

---

Opgave 1

---

- a Nee. Dicht bij E valt er meer licht van de bron op dan dicht bij F. Dus F is donkerder dan E.
- b Ja. Op FG valt helemaal geen licht van de bron.

---

Opgave 2

---

In een homocentrische lichtbundel hebben alle lichtstralen hetzelfde snijpunt. Behalve een evenwijdige bundel, dan ligt het snijpunt in het oneindige. Ze zijn even goed 'homocentrisch' want als je ze convergeert komen ze toch samen in hetzelfde punt.

---

Opgave 3

---

- a Ieder punt op de zon zendt net als iedere lichtbron cirkelvormige golven uit. Divergerende stralen dus. En alle lichtpunten op de zon samen geven natuurlijk een enorme wirwar van straling. Maar alle straling samengenomen en op enige afstand bekeken is de zon een bron van divergerende bundels.
- b De zon staat zover weg dat de lichtgolven als vlakke (rechte) golven op aarde aankomen. Loodrecht op deze vlakke golven staan de lichtbundels of lichtstralen. Deze zijn dan zo goed als evenwijdige stralen.

---

Opgave 4

---

Dichtbij de lamp heb je veel lichtpunten. Op enige afstand is de verzameling van lichtpunten belangrijker. Hoe verder weg des te meer is een gloeilamp een puntvormige lichtbron. Dus: op afstand.

---

Opgave 5

---

Diffuse terugkaatsing wil zeggen dat de teruggekaatste stralen in willekeurige richting gaan. Dat vindt plaats aan een ruw oppervlak.

---

Opgave 6

---

- a Niet echt: je ziet een in de spiegel een weerkaatst beeld.
- b Ja. De krasjes weerkaatsen in alle richtingen. Daardoor werken zij als voorwerp en kun je ze zien.

---

Opgave 7

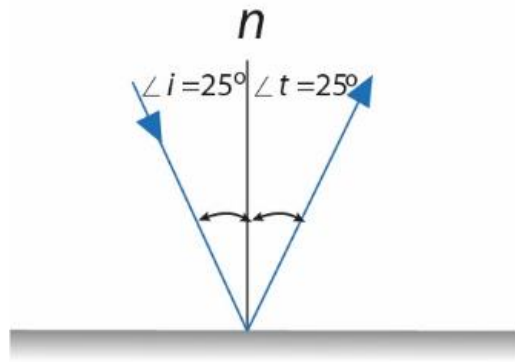
---

- a Gegeven:  $\angle i = 25^\circ$   
Gevraagd:  $\angle t$  en de constructie

Oplissing:

a Constructie:

b  $\angle t = \angle i = 25^\circ$



### Opgave 8

Ja, waar kijk je als je zulke stofeigenschappen wilt weten?

Wij kijken in Binas en vinden (voor geel licht):

- |   |                 |          |
|---|-----------------|----------|
| a | diamant         | 2,417    |
| b | zwaar kroonglas | 1,61     |
| c | aceton          | 1,357    |
| d | helium          | 1,000035 |

### Opgave 9

Gegeven:  $\angle i = 50^\circ$ , lucht-polystyreen,  $\angle r = 31^\circ$

Gevraagd:  $n_{\text{lucht-polystyreen}}$

Oplissing:

$$n_{\text{lu-PS}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(50^\circ)}{\sin(31^\circ)} = 1,5$$

### Opgave 10

Gegeven:  $i = 35^\circ$ , overgang lucht-water,  $n_w = 1,333$  (BINAS)

Gevraagd: a  $r$ ? b  $r$  als  $i = 72^\circ$

Oplissing:

a 
$$n_w = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(35^\circ)}{\sin r} = 1,333 \rightarrow 1,333 \cdot \sin r = \sin(35^\circ) \rightarrow \sin r = \frac{\sin(35^\circ)}{1,333} = 0,43$$

$$r = \text{invsin}(0,43) = 25^\circ$$

b 
$$1,333 = \frac{\sin(72^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow \sin r = \frac{\sin(72^\circ)}{1,333} = 0,713$$

$$r = \text{invsin}(0,713) = 46^\circ$$

### Opgave 11

---

*Gegeven:* overgang lucht-perspex,  $i = 60^\circ$   $n_{\text{perspex}} = 1,49$  (BINAS)

*Gevraagd:*  $r$ ?

