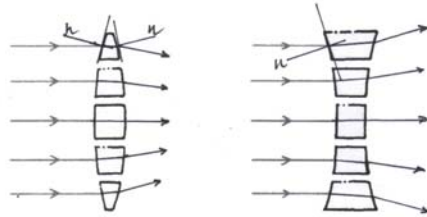


Opgaven 5.1 – Breking

1



-

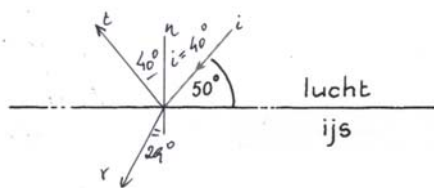
2

stof	kleur	n	Binas
perspex	rood	1,49	18A
water	violet	1,341	18B
helium	geel	1,000035	18C
hoornvlies	geel	1,376	27A

-

3

a
d



-

b

$n_{\text{ijs}} = 1,309$ Binas tabel 18A

-

c

$i = 90 - 50 = 40^\circ$
 $\frac{\sin i}{\sin r} = n \Rightarrow \frac{\sin 40}{\sin r} = 1,309 \Rightarrow i = 29,4.. = 29^\circ$

40°
29°

4

a

$n = \frac{\sin(\text{grote hoek})}{\sin(\text{kleine hoek})} = \frac{\sin 65}{\sin 34} = 1,620.. = 1,62$

1,62

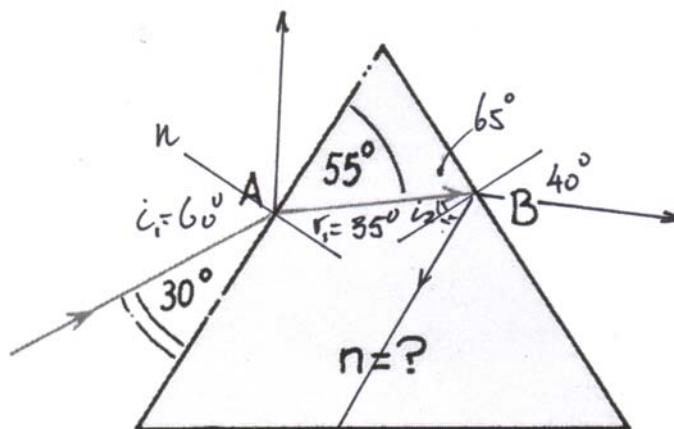
b

Zwaar kroonglas. Zie Binas tabel 18A

-

5

a
d



-

b

$i_1 = 90 - 30 = 60^\circ$
 $r_1 = 90 - 55 = 35^\circ$

60°
35°

c

$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60}{\sin 35} = 1,509.. = 1,51$

1,51

d

$i_2 = 90 - 65 = 25^\circ$
 $\frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{\sin 25}{\sin r_2} = \frac{1}{1,509..} \Rightarrow r_2 = 39,6.. = 40^\circ$

25°
40°

6 $n_{\text{diamant}} = 2,417$ Zie Binas tabel 18A
 $\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{2,417} \Rightarrow g = 24,43.. = 24,4^\circ$ -

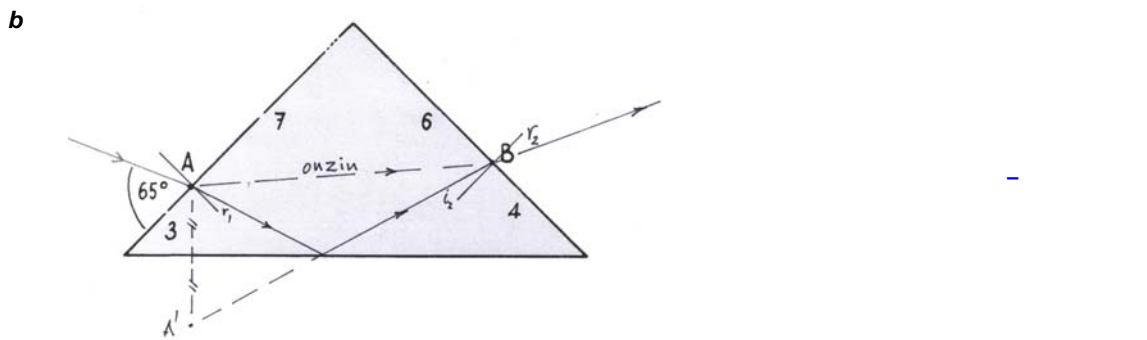
7 a $\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,4} \Rightarrow g = 45,5.. = 46^\circ$ 46°

b1 $\alpha \geq g = 45,5.. \Rightarrow \alpha_{\text{min}} = 45,5.. = 46^\circ$ 46°

b2 $r_{\text{max}} = 90 - 45,5.. = 44,4.. = 44^\circ$ 44°

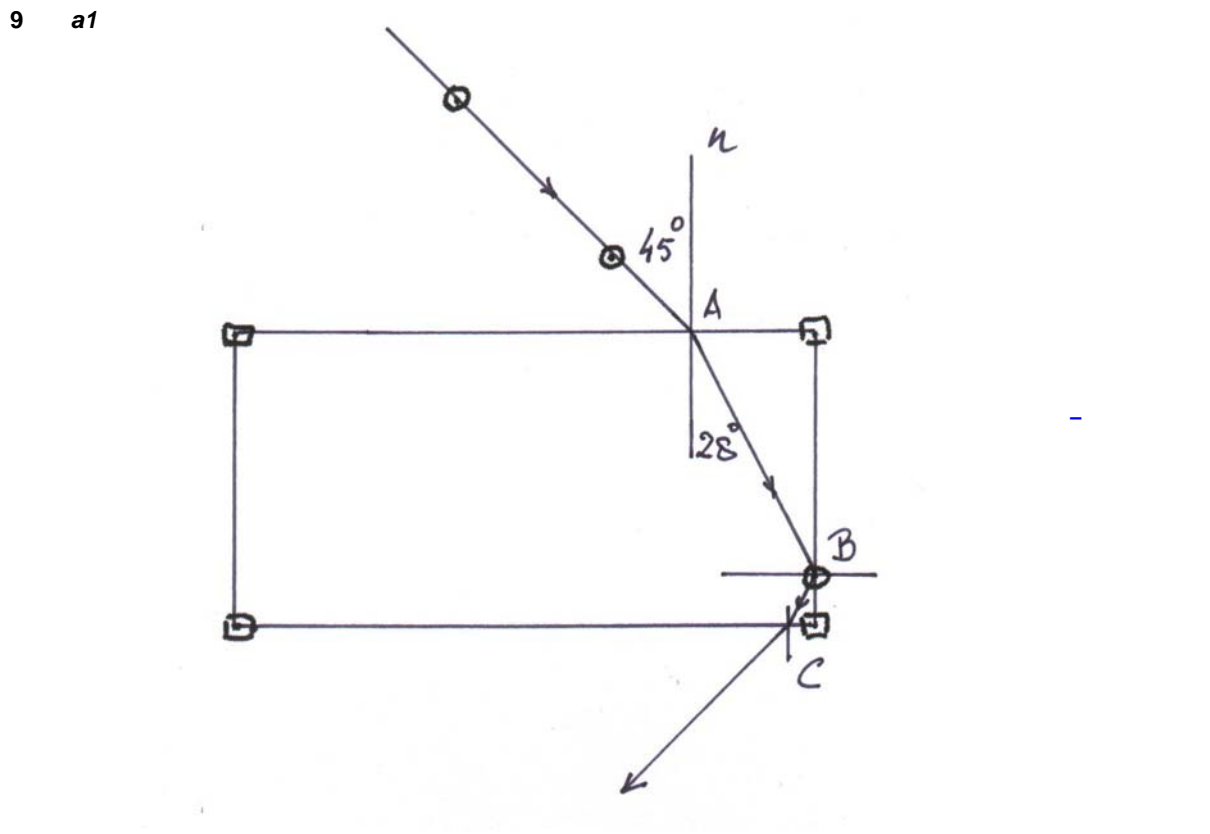
c $\frac{\sin i}{\sin r} = n \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin 44,4..} = 1,4 \Rightarrow i = 78,4.. = 78^\circ$ 78°

8 a Een lichtstraal rechtstreeks van A naar B zou bij A breken van de normaal af. Bij een overgang van lucht naar glas kan dat niet. -



c $i = 90 - 65 = 25^\circ$
 r opmeten in figuur = 17° $\Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 25}{\sin 17} = 1,44.. = 1,4$ 1,4

d De stralengang bij B is gespiegeld ten opzichte van die bij A: $i_B = 17^\circ$ en $r_B = 25^\circ$ -



a2 Opmeten bij A:

$$\left. \begin{array}{l} i = 45^\circ \\ r = 28^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow n = \frac{\sin 45}{\sin 28} = 1,50.. = 1,5$$

1,5

b $\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,50..} \Rightarrow g = 41,6.. = 42^\circ$

Bij B is $i = 90 - 28 = 62^\circ > g$, dus daar totale terugkaatsing.

Bij C is er breking met $i = 28^\circ$ en $r = 45^\circ$; het omgekeerde van het bovenvlak.

Opgaven 5.2 – Het oog

- 10 Met een normaal ongeaccommodeerd oog worden voorwerpen van heel ver weg ($v = \infty$) scherp op het netvlies geprojecteerd.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = f = \frac{1}{60} = 0,0166.. = 0,017 \text{ m}$$

- 11 **De vis.**

Voor de vis betekent accommoderen dat het oog zich instelt op grotere afstanden.

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

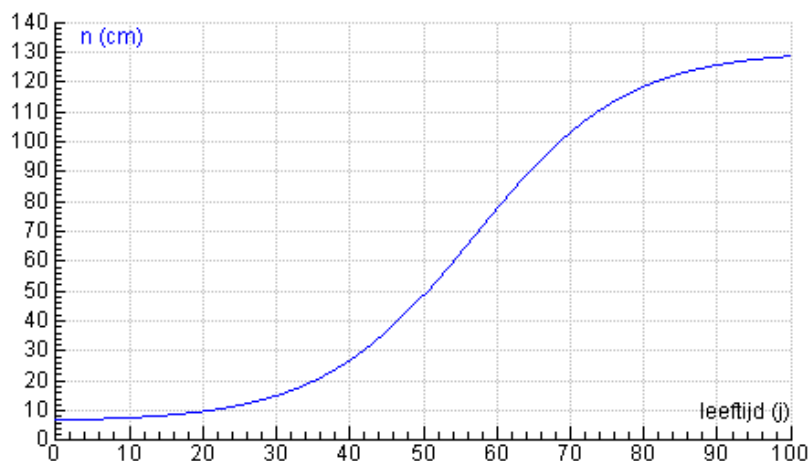
Als v groter wordt en f constant blijft, wordt b kleiner: de lens moet dichterbij het netvlies komen.

- 12 **Het accommodatiebereik** is het sterkteverschil tussen de twee lijnen in het diagram van p. 109. Bij 20 jaar is dat bijvoorbeeld $70 - 60 = 10 \text{ dpt}$.

Volgens de uitleg boven de eerste figuur van p. 109 lijkt het dus alsof je een lens van 10 dpt (met $f = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$) voor je ongeaccommodeerde oog plaatst. Licht uit een punt op 10 cm afstand valt dus evenwijdig op dat oog en komt tenslotte scherp op het netvlies.

Voor de nabijheidsafstand geldt dus:

$$n = \frac{1}{\text{accommodatiebereik}}$$



Zie de rubriek **Lieve LeNa** op www.stevin.info voor meer informatie over deze opgave.

- 13 **a** **Ja.**

Met de bril van -3 dpt valt het beeld van het oneindige achter het netvlies. Door tot $+3 \text{ dpt}$ te accommoderen komt het beeld scherp terug op het netvlies. Dat kan, want de maximale accommodatie is $8,5 \text{ dpt}$.

- b** Van de maximale accommodatie merkt het oog $8,5 - 3,0 = 5,5 \text{ dpt}$.

$$\Rightarrow n = \frac{1}{5,5} = 0,181.. = 0,18 \text{ m}$$

18 cm

Zie de uitleg bij opgave 12.

- c** **Nee, hij nog niet (kunstmatig) oudziend.**

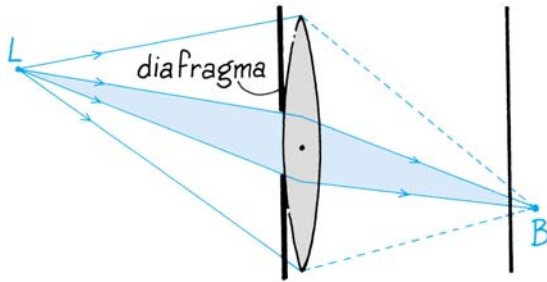
Bij oudziendheid ligt het nabijheidspunt op meer dan armslengte afstand. Dat is hier nog niet het geval.

Maar een gemiddelde 40-jarige zou met deze bril nog maar $5,5 - 3,0 = 2,5 \text{ dpt}$ accommodatievermogen overhouden en een nabijheidspunt op 40 cm afstand. Dat lijkt wel op oudziendheid.

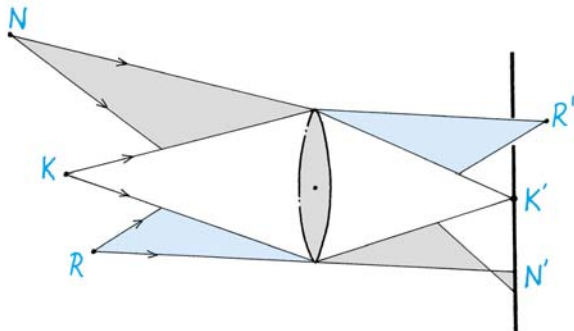
- d** Het accommodatiebereik van een 50-jarige is volgens Binas $2,5 \text{ dpt}$.

Voor een nabijheidspunt op 25 cm afstand moet dat aangevuld worden tot $4,0 \text{ dpt}$, dus **+1,5 dpt** met een bril van $+1,5 \text{ dpt}$.

- 14 a Zie p. 124 van deel 1.
De oog lens geeft een vlekje op het netvlies (het scherm). Bij een kleinere pupil (een kleiner diafragma) wordt dat vlekje kleiner.



De punten N en R komen onscherp op het netvlies, maar bij een kleinere pupil lijken die ook scherp.



- b **Je pupil wordt groter.**
De lichtsterkte wordt kleiner, net als bij schemer. Dan wordt de pupil ook groter.
- c **Het nabijheidspunt komt wat verder weg te liggen.**
Een grotere pupil leidt tot grotere beeldvlekjes op het netvlies. Des te groter naarmate het voorwerp dichterbij ligt.

- 15 a **Oudziendheid.**
- b Volgens de uitleg bij opgave 12 kan hij zelf nog maximaal $\frac{1}{0,50} = 2$ dpt leveren. Om tot de normaal maximale 4 dpt te komen heeft hij een bril nodig van +2 dpt.

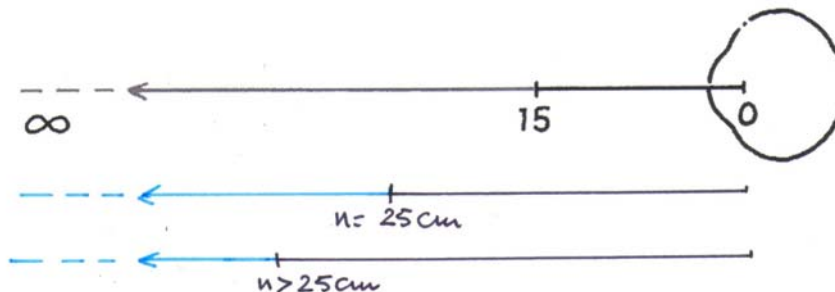
Opmerking:

Een voorwerp in het nabijheidspunt zou voor hem op 50 cm afstand voor het oog afgebeeld moeten worden.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{n} + \frac{1}{b} = S \Rightarrow \frac{1}{n} + \frac{1}{-0,50} = 2 \Rightarrow n = 0,25 \text{ m}$$

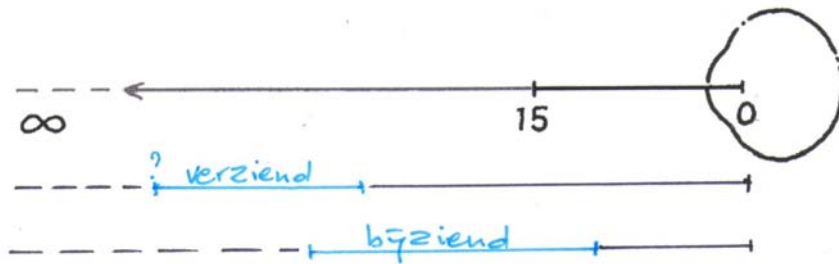
+2 dpt

- 16 a



Als je net geen leesbril nodig hebt ligt je nabijheidspunt bij 25 cm.
Bij een oudziende ligt dat punt verder weg.

b



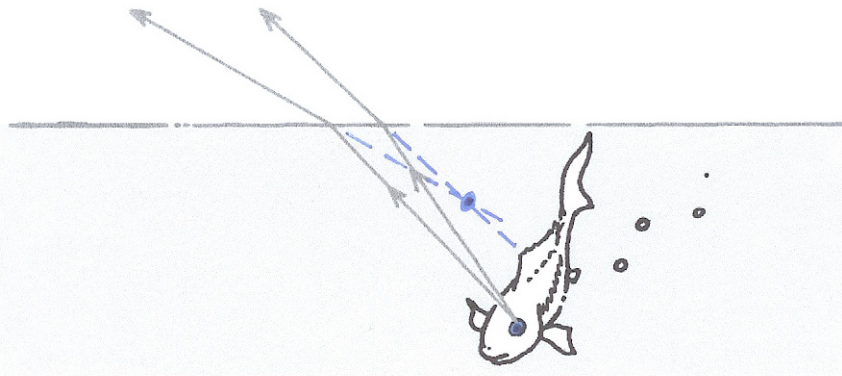
Om het plaatje voor een verziende te tekenen, heb je meer gegevens nodig. Een jong mens dat licht verziend is, kan wellicht vanaf 20 cm tot in het oneindige kijken door te accommoderen. Een oudere die sterk verziend is, kan zelfs niet in het oneindige scherp zien.

Het plaatje hierboven geldt voor iemand die sterk bijziend is. Een bijziende kan in ieder geval niet in het oneindige scherp zien zonder bril.

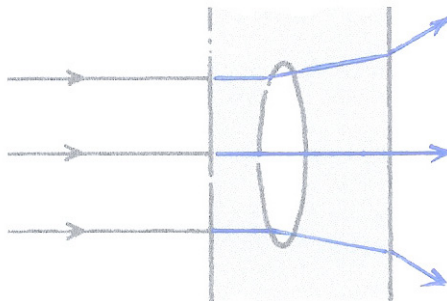
- 17 a Zeer sterke bijziendheid -
- b Om het puntje van de neus ($v \approx 5$ cm) scherp te zien zou voor een 'normaal' gereduceerd oog een maximaal accommodatievermogen nodig zijn van ongeveer $\frac{1}{0,05} = 20$ dpt
- Stel het maximale accommodatievermogen op jonge leeftijd op ongeveer 10 dpt. Dan heeft het ongeaccommodeerde oog van deze bijziende een sterkte die $20 - 10 = 10$ dpt groter is dan normaal
- $S_{\text{ongeaaccommodeerd}} \approx 60 + 10 = 70$ dpt -
- Het vertepunt V vind je met $\frac{1}{v} + \frac{1}{0,017} = 70 \Rightarrow v = 0,10$ m = 10 cm
- Om te lezen hoeft deze bijziende dus helemaal niet te accommoderen, noch op jonge, noch op oudere leeftijd. Maar wel de tekst dicht bij de ogen houden.
- (Als je uitgaat van een normale lens en een te lange oogbol, kom je tot eenzelfde conclusie.)
- 18 A is bijziend.
Zonder bril hoeft zij bij het lezen minder te accommoderen, wat minder vermoeiend is.
- B wordt bijziend, als in de groei de oogbol te lang wordt. -
- C is oudziend. Bij fel licht wordt de pupil klein. Daardoor worden de onscherpvlakjes op het netvlies kleiner en is de bril minder nodig.
- D is verziend. Zonder bril zou zij ook voor in de verte kijken moet accommoderen, wat onnodig vermoeiend is.
- 19 a Bijziendheid -
- b Blijkbaar ziet zij met ongeaccommodeerd oog een voorwerp op 2,50 m afstand scherp. Een punt in de verte moet afgebeeld worden op 2,50 m afstand voor het oog.
- $S = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-2,50} = -0,4$ dpt -0,4 dpt
- c Het nieuwe nabijheidspunt wordt afgebeeld op 15 cm voor het oog.
- $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = S \Rightarrow \frac{1}{n} + \frac{1}{-0,15} = -0,4 \Rightarrow n = 0,16$ m = 16 cm 1 cm
- Het nabijheidspunt is $16 - 15 = 1$ cm verschoven van het oog af. Deze bijziende zal bij het lezen misschien de bril afzetten.
- 20 De linkerbrildrager is bijziend.
Hij draagt een bril met holle (negatieve) lenzen. Daardoor is het virtuele beeld dat je door het glas heen ziet verkleind. -
- De rechterbrildrager is verziend.
Zij draagt een bril met bolle (positieve) lenzen. Het virtuele beeld dat je door het glas heen ziet is vergroot.

Opgaven bij hoofdstuk 5

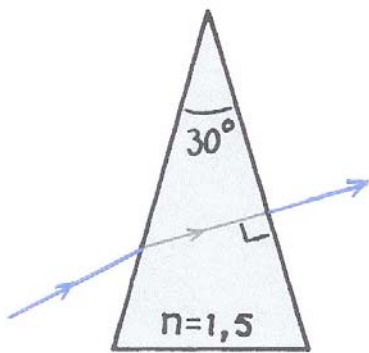
21



22



23 a *Figuur links*
 b

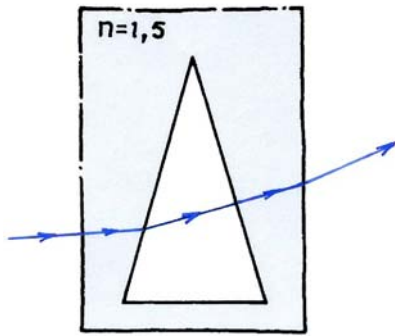


Eerst een overgang van lucht naar glas: breking naar de normaal toe, met $r = 30^\circ$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin 30} = 1,5 \Rightarrow i = 48,5.. = 49^\circ$$

Bij de volgende overgang valt de lichtstraal loodrecht op het grensvlak: geen breking. _____

- 23 a *Figuur rechts*
b



Eerst een overgang van glas naar lucht: breking van de normaal af, weer met $r = 30^\circ$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin 30} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow i = 19,4.. = 19^\circ$$

Bij de overgang van lucht naar glas aan de linkerkant is $r = 4^\circ$.

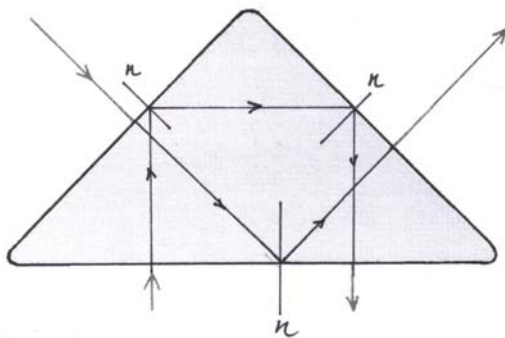
Toepassen van de wet van Snellius levert dan $i = 6^\circ$.

Bij de volgende overgang valt de lichtstraal loodrecht op het grensvlak: geen breking.

Als de lichtstraal het blok glas verlaat is er weer breking van de normaal af, met $i = 15^\circ$

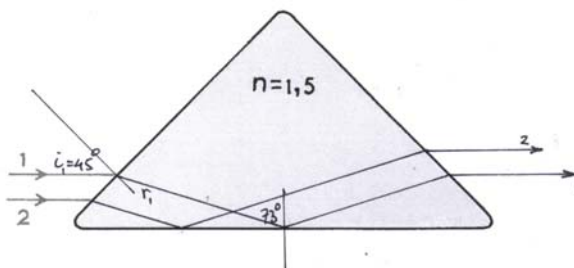
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{\sin 15}{\sin r} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow r = 22,8.. = 23^\circ$$

24



- 25 a *De hoek van inval bij het grondvlak is groter dan de grenshoek.*

$$\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow g = 41,8..^\circ$$



Bij het zijvlak breking van lucht naar glas, dus naar de normaal toe, met $i_1 = 30^\circ$

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = n \Rightarrow \frac{\sin 45}{\sin r_1} = 1,5 \Rightarrow r_1 = 28,1..^\circ$$

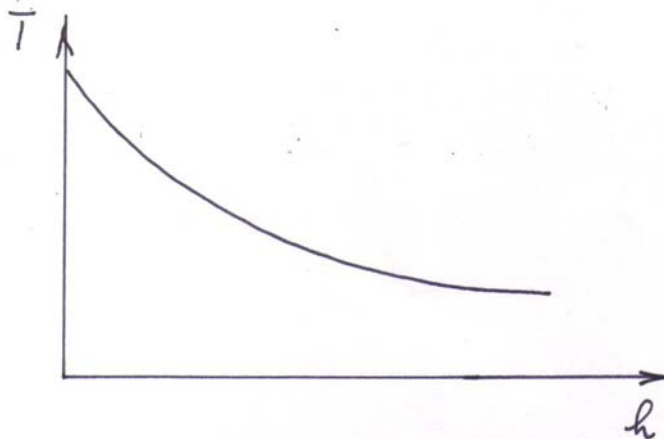
$$i_2 = 180 - (45 + (90 - r_1)) = 180 - (45 + (90 - 28,1..)) = 73,1..^\circ$$

Dit is inderdaad groter dan de grenshoek..

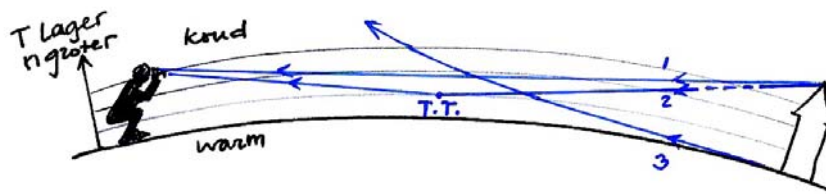
- b *Als de lichtstralen het prisma verlaten, ligt straal 2 boven straal 1. Juist het omgekeerde van de invallende lichtstralen.*

- 26 a In dit geval is het water warmer dan de lucht er vlak boven (dreigend onweer?).

b



Als je knielt, is de torenspits te zien (1); zijn spiegelbeeld ook (2) via totale terugkaatsing, maar de voet van de toren niet (3). Vandaar dat de toren met zijn spiegelbeeld lijkt te zweven.



Zie Minnaert, *De natuurkunde van het vrije veld*, deel 1, IV De kroming der lichtstralen in de dampkring.

Zie ook op Internet (Google): het Hillingar-effect.

- 27 a [De sterren staan te hoog.](#)

Het licht komt in steeds dichtere luchtlagen. Het breekt steeds naar de normaal toe. De lichtstraal kromt in de luchtlagen dus omlaag. Hij lijkt van hoger te komen dan in feite het geval is.

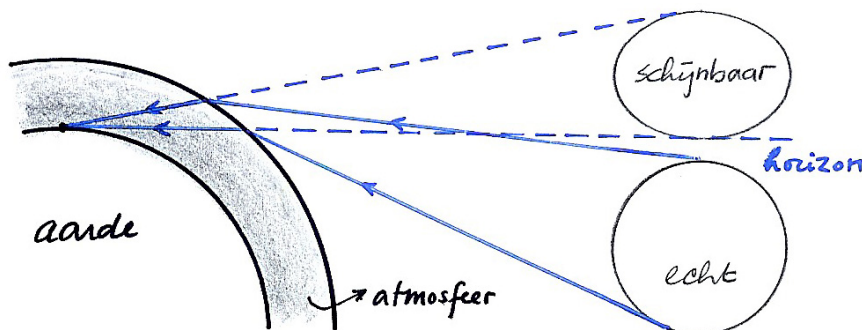
Zie de figuur bij b en c.

b [Ja.](#)

c Door de lichtbreking in de atmosfeer zien we de zon hoger dan waar hij werkelijk staat.

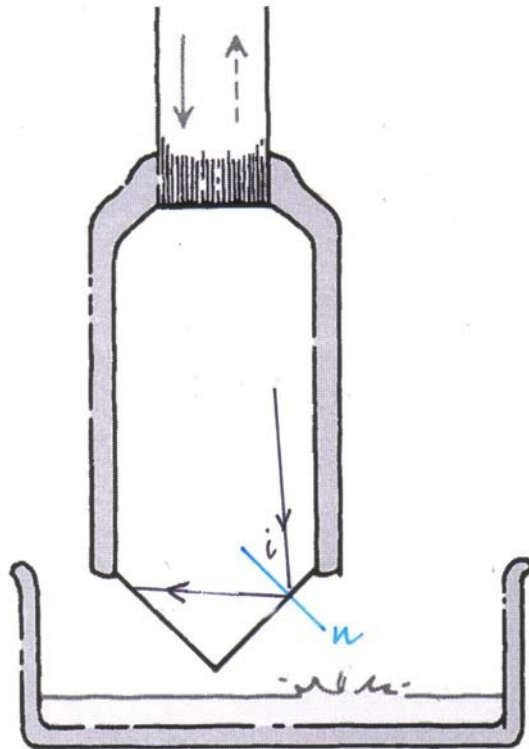
Als we de onderkant van de zon tegen de horizon zien, ontvangen we licht dat van onder de horizon komt.

De bovenkant van de zon wordt wat minder sterk 'opgetild'; daardoor lijkt de zon vervormd.



- 28 a De grenshoek van diamant is $24,4^\circ$. Een lichtstraal, die bij een grensvlak de diamant binnengekomen is, zal bij volgende grensvlakken veel kans maken om teruggekaatst te worden en pas na vele weerkaatsingen op een onverwachte plaats weer naar buiten treden.

- b** Het verschil in brekingsindex tussen water ($n = 1,3$) en diamant ($n = 2,4$) is veel groter dan dat tussen water en glas ($n = 1,5$).
Een lichtstraal die van water naar diamant gaat, zal een veel groter verschil merken dan een lichtstraal die water naar glas gaat.
Op het diamantoppervlak zal daarom, naast breking, meer licht teruggekaatst worden.
De echte diamant zal daardoor in water veel beter zichtbaar zijn dan de nepdiamant.
-
- 29 a1** De lichtstraal blijft binnen een glasvezel omdat hij tegen de mantel weerkaatst.
In glasvezels zonder mantel 'ziet' een lichtstraal geen verschil tussen de ene glasvezel en de andere.
-
- a2** De mantel heeft een kleinere brekingsindex dan het glas.
Totale terugkaatsing kan optreden bij overgang van een optisch dichtere naar een optisch minder dicht medium.
-
- b** Weinig licht.
Bij hoge bloeddruk wordt het vlies platter of misschien wel bol. Het teruggekaatste licht wordt minder geconcentreerd. Er komt minder licht terug de glasvezel in.
-
- c1** Het licht wordt niet meer teruggekaatst als de punt in de vloeistof staat.
De grenshoek voor de overgang tussen glas en lucht is veel kleiner dan die voor de overgang tussen glas en vloeistof.
-
- c2**



$< 3,9^\circ$

$$\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,52} \Rightarrow g = 41,1^\circ$$

De hoek van inval moet groter zijn dan de grenshoek. De hoek met de verticaal moet dus kleiner zijn dan $45 - 41,1 = 3,86 = 3,9^\circ$

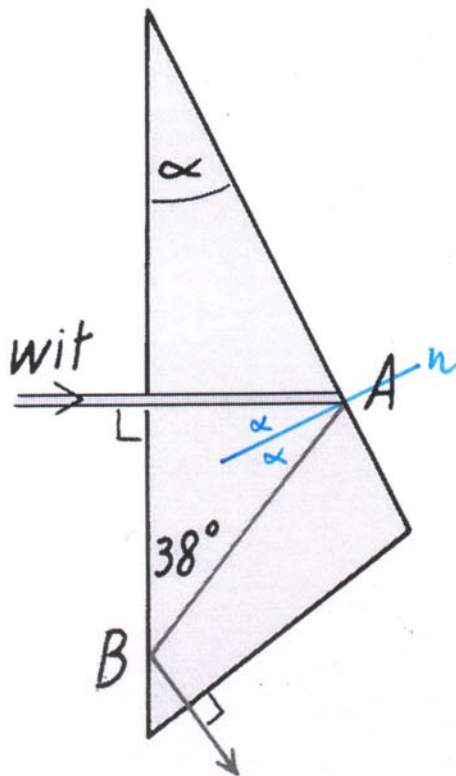
De hoek van inval mag ook weer niet te groot worden, want dan gaat het bij de tweede terugkaatsing fout. Ook daar moet de hoek van inval ook groter zijn dan de grenshoek.

Voor de eerste hoek van inval geldt dus:

$$41,1^\circ < i < 48,9^\circ$$

- 30 a**
- $$\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,52} \Rightarrow g = 41,1^\circ$$
- $$i = 90 - 38 = 42^\circ > g$$

b



26°

$$\alpha = \frac{1}{2} \angle A \text{ want de benen van deze hoeken staan loodrecht op elkaar} \Rightarrow$$

$$\angle A = 90 - 38 = 52^\circ \Rightarrow \alpha = 26^\circ$$

- 31 a Een extra **bolle** lens.
De breking van hun gewone oog is op het grensvlak met water is veel kleiner dan op het grensvlak met lucht. Onder water moet een extra bolle lens dat verschil compenseren. -
- b **De lens moet een sterk convergerende werking hebben** (en dus zeer gekromd zijn) omdat de breking van hun gewone oog is op het grensvlak met water is klein is. -
- c **Onder.**
De geringere lichtbreking onder water moet gecompenseerd worden door een sterkere lens. -
- 32 a Een voorwerp in N wordt met de bril bij maximale accommodatie afgebeeld in $b = n = -25 \text{ cm} = -0,25 \text{ m}$
 $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = S \Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1}{-0,25} = -1 \Rightarrow v = 0,333.. = 0,33 \text{ m}$ 33 cm
Het nieuwe nabijheidpunt ligt op 33 cm afstand.
- b **Ja.**
Het voorwerp staat verder weg dan de nieuwe nabijheidpuntafstand. -
- 33 De 60-jarige heeft een extra sterkte nodig die een voorwerp op 25 cm afstand afbeeldt op 40 cm voor het oog.
 $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = S \Rightarrow S_{\text{extra}} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{-0,40} = 1,5 \text{ dpt}$ 2.75 dpt
De nieuwe bril heeft sterkte $1,25 + 1,5 = 2,75 \text{ dpt}$
- 34 a Het 'normale' ongeaccommodeerde oog heeft een sterkte $\frac{1}{0,017} = 58,82.. \text{ dpt}$
Voor het te lange oog zou dat moeten zijn $\frac{1}{0,018} = 55,55.. \text{ dpt}$ -3,3 dpt
De corrigerende bril heeft een sterkte $55,55 - 58,82. = -3,26.. = -3,3 \text{ dpt}$

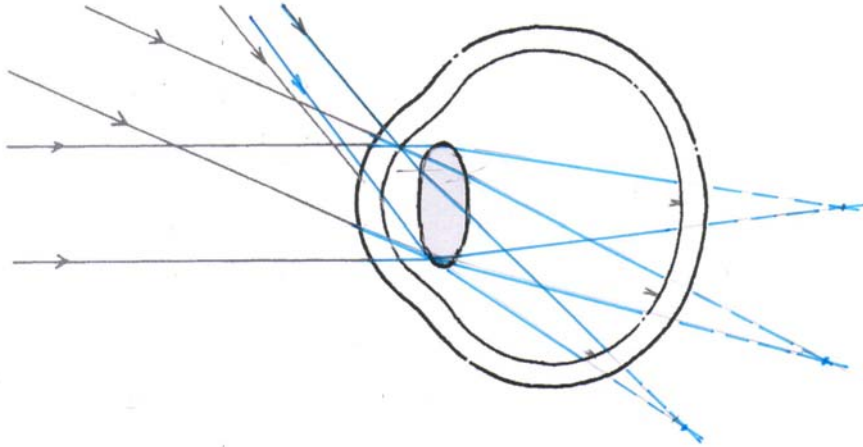
b Een verticaal of horizontaal lijntje.

Als de afbeelding in horizontale richting wel scherp is en in verticale richting niet scherp, dan wordt een punt afgebeeld als een verticaal lijntje. -

Als de afbeelding in verticale richting wel scherp is en in horizontale richting niet scherp, dan wordt een punt afgebeeld als een horizontaal lijntje.

c Een lens waarvan de kromming in horizontale richting verschilt van de kromming in verticale richting. -

35 **a**



Doordat de lichtstralen nu niet meer worden gebroken in het hoornvlies ontstaan er geen scherpe beelden op het netvlies.

b Om in de verte (evenwijdige lichtbundels) scherp te kunnen zien, moet het oog accommoderen. -

Toets

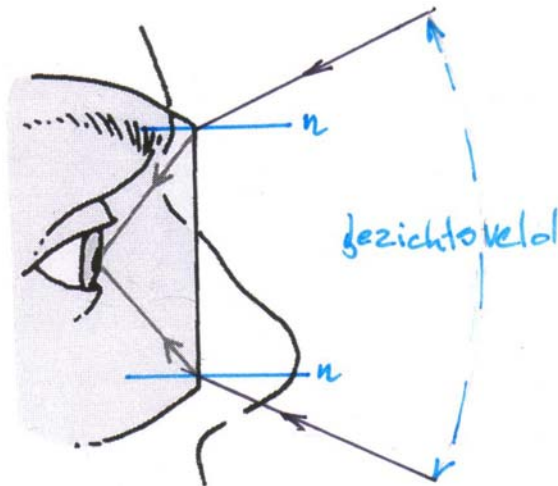
1 Onder water

a1 $i = 90 - 50 = 40^\circ$ 40°

a2 $\frac{\sin i}{\sin r} = n \Rightarrow \frac{\sin 40}{\sin r} = 1,33 \Rightarrow r = 28,9.. = 29^\circ$ 61°

Je ziet de zon $90 - 29 = 61^\circ$ boven de horizon.

b1



De lichtstraal komt vanuit water in de lucht achter de duikbril en breekt dus van de normaal af.

Je gezichtsveld is dus veel kleiner dan normaal. Zie verder **b2**.

- b2** De duiker ziet onder water alleen wat voor hem is. Hij moet zijn hoofd verdraaien om achter zich te kunnen zien.
Boven water kun je door je oogballen te draaien ook een stukje schuin achter je zien.
-

2 Oogcorrecties

a Bijziend -

b De bril beeldt een punt heel ver weg af in het vertepunt.
 $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = S \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{b} = -1,5 \Rightarrow b = -0,666.. = 0,67 \text{ m}$ 67 cm

c Een voorwerp op 25 cm afstand wordt door de contactlens afgebeeld in het oorspronkelijke nabijheidspunt.
 $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = S \Rightarrow \frac{1}{0,25} + \frac{1}{b} = -1,5 \Rightarrow b = -0,181.. = 0,18 \text{ m}$ 18 cm

d1 Beide lenzen: een verziende die ook oudziend geworden is.
De buitenrand helpt scherp te zien in de verte.
Het centrale deel is om te lezen als het eigen accommodatievermogen te gering is geworden.

De linker lens is handig als je in een supermarkt de opschriften wilt lezen op een verpakking.

De rechter lens is handig als je in een stoel een boek zit te lezen.

d2 De onderkant zwaarder uitvoeren. -

3

Een briljant

- a1** De normaal in A en de invallende lichtstraal staan loodrecht op de benen van $\beta \Rightarrow$ $i = \beta = 41^\circ$ 41°
-
- a2** De invalshoek is groter dan de grenshoek.
 $\sin g = \frac{1}{n} = \frac{1}{2,4} \Rightarrow g = 24,6..^\circ < i = 41^\circ$ -
-
- b** Er treedt pas lichtbreking, en dus kleurschifting, op als de lichtstraal de briljant verlaat, niet als hij loodrecht op een zijvlak invalt of bij terugkaatsing. _
-
- c** Nu treedt bij C lichtbreking en dus kleurschifting op. De kleuren zullen bij terugkaatsing op een volgend grensvlak elk een iets andere invalshoek hebben en dus ook een iets andere terugkaatsinghoek. Bij elke terugkaatsing worden de kleuren verder uit elkaar getrokken. Als het licht de briljant verlaat, zal er zo veel 'vuur' (grote kleurschifting) zijn. -
-