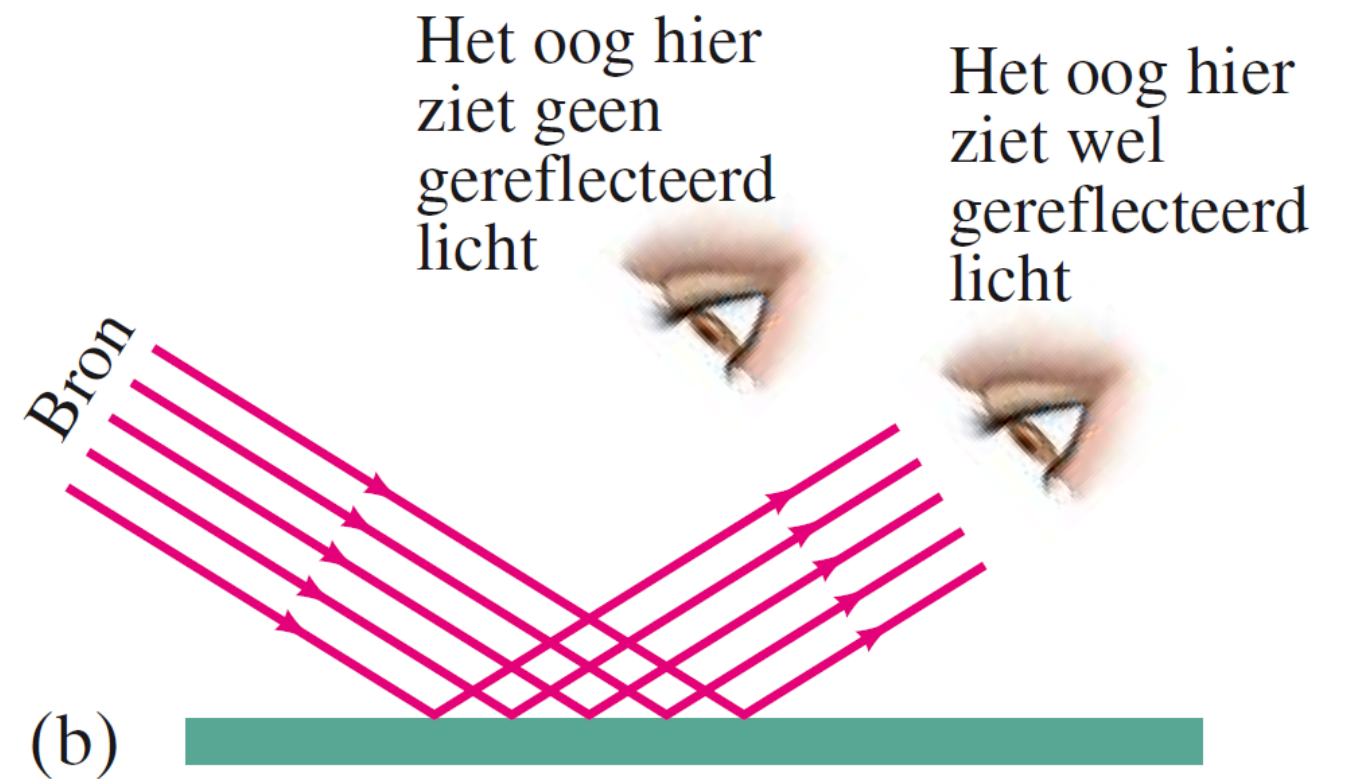
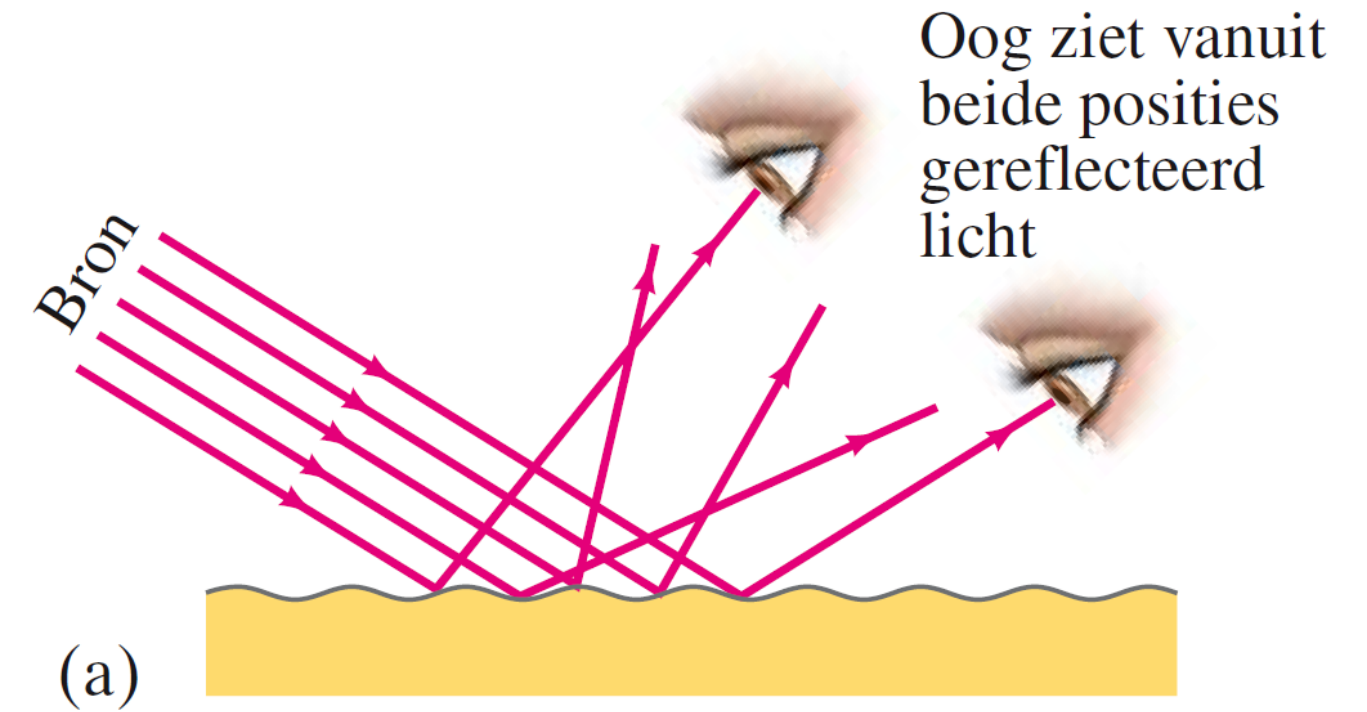
Reflectie; beeldvorming door een vlakke spiegel

- Wanneer het licht reflecteert op een ruw oppervlak geldt de wet van terugkaatsing nog steeds
- De invalshoek is verschillend op elke plaats.
- Dit is de zogenaamde diffuse reflectie.



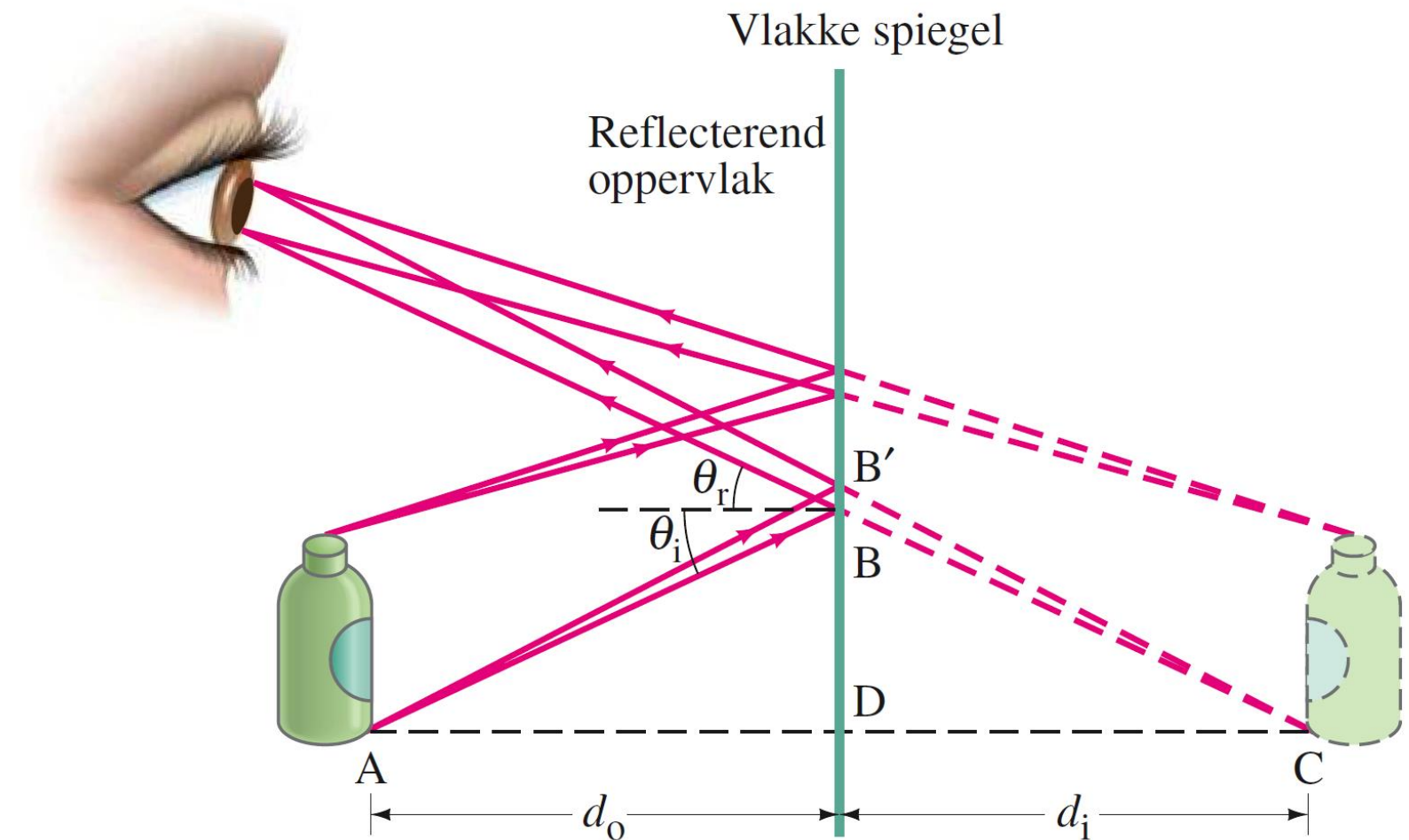
Reflectie; beeldvorming door een vlakke spiegel

- Bij diffuse reflectie ziet je oog het gereflecteerd licht onder alle hoeken.
- Met een spiegelende reflectie (van een spiegel), moet je oog in de juiste positie zijn.



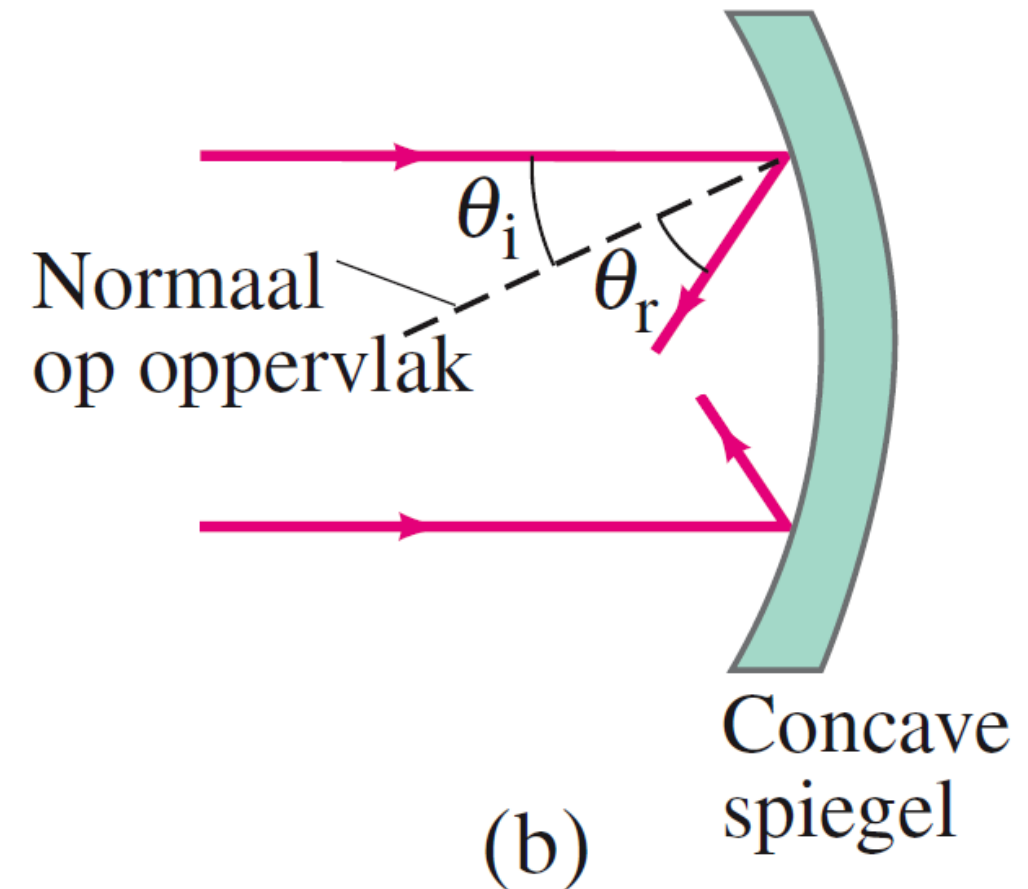
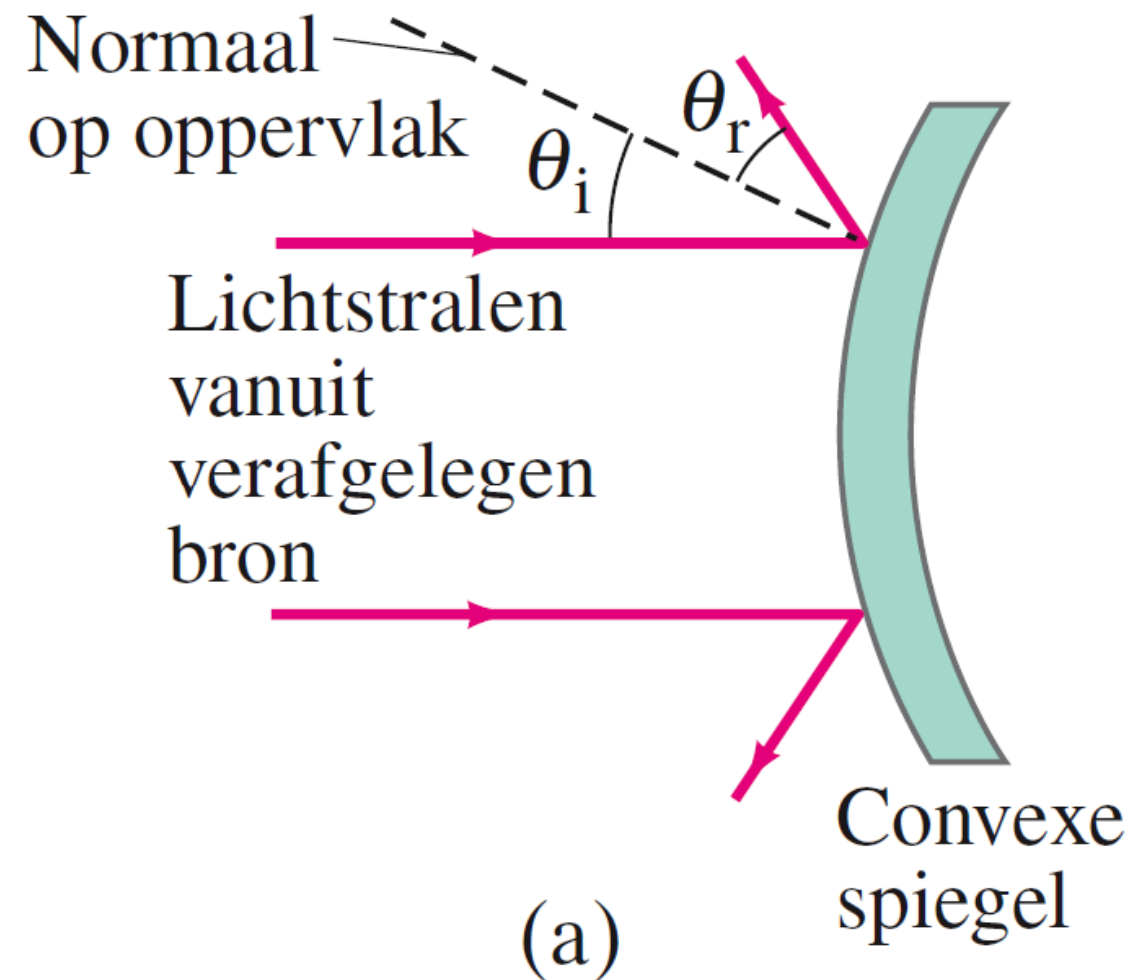
Reflectie; beeldvorming door een vlakke spiegel

- Wat je ziet als je in een vlakke spiegel kijkt is een beeld, alsof het zich achter de spiegel bevindt.
- Dit is een virtueel beeld, omdat het licht niet door de spiegel gaat. De afstand van het beeld tot de spiegel is gelijk aan de afstand van het object tot de spiegel.



Beeldvorming door sferische spiegels

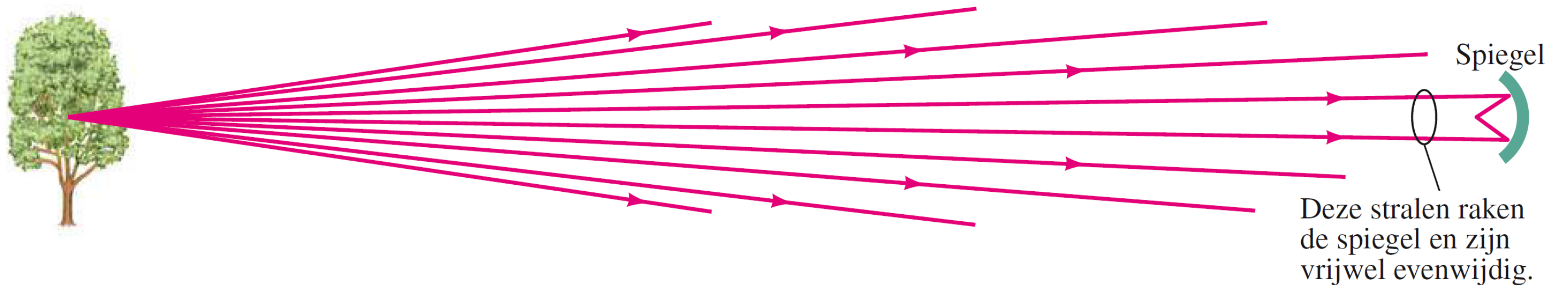
- Sferische spiegels hebben de vorm van een deel van een bol, waarbij de reflecterende laag aan de holle (concaaf) of bolle (convex) is.



Beeldvorming door sferische spiegels

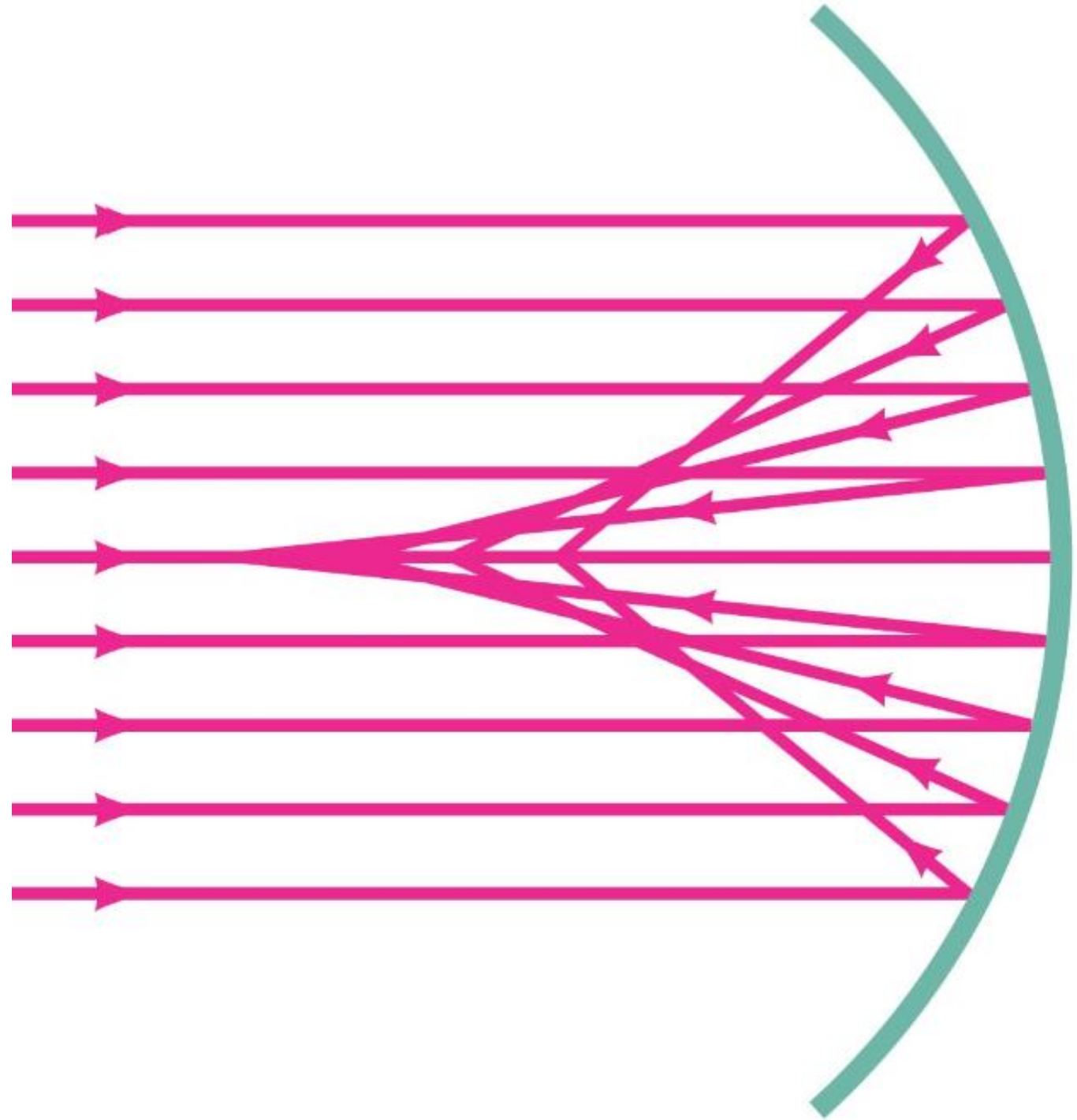


- Lichtstralen afkomstig van een ver object zijn daadwerkelijk parallel



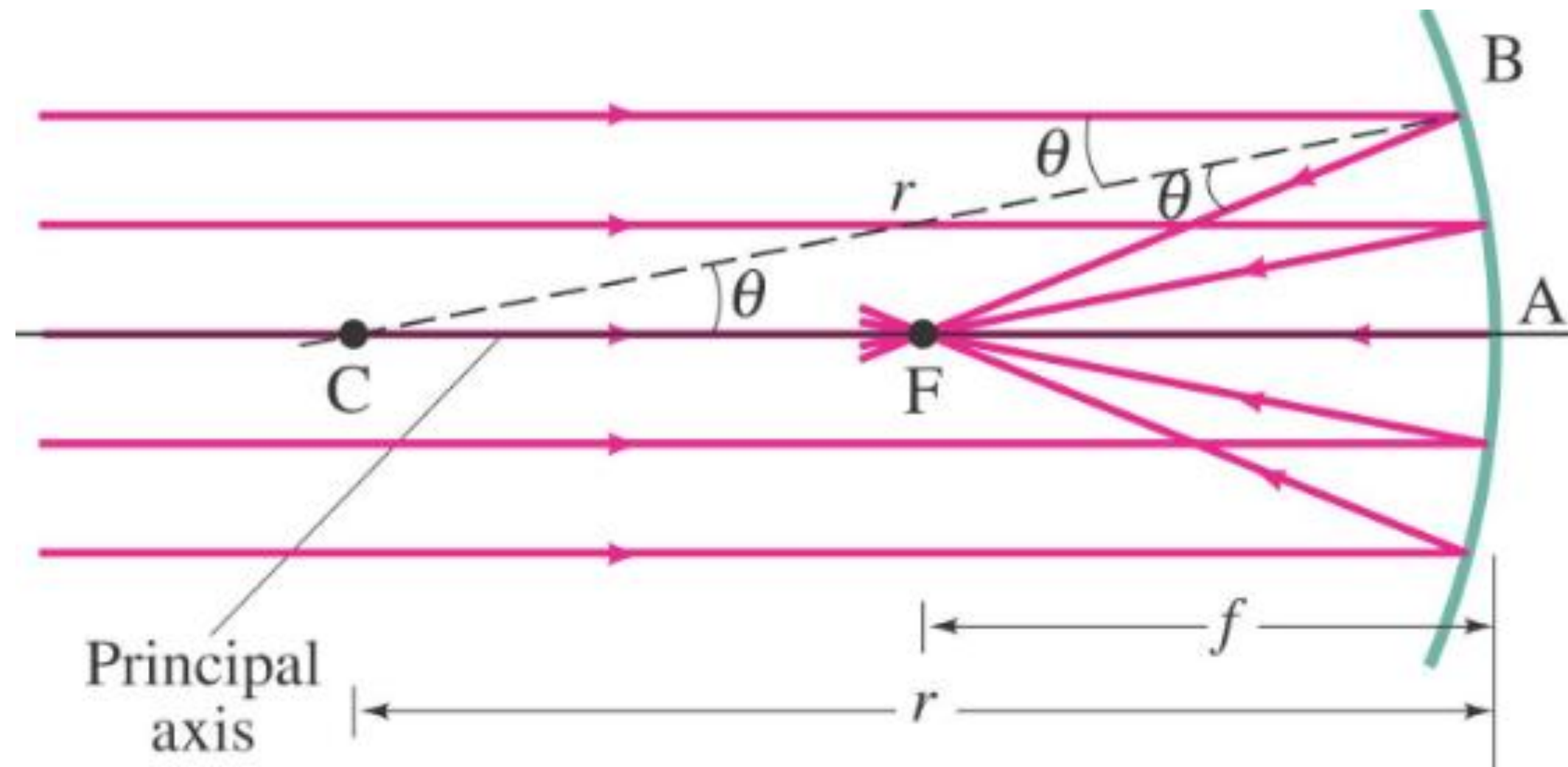
Beeldvorming door sferische spiegels

- De reflectie van parallelle stralen op een sferische spiegel convergeren niet in een brandpunt wanneer de kromming van de spiegel groot is = sferische aberratie



Beeldvorming door sferische spiegels

- Lichtstralen die evenwijdig lopen aan de hoofdas van een concave sferische spiegel komen bij elkaar in F, het brandpunt, mits de breedte van de spiegel klein is vergeleken met de kromtestraal r , zodat de stralen paraxiaal zijn (slechts kleine hoeken met de hoofdas)

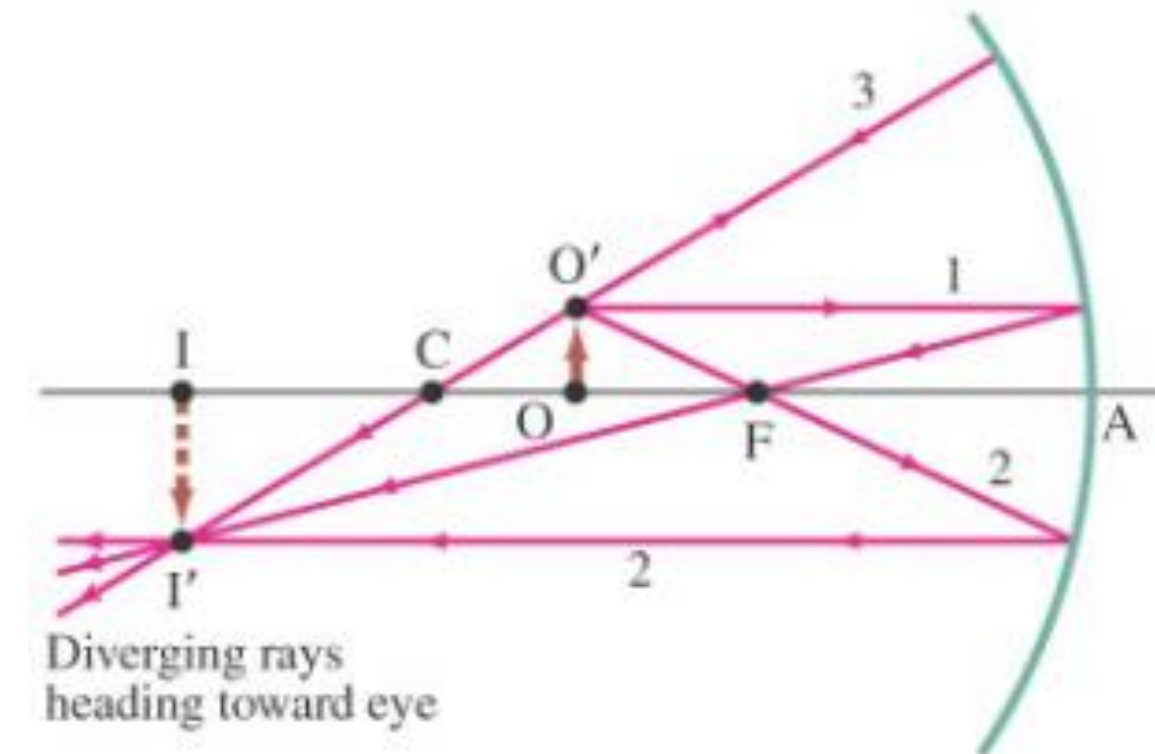
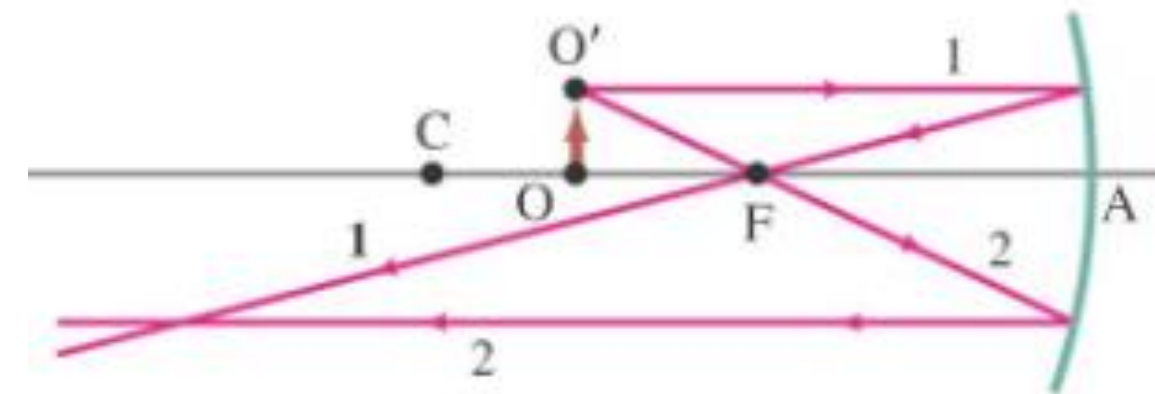
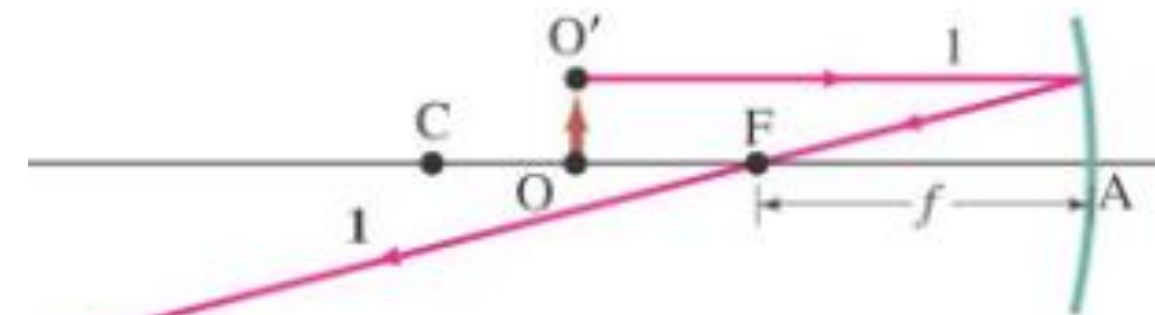
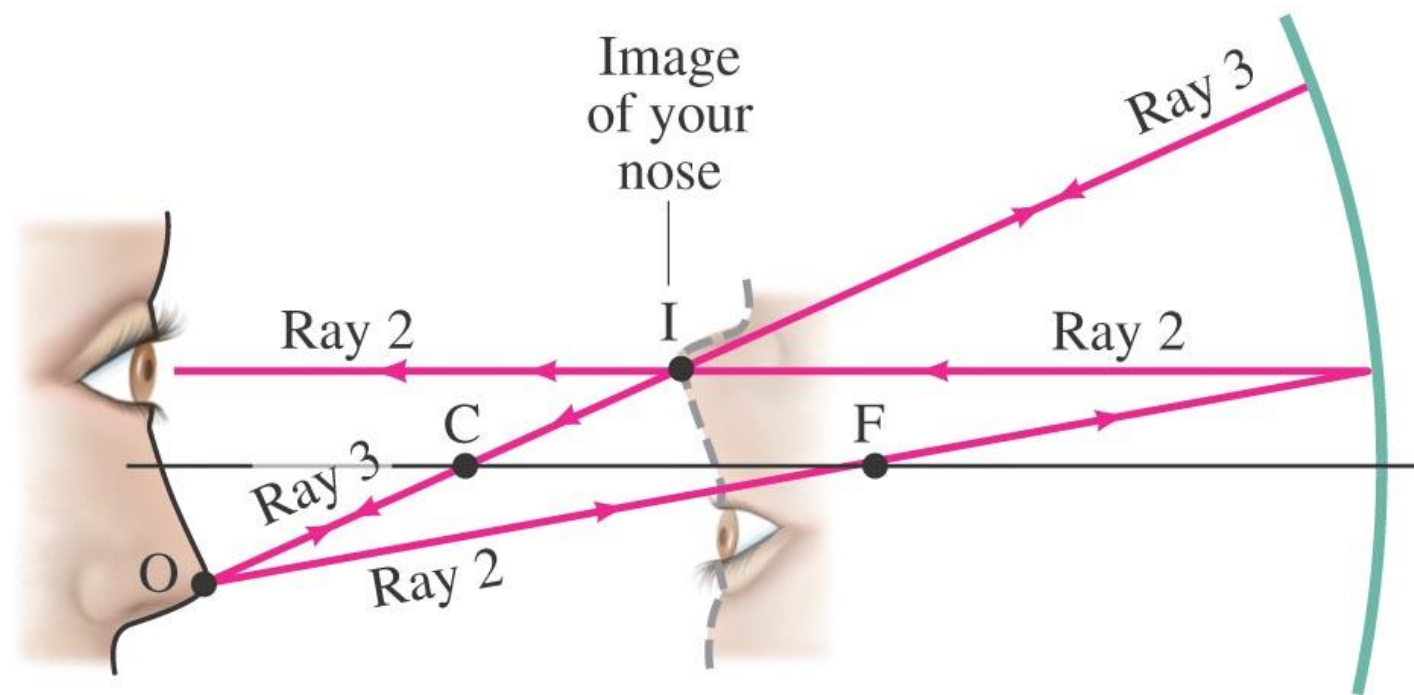


$$f = \frac{r}{2}$$



Beeldvorming door sferische spiegels

- stralendiagram



<http://www.thephysicsteacher.ie/lcphysics5lenses.html>

<http://physics.bu.edu/~duffy/semester2/semester2.html>

Beeldvorming door sferische spiegels

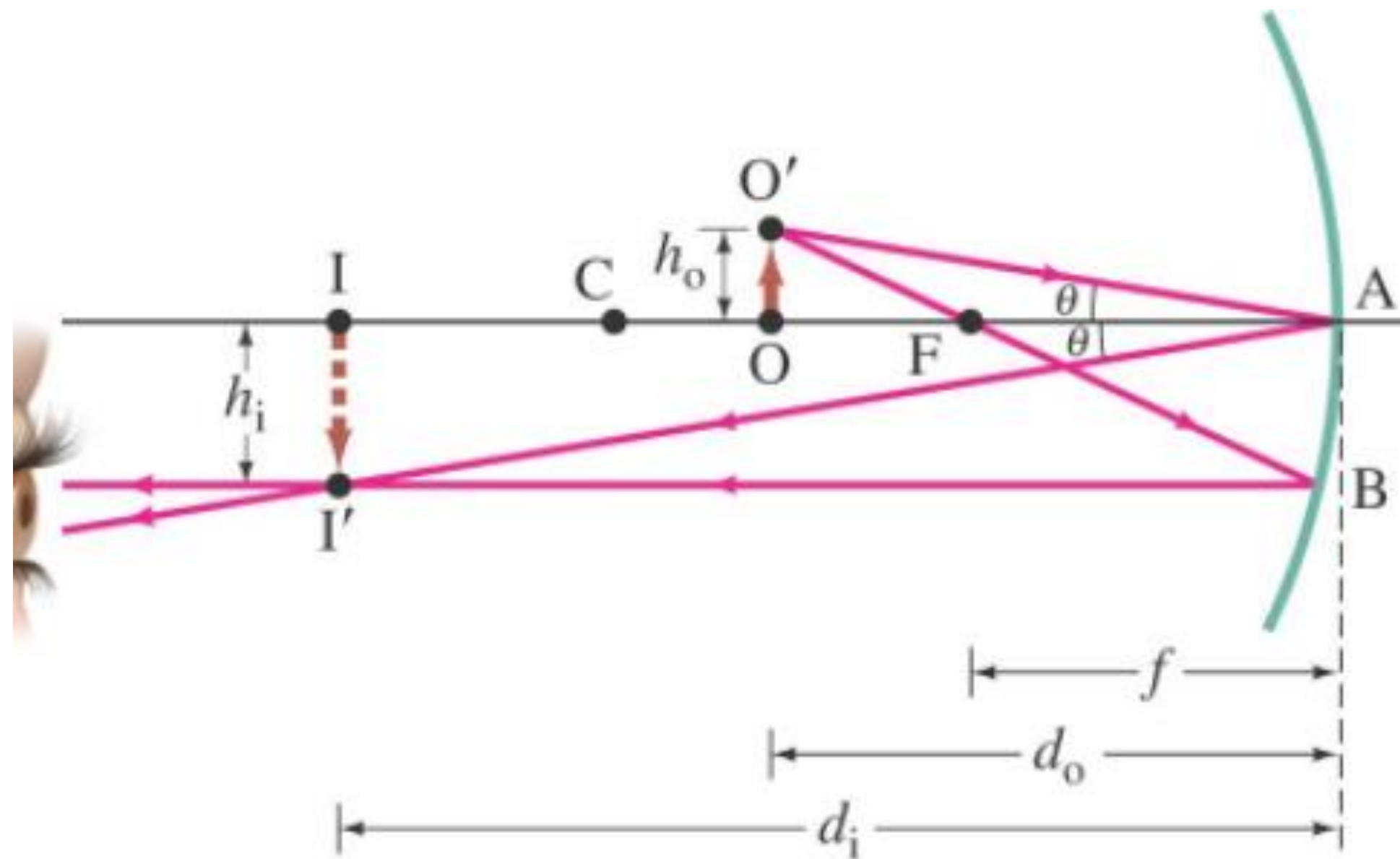
- Spiegelvergelijking:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}.$$

- Vergroting:

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}.$$

- $m < 0 \Rightarrow$ omgekeerd beeld
- *Tekenconventie!*



Beeldvorming door sferische spiegels

Voorbeeld 32.4 Beeld in een concave spiegel

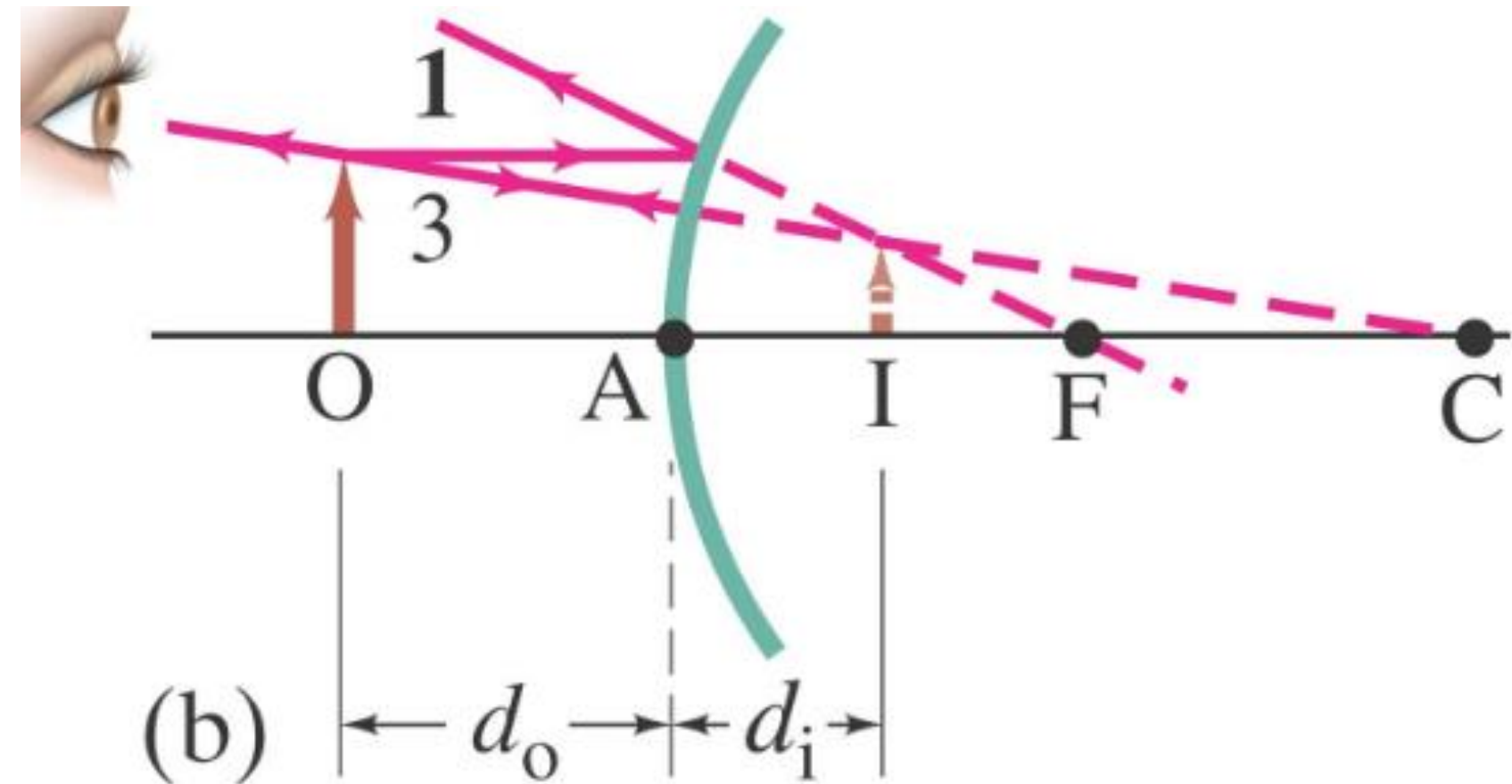
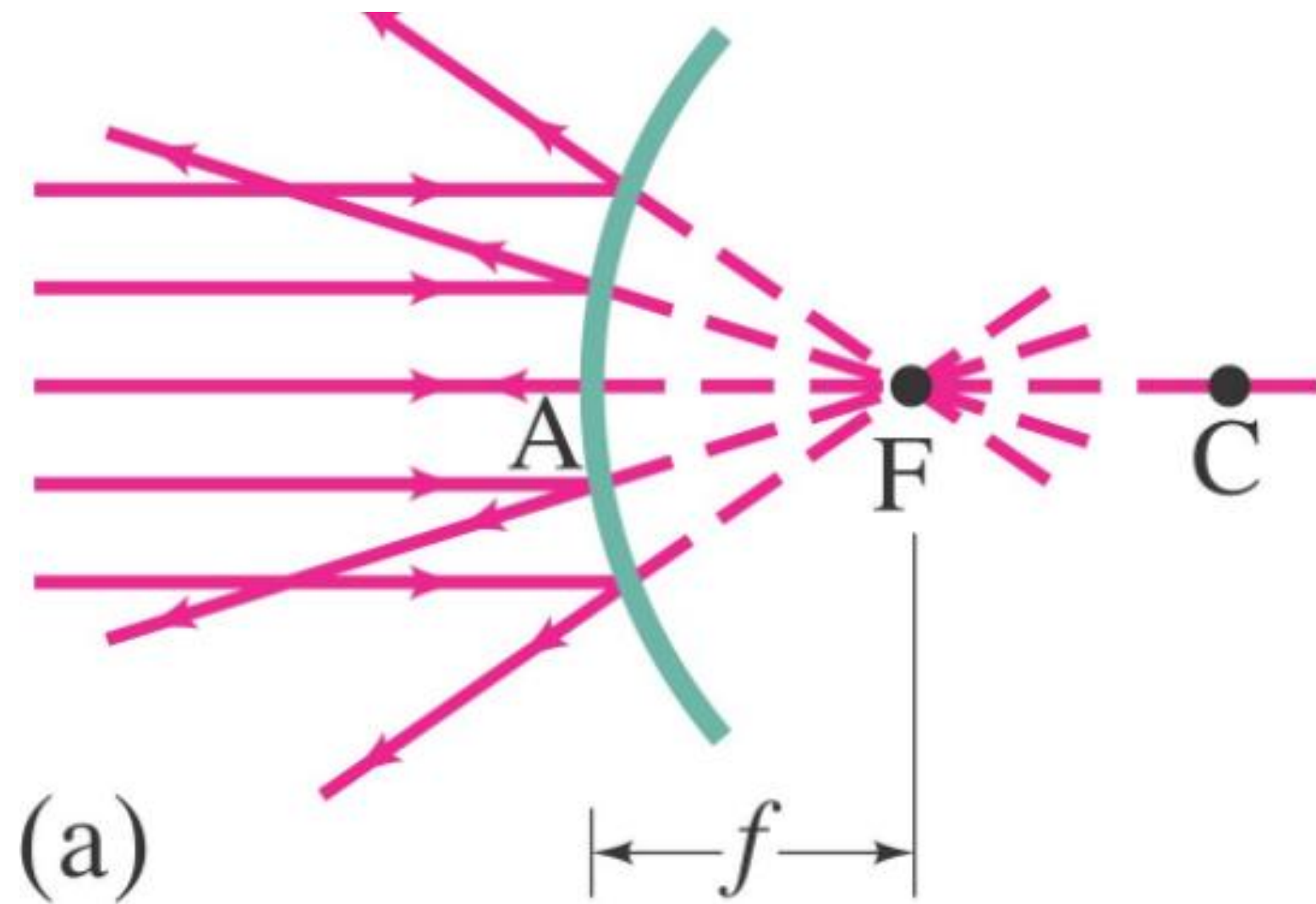
Een 1,50 cm hoge diamanten ring wordt 20,0 cm voor een concave spiegel met een kromtestraal van 30,0 cm geplaatst. Bepaal (*a*) de plaats van het beeld, en (*b*) de grootte ervan.

Beeldvorming door sferische spiegels

Voorbeeld 32.6 Voorwerp dicht bij concave spiegel

Een 1,00 cm hoog voorwerp wordt op 10,0 cm van een concave spiegel met een kromtestraal van 30,0 cm geplaatst. (a) Teken een stralendiagram om (bij benadering) de plaats van het beeld te lokaliseren. (b) Bepaal analytisch de plaats en de vergroting.

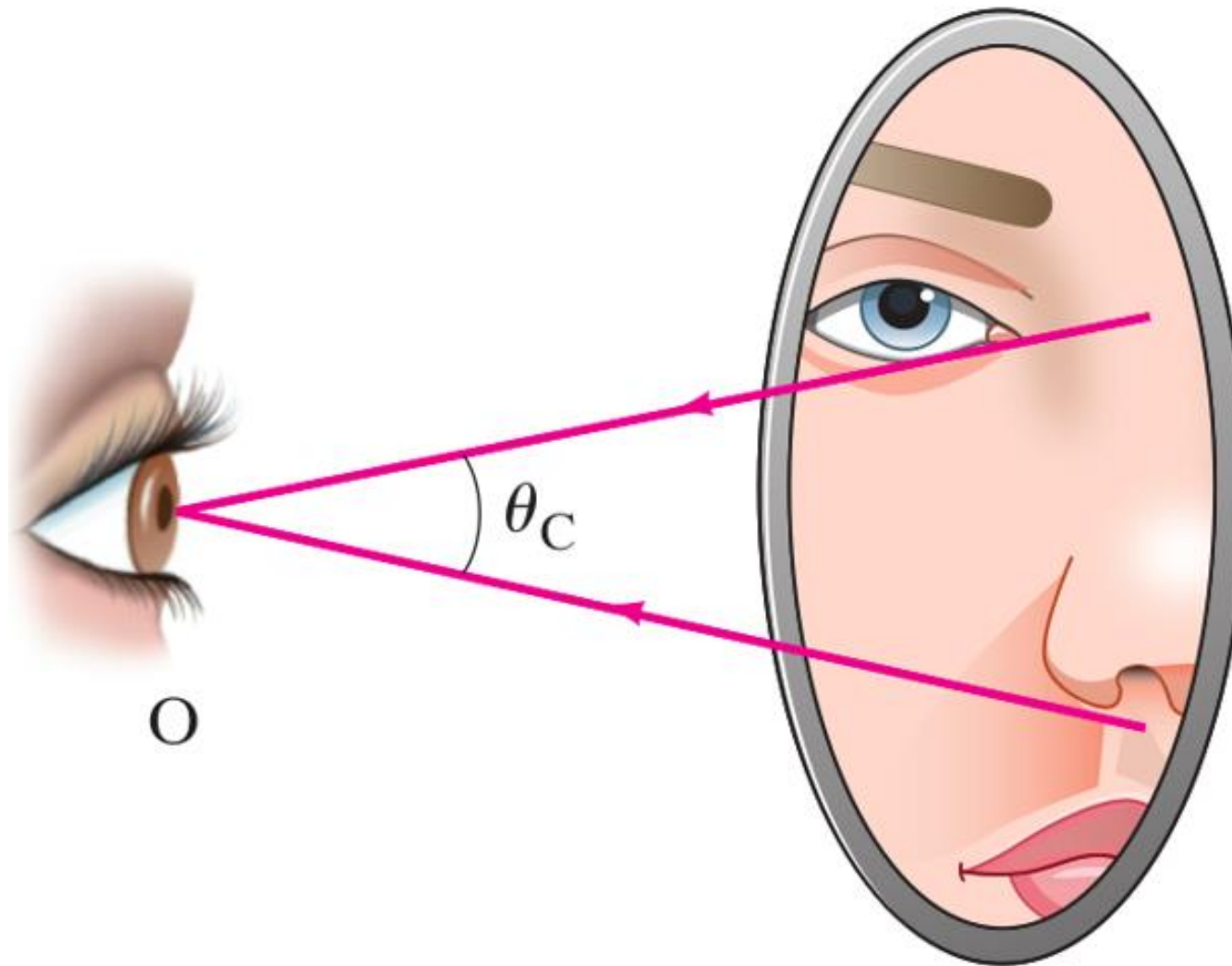
Beeldvorming door sferische spiegels



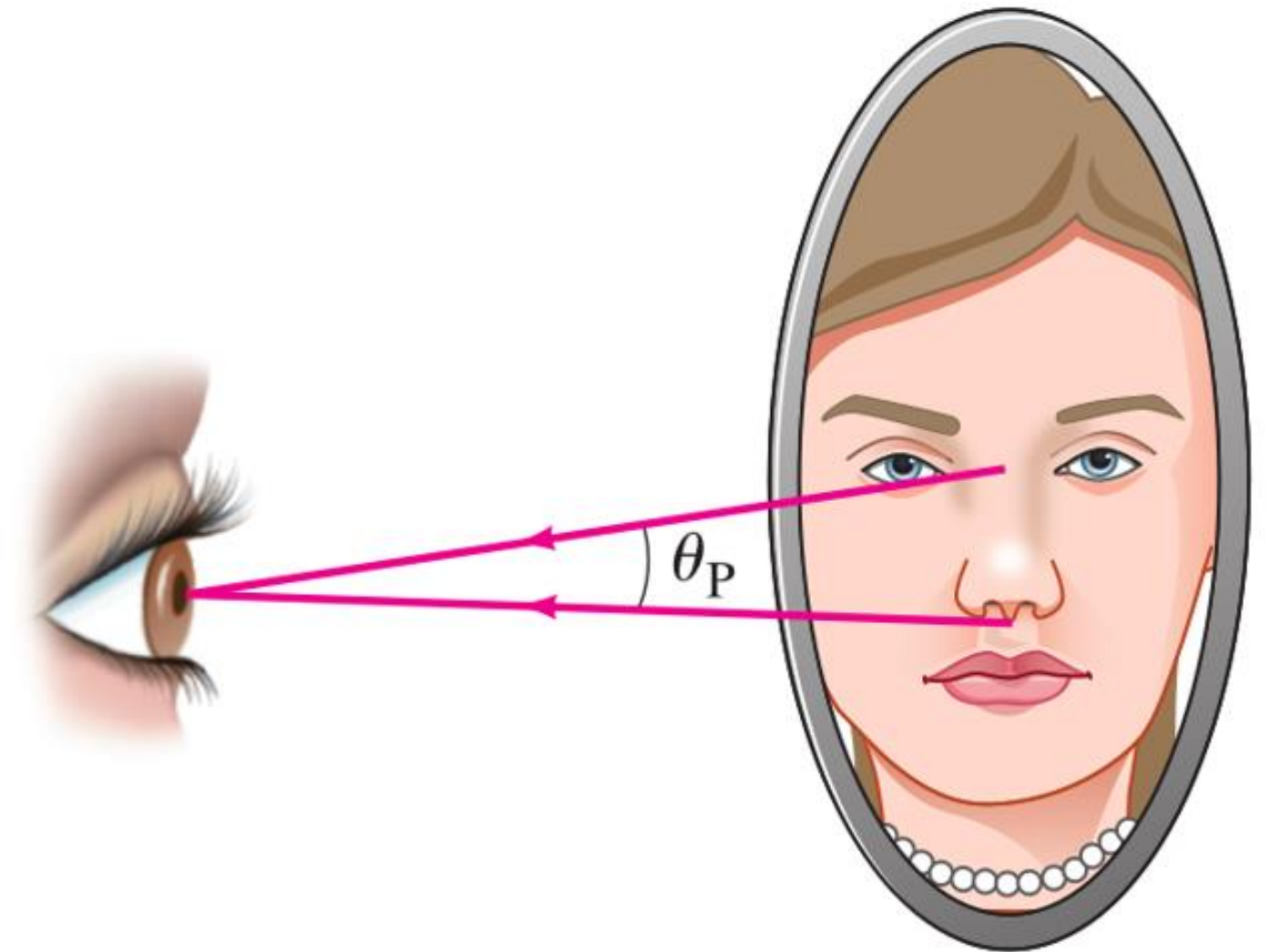
Beeldvorming door sferische spiegels

– Hoekvergroting:

$$M = \frac{\theta_C}{\theta_P}$$



(a)



Beeldvorming door sferische spiegels

Oplossingsstrategie

■ *Sferische spiegels*

1. **Teken** altijd een **stralendiagram**, ook als je een analytische berekening gaat maken: het diagram dient als controlemiddel, zelfs als het niet nauwkeurig is. Teken vanuit één punt op het voorwerp ten minste twee en bij voorkeur drie van de eenvoudig te tekenen stralen met behulp van de regels die zijn beschreven in fig. 32.15. Het beeldpunt is het punt waar de gereflecteerde stralen elkaar snijden of lijken te snijden.
2. Pas de **spiegelvergelijking**, vgl. 32.2, en de **vergrotingsvergelijking**, vgl. 32.3 toe. Het is van cruciaal belang om de tekenconventies te volgen; zie ook het volgende punt.

* Voor materiële voorwerpen zijn voorwerpsafstanden positief, maar in systemen met meer dan één spiegel of lens kunnen ze negatief zijn; zie paragraaf 33.3.

3. Tekenconventies

- (a) Wanneer het voorwerp, het beeld of het brandpunt zich aan de reflecterende kant van de spiegel bevindt (in onze figuren links), is de corresponderende afstand positief. Als een van deze punten zich achter de spiegel bevindt (rechts), dan is de corresponderende afstand negatief*.
 - (b) De beeldhoogte h_i is positief als het beeld rechtop staat, en negatief als het ten opzichte van het voorwerp omgekeerd staat (aangenomen dat h_o positief wordt genomen).
4. Controleer of de analytische oplossing overeenstemt met het stralendiagram.

Beeldvorming door sferische spiegels

Voorbeeld 32.7 Convexe achteruitkijkspiegel

Een externe achteruitkijkspiegel voor een auto is convex met een kromtestraal van 16,0 m (fig. 32.20). Bepaal de plaats van het beeld en de vergroting voor een voorwerp dat 10,0 m van de spiegel af staat.



Brekingindex

- De brekingsindex van een medium is de verhouding van de lichtsnelheid in vacuüm tot de lichtsnelheid in het medium

$$n = \frac{c}{v}$$

- $c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$

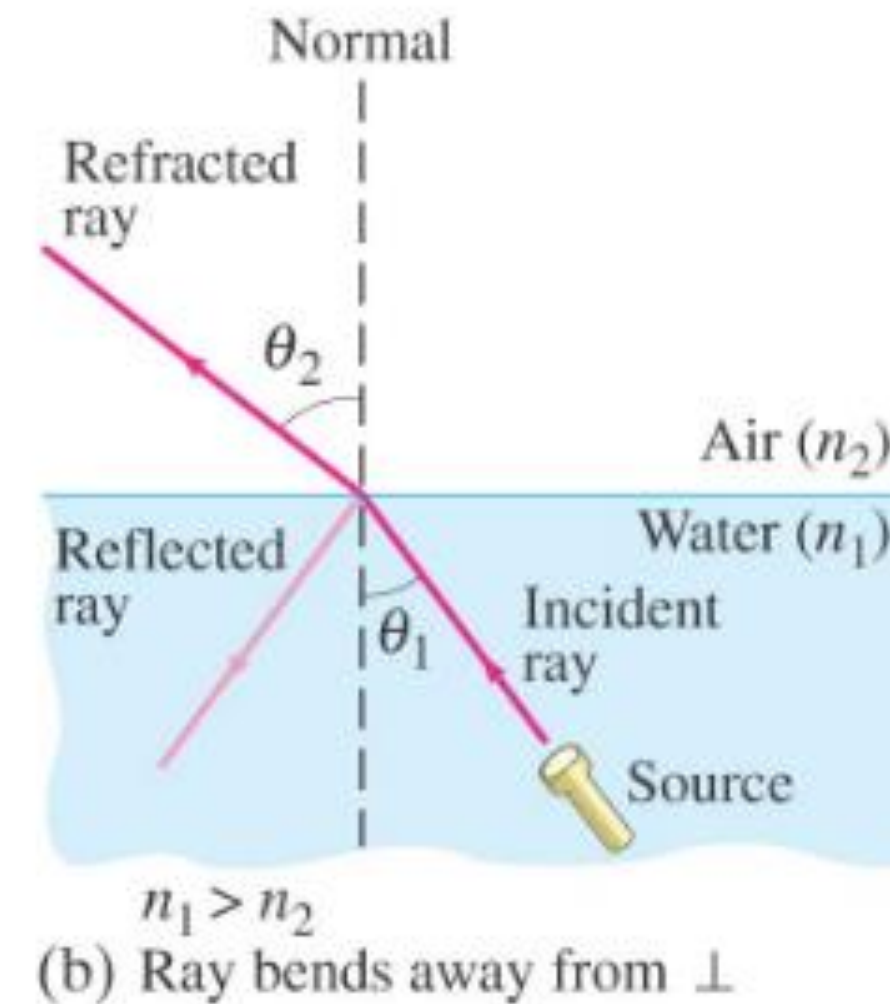
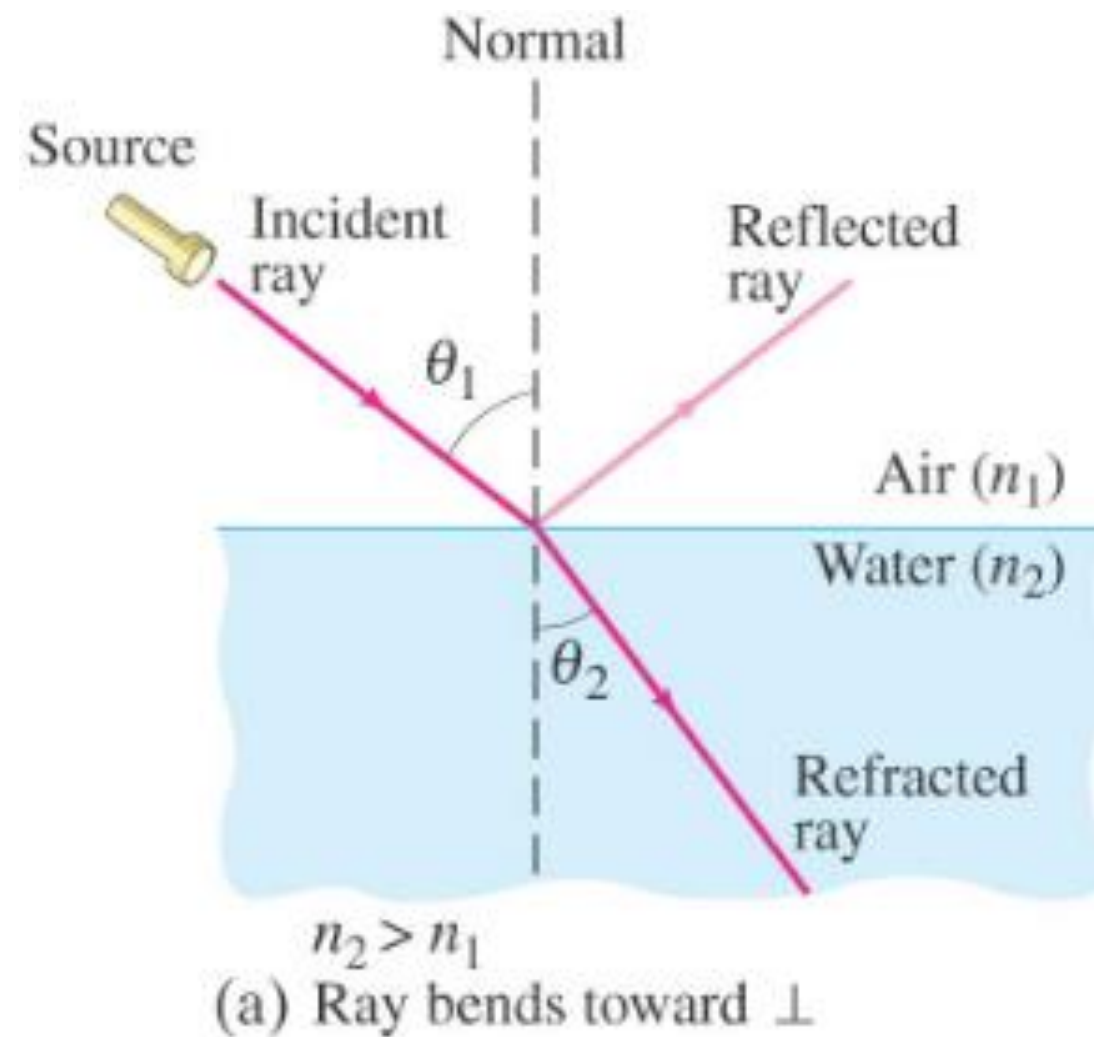
TABEL 32.1 Brekingsindices*

Materiaal	$n = \frac{c}{v}$
Vacuüm	1,0000
Lucht (bij STP)	1,0003
Water	1,33
Ethylalcohol	1,36
Glas	
Kwartsglas	1,46
Kroonglas	1,52
Flintglas	1,58
Perspex of plexiglas	1,51
Natriumchloride	1,53
Diamant	2,42

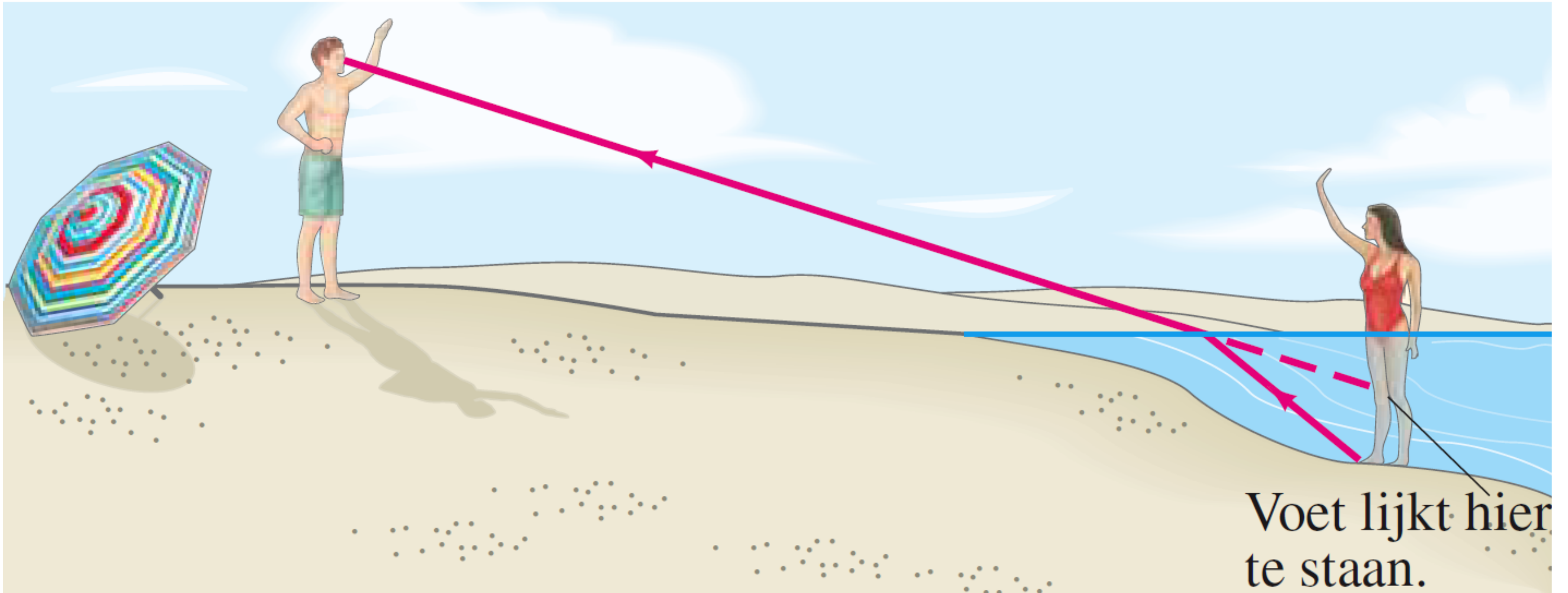
* $\lambda = 589 \text{ nm}$

Breking: de wet van Snellius

- Licht verandert van richting bij het overschrijden van een grens van verschillende media.
- Dit is breking, de hoek van de uitgaande straal met de normaal is de brekingshoek.



Breking: de wet van Snellius



Breking: de wet van Snellius

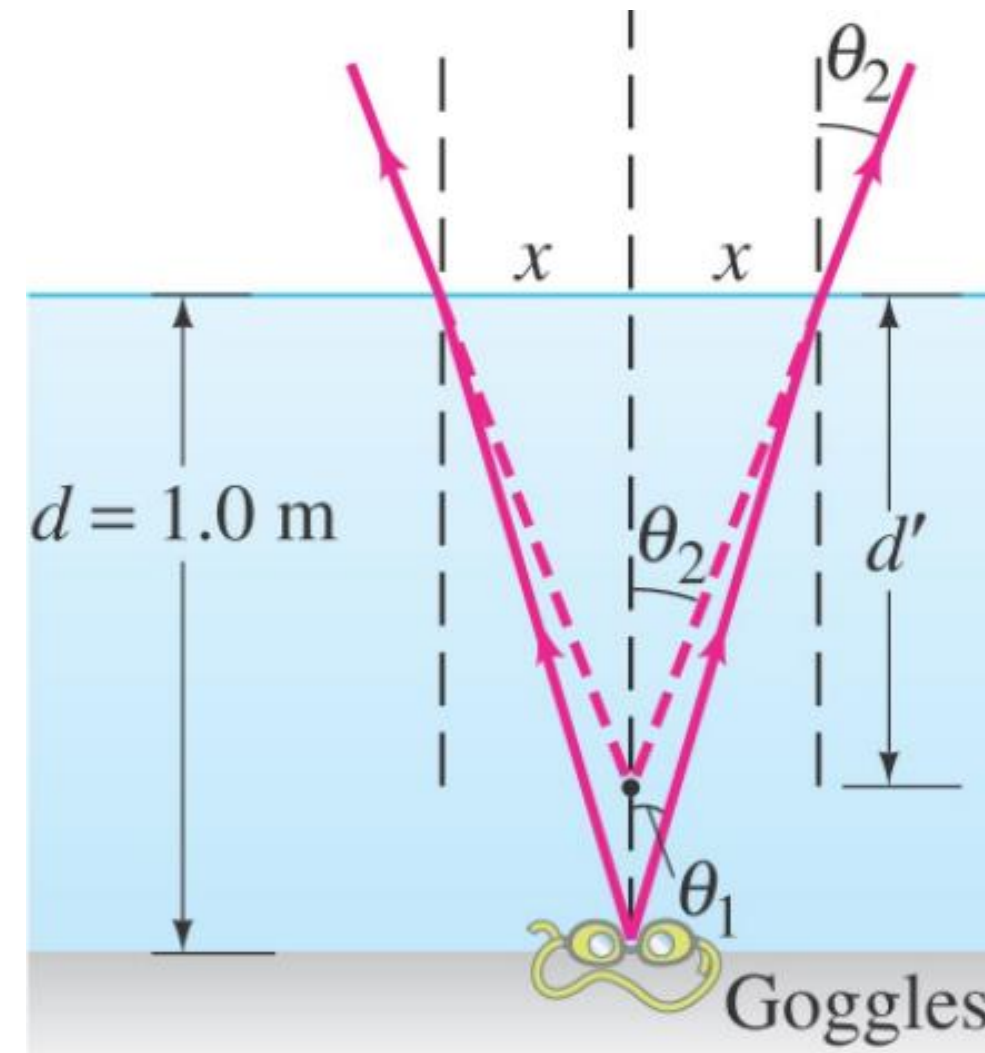


$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 .$$

Breking: de wet van Snellius

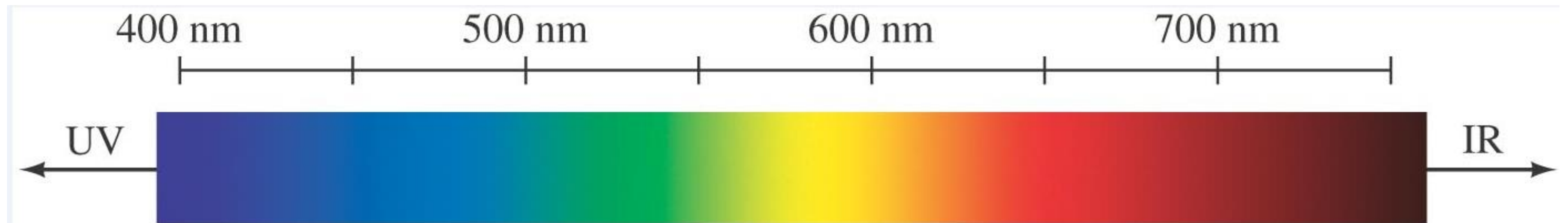
Voorbeeld 32.9 Schijnbare diepte van een zwembad

Een zwemster heeft op de bodem van het ondiepe gedeelte van een zwembad, met een aangegeven diepte van 1,0 m, haar zwembril verloren. Maar de bril lijkt minder diep te liggen. Hoe komt dat? Hoe diep lijkt de bril te liggen wanneer je recht het water in kijkt?



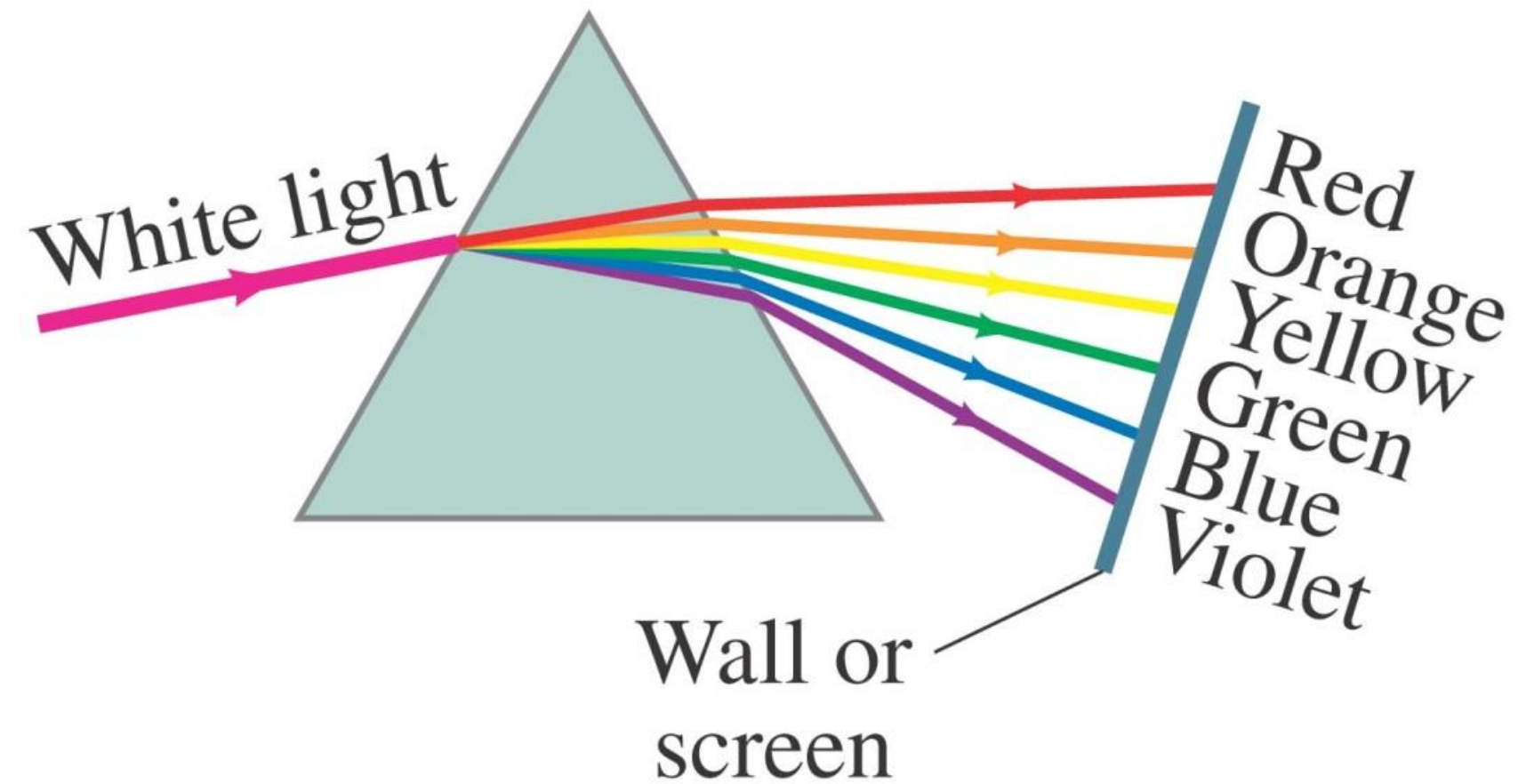
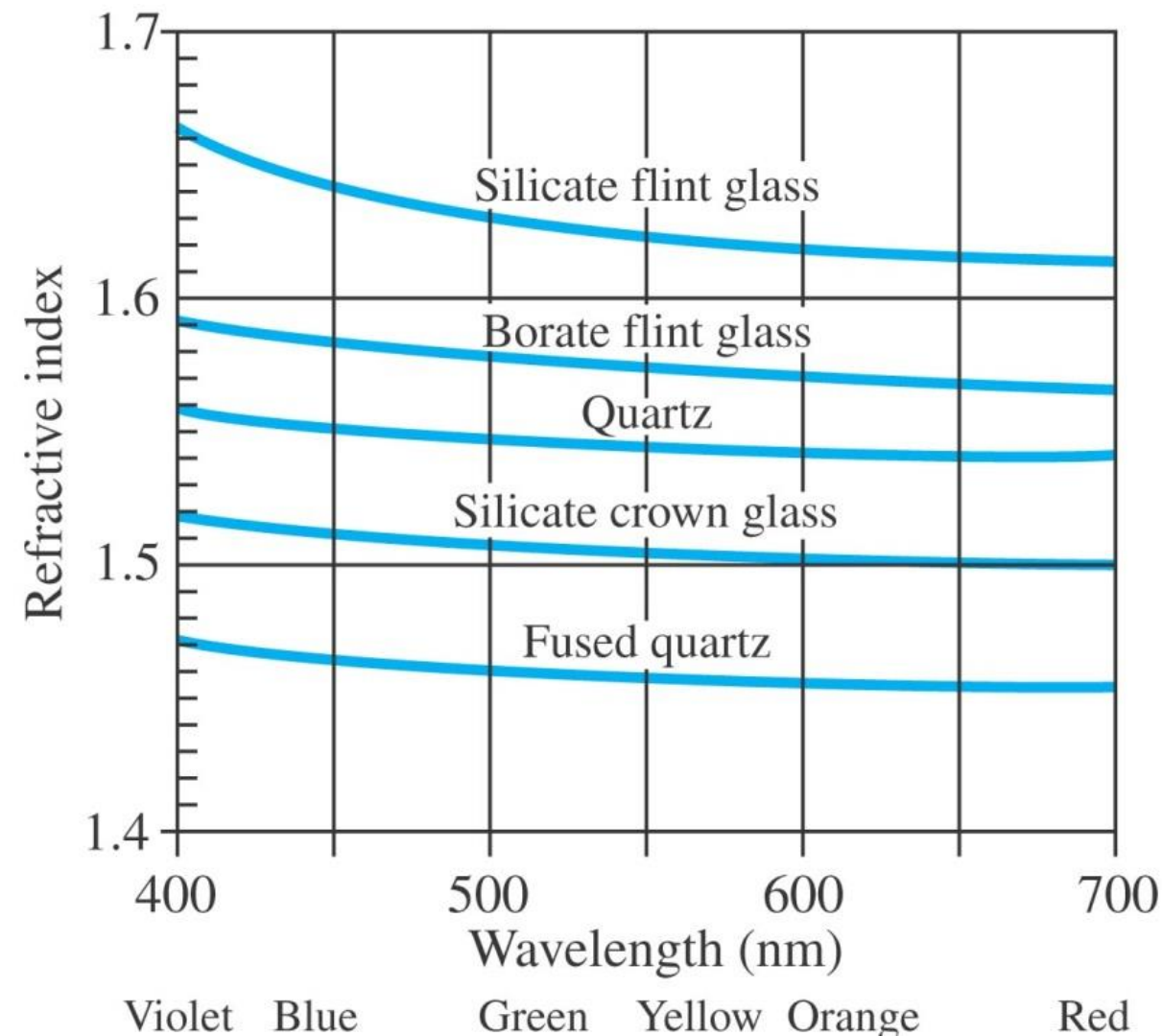
Zichtbaar spectrum en dispersie

- Het zichtbare spectrum bevat het volledige bereik van golflengten van het licht die zichtbaar zijn voor het menselijk oog.



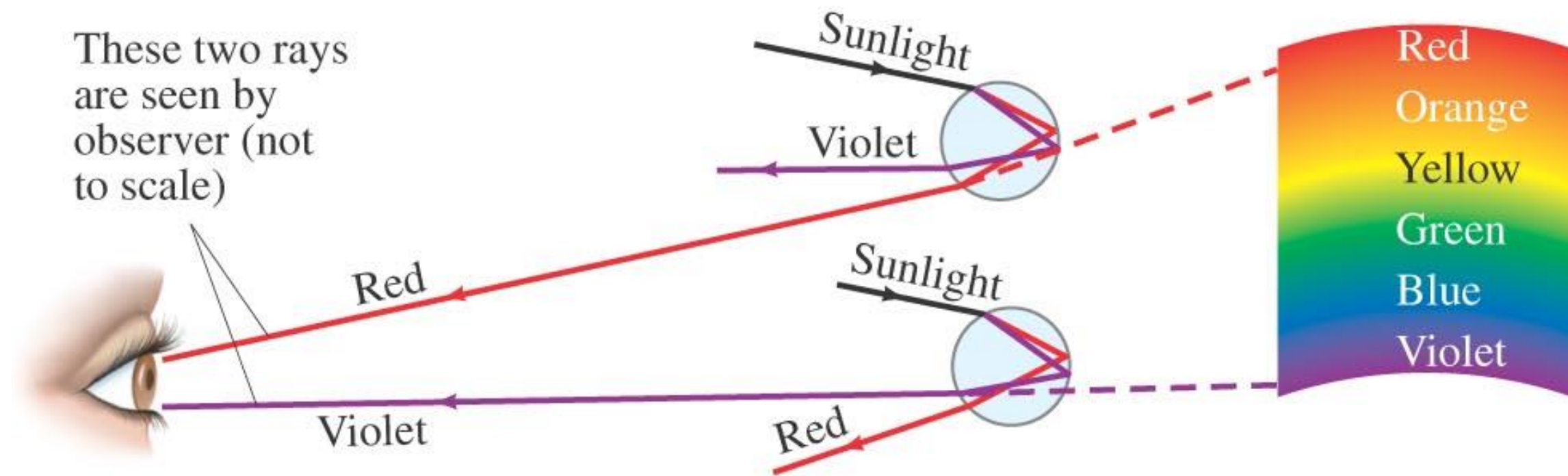
Zichtbaar spectrum en dispersie

- De brekingsindex van een groot aantal transparante materialen, zoals glas en water, varieert lichtjes met de golflengte. Dit is hoe prisma's en waterdruppeltjes regenbogen uit zonlicht creëren.



Zichtbaar spectrum en dispersie

- Deze verspreiding van licht in het volledige spectrum heet dispersie.



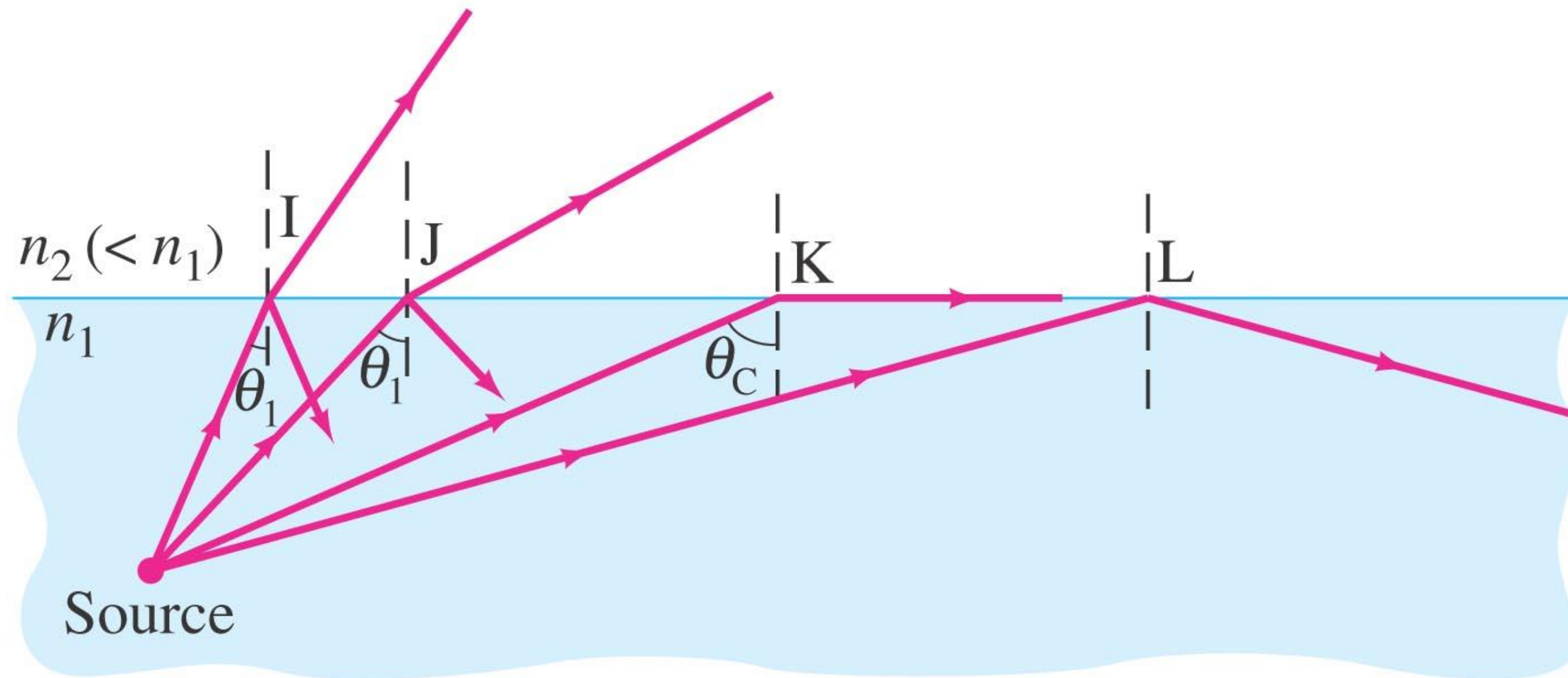
Totale interne reflectie; glasvezeloptica

- Als het licht overgaat naar een medium met een kleinere brekingsindex is de hoek van breking groter.
- Er is een hoek van inval waarbij de hoek van breking zal worden 90° , dit noemt men de kritische hoek:

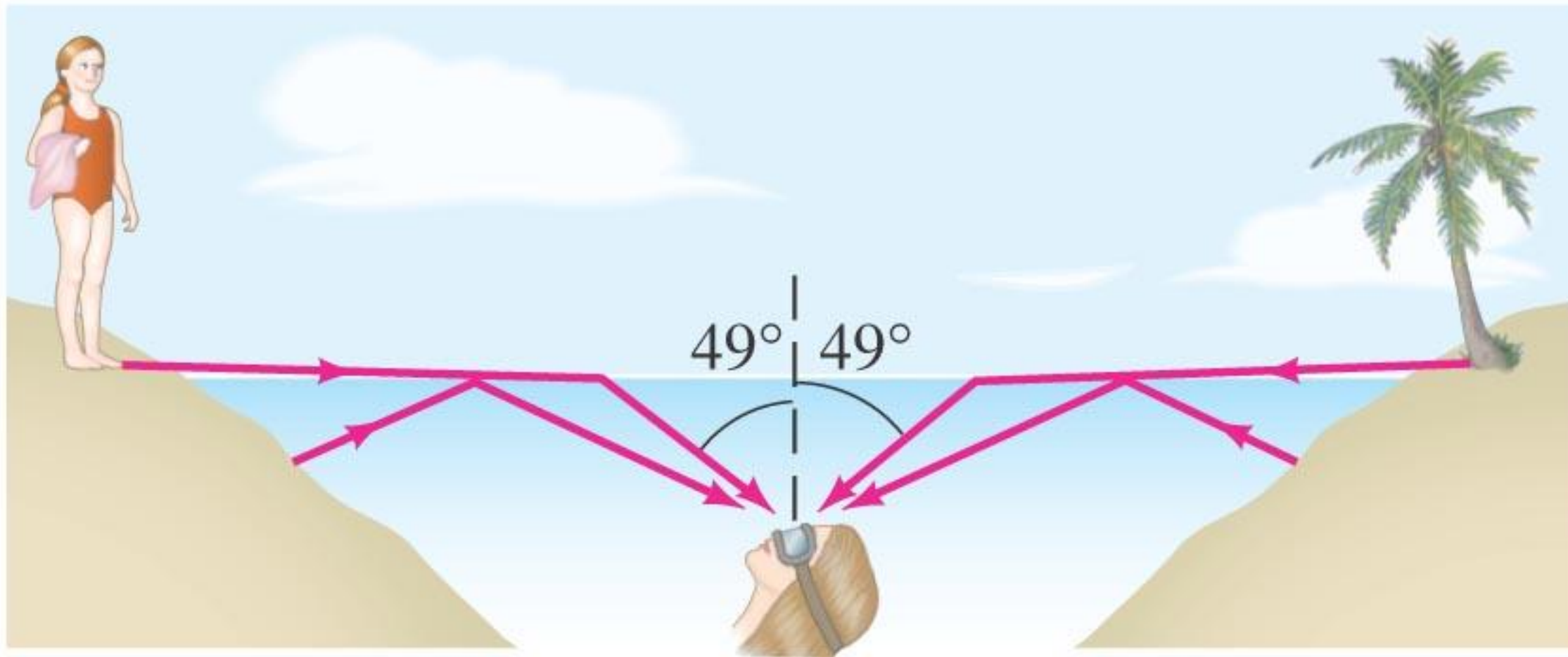
$$\sin \theta_C = \frac{n_2}{n_1} \sin 90^\circ = \frac{n_2}{n_1}.$$

Totale interne reflectie; glasvezeloptica

- Indien de hoek van inval groter is dan dit, er geen breking meer. Dit heet totale interne reflectie.

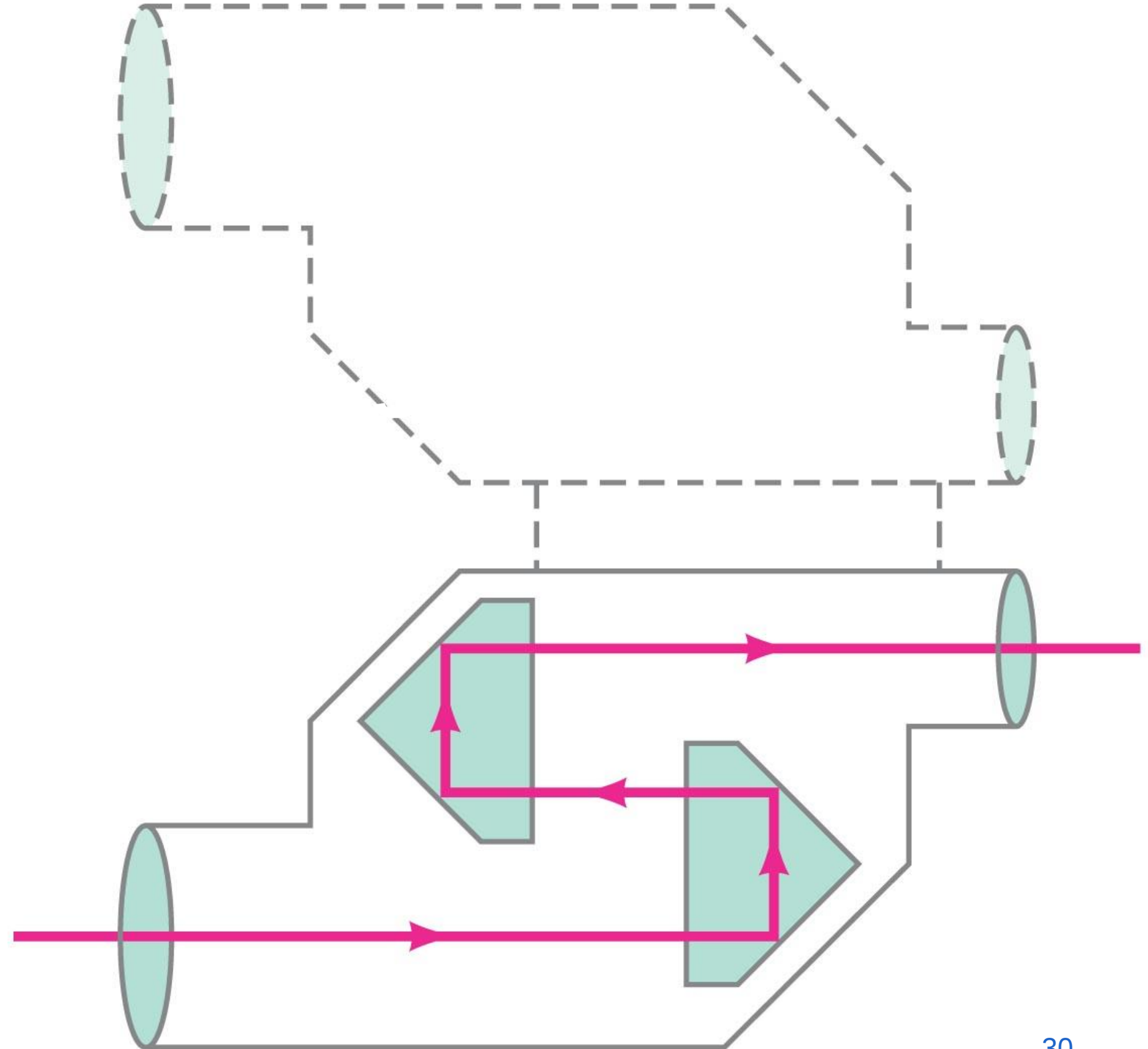


Totale interne reflectie; glasvezeloptica



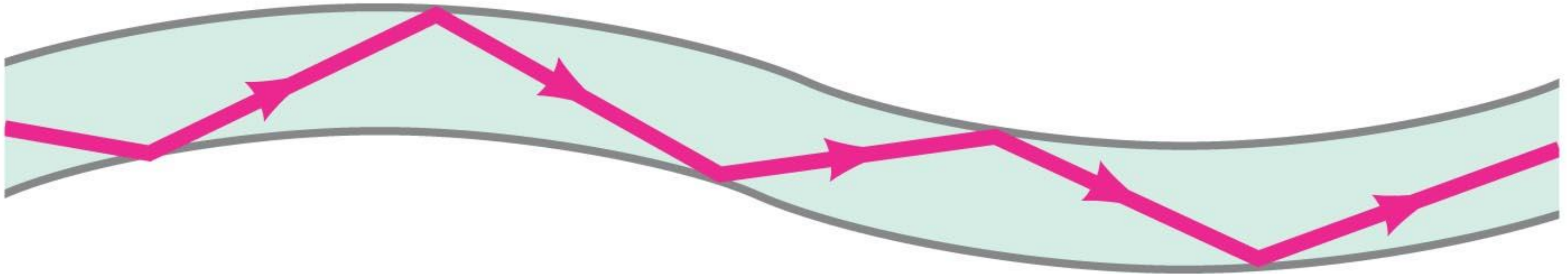
Totale interne reflectie; glasvezeloptica

- Verrekijkers maken vaak gebruik van totale interne reflectie, dit geeft 100% reflectie, dit is zelfs de beste spiegel niet kan doen.

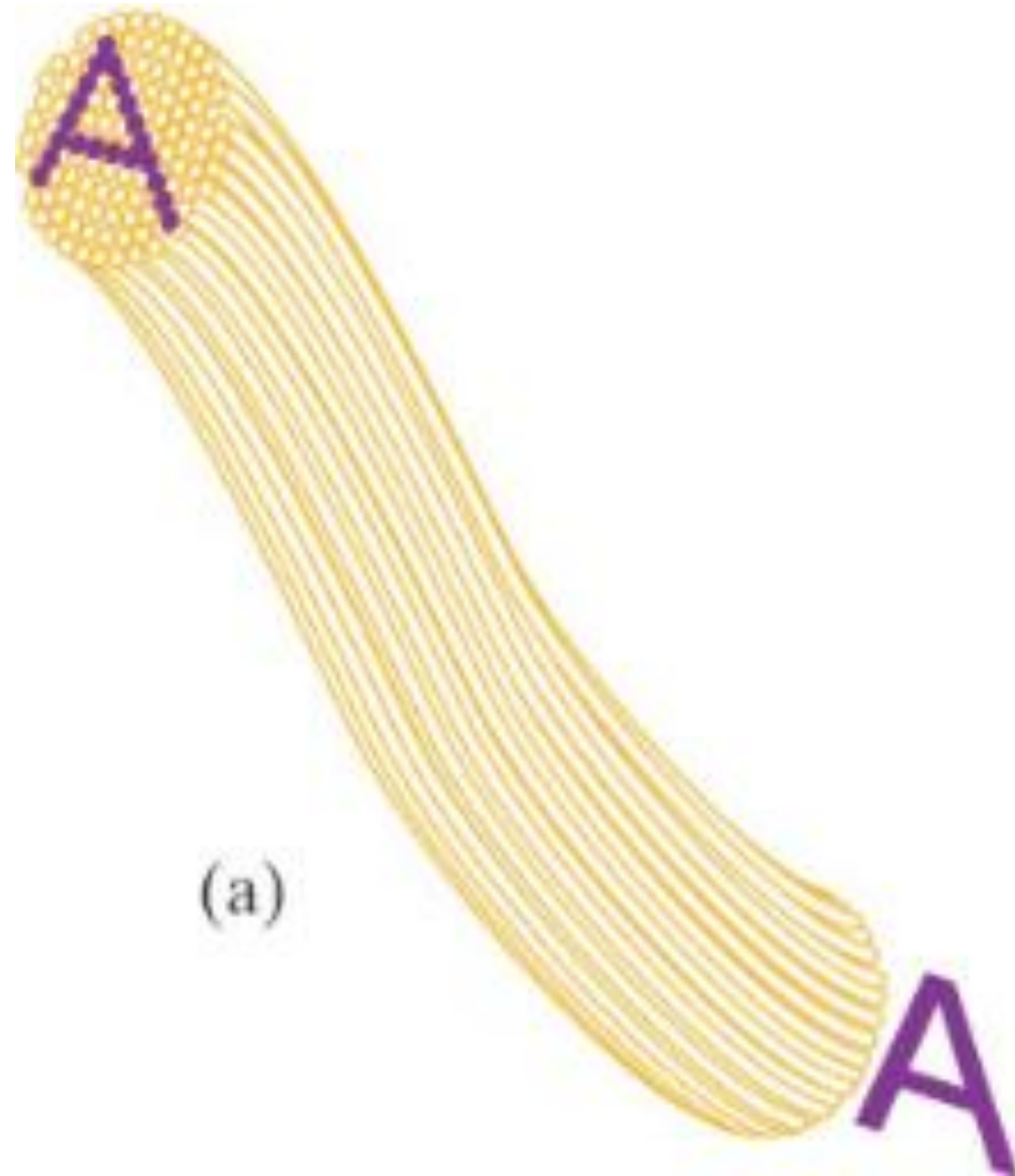


Totale interne reflectie; glasvezeloptica

- Optische glasvezels zijn ook afhankelijk van totale interne reflectie, ze zijn daardoor in staat om licht signalen met zeer kleine verliezen door te sturen.



Totale interne reflectie; glasvezeloptica



(b)