*Oplossing:*

$$n_{\text{perspex}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(60^\circ)}{\sin r} = 1,49$$

$$1,49 \times \sin r = \sin(60^\circ) \rightarrow \sin r = \frac{\sin(60^\circ)}{1,49} = 0,581$$

$$r = \text{invsin}(0,581) = \mathbf{36^\circ}$$

---

### Opgave 12

---

*Gegeven:*  $r = 30^\circ$ , overgang lucht-perspex,  $n_{\text{perspex}} = 1,49$  (BINAS)

*Gevraagd:*  $i$

*Oplossing:*

$$n_{\text{perspex}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\sin(30^\circ)} = 1,49 \rightarrow 1,49 \times \sin(30^\circ) = \sin(i)$$

$$\sin(i) = 0,745$$

$$i = \text{invsin}(0,745) = \mathbf{48^\circ}$$

---

### Opgave 13

---

a  $n_{\text{perspex}} = 1,49$  en  $n_{\text{water}} = 1,333$

b Perspex is optisch dichter want perspex heeft een hogere brekingsindex.  
Licht wordt in perspex sterker afgeremd dan in water.

---

### Opgave 14

---

*Gegeven:* Afbeelding met  $i$  en  $r$

*Gevraagd:* a bepaal  $n$

*Oplossing:*

a Je kunt rechtstreeks de sinus opmeten,  $\sin(i) = 0,79$  en  $\sin(r) = 0,42$

$$n = \frac{0,79}{0,42} = \mathbf{1,9}$$

Uitwerkingen van de opgaven uit:

b Dit moet zwaar flintglas zijn.

---

### Opgave 15

---

*Gegeven:* Overgangen water – kwarts en diamant – zwaar kroonglas

*Gevraagd:* a  $n_{\text{water-kwarts}}$  en b  $n_{\text{diamant-zwaar kroonglas}}$

*Oplossing:*

$$n_{1,2} = \frac{n_2}{n_1}$$

a  $n_{\text{water-kwarts}} = \frac{n_{\text{kwarts}}}{n_{\text{water}}} = \frac{1,54}{1,33} = \mathbf{1,16}$

b  $n_{\text{diamant-kroongl}} = \frac{n_{\text{kroongl}}}{n_{\text{diamant}}} = \frac{1,61}{2,417} = \mathbf{0,67}$

---

### Opgave 16

---

$$n_{1,2} = \frac{n_2}{n_1}$$

a  $n_{\text{perspex}} = \mathbf{1,49}$

b  $n_{\text{water}} = \mathbf{1,333}$

c  $n_{\text{water, perspex}} = \frac{n_{\text{perspex}}}{n_{\text{water}}} = \frac{1,49}{1,333} = \mathbf{1,12}$

d  $n_{\text{water,perspex}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin r} = 1,12$

$$1,12 \times \sin(r) = \sin(40^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(40^\circ)}{1,12} = 0,574 \quad r = \text{invsin}(0,574) = \mathbf{35^\circ}$$

---

### Opgave 17

---

*Gegeven:* Van lucht naar glas:  $i = 40^\circ$  en  $r = 25^\circ$

Van glas naar lucht:  $i = 25^\circ$  en  $r = 40^\circ$

*Gevraagd:* a  $n_{\text{lucht-glas}}$  b  $n_{\text{glas-lucht}}$  c Is de waarde bij b omgekeerd aan die van a?

*Oplossing:*

a  $n_{\text{lucht-glas}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(25^\circ)} = \mathbf{1,52}$

b  $n_{\text{glas-lucht}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(25^\circ)}{\sin(40^\circ)} = \mathbf{0,657}$

c  $\frac{1}{1,52} = 0,657$  Dus het klopt, waarde bij b is het omgekeerde van die bij a.

---

### Opgave 18

---

*Gegeven:* Lichtstraal van perspex naar lucht:  $i = 34^\circ$

*Gevraagd:*  $r$

*Oplossing:*

$$n_{\text{perspex}} = 1,49 \quad n_{\text{perspex-lucht}} = 1/1,49 = 0,671$$

$$n_{\text{perspex-lucht}} = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(34^\circ)}{\sin(r)} = 0,671$$

$$0,671 \times \sin(r) = \sin(34^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin 34^\circ}{0,671} = 0,833$$

$$r = \text{invsin}(0,833) = \mathbf{56^\circ}$$

---

### Opgave 19

---

*Gegeven:* Lichtstraal van water naar lucht:  $r = 57^\circ$

*Gevraagd:*  $i$

*Oplossing:*

$$n_{\text{water-lucht}} = \frac{1}{n_{\text{lucht-water}}} = \frac{1}{1,333} = 0,750$$

$$n_{\text{water-lucht}} = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(i)}{\sin(57^\circ)} = 0,750$$

$$0,750 \times \sin(57^\circ) = \sin(i) \rightarrow \sin(i) = 0,629$$

$$i = \text{invsin}(0,629) = \mathbf{39^\circ}$$

---

### Opgave 20

---

*Gegeven:* Lichtstraal van polystyreen naar lucht:  $i = 40^\circ$ ,  $r = 72^\circ$

*Gevraagd:*  $n_{\text{polystyreen}}$

*Oplossing:*

$$n_{\text{polystyreen-lucht}} = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(72^\circ)} = 0,676$$

$$n_{\text{polystyreen}} = \frac{1}{0,676} = 1,48 \rightarrow \mathbf{1,5}$$

---

### Opgave 21

---

*Gegeven:* Lichtstraal van water naar lucht

*Gevraagd:* a  $r$  als  $i = 20^\circ$ , b  $r$  als  $i = 40^\circ$ , c en bij  $i = 60^\circ$

*Oplossing:*

a  $n_{\text{water-lucht}} = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(20^\circ)}{\sin(r)} = 0,750$

$$0,750 \times \sin(r) = \sin(20^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(20^\circ)}{0,750} = 0,456$$

$$r = \text{invsin}(0,456) = \mathbf{27^\circ}$$

b  $n_{\text{water-lucht}} = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(r)} = 0,750$

$$0,750 \times \sin(r) = \sin(40^\circ) \Rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(40^\circ)}{0,750} = 0,857$$

$$r = \text{invsin}(0,857) = \mathbf{59^\circ}$$

c)  $n_{\text{water-lucht}} = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(60^\circ)}{\sin(r)} = 0,750$

$$0,750 \times \sin(r) = \sin(60^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(60^\circ)}{0,750} = 1,155$$

$$r = \text{invsin}(1,155) = \mathbf{\text{error}}$$

Hoek  $r$  kan niet bestaan, de sinus kan niet groter zijn dan 1,00. De lichtstraal kaatst terug.

### Opgave 22

---

*Gegeven:* Perspex,  $n = 1,49$

*Gevraagd:* grenshoek

*Oplossing:*  $\sin(g) = \frac{1}{n}$

$$\sin(g) = \frac{1}{1,49} = 0,671$$

$$g = \text{invsin}(0,671) = \mathbf{42,2^\circ}$$

### Opgave 23

---

*Gegeven:* Terpentin,  $g = 42,8^\circ$

*Gevraagd:*  $n$

*Oplossing:*  $\sin(g) = \frac{1}{n} \rightarrow n = 1/\sin(g)$

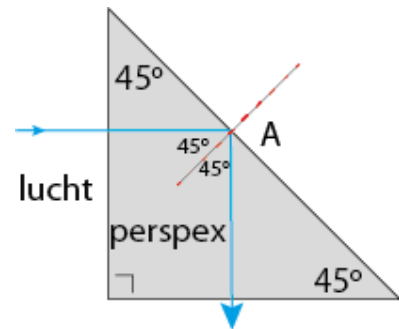
$$\sin(42,8^\circ) = \frac{1}{n_{\text{terp}}} \rightarrow n \times \sin(42,8^\circ) = 1$$

$$n = \frac{1}{\sin(42,8^\circ)} = \mathbf{1,47}$$

Opgave 24

Bij afbeelding

- a De hoek van inval bij A is **45°**
- b  $\sin(g) = \frac{1}{1,49} \rightarrow g = \mathbf{42,2^\circ}$
- c Volledige terugkaatsing in A doordat de hoek van inval (45°) groter is dan de grenshoek (42,2°).



Opgave 25

Wat verstaat men onder ... ?

- a *Dispersie* is kleurschifting bij breking van licht van meer dan één kleur.
- b Een *spectrum* is een reeks kleuren in volgorde van een regenboog.
- c Een gloeilamp heeft (net als ieder ander gloeiend voorwerp) een *continu spectrum*. Dat is een spectrum waarin er een gelijkmatige overgang is tussen alle kleuren.
- d Een *lijnspectrum* is een spectrum waarin slechts enkele kleuren (lijnen) scherp begrensd voorkomen.

Opgave 26

- a Brekingshoek voor rood licht, lucht-perspex  $i = 40,0^\circ$

$$n_{\text{perspex (rood)}} = 1,49$$

$$1,49 = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow 1,49 \times \sin(r) = \sin(40^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(40^\circ)}{1,49} = 0,431$$

$$r = \text{invsin}(0,431) = \mathbf{25,6^\circ}$$

- b Brekingshoek voor violet licht, lucht-perspex  $i = 40,0^\circ$

$$n_{\text{perspex (violet)}} = 1,50$$

$$1,50 \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow 1,50 \times \sin(r) = \sin(40^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(40^\circ)}{1,50} = 0,429$$

$$r = \text{invsin}(0,429) = \mathbf{25,4^\circ}$$

- c Gegeven: Witte lichtstraal lucht-zwaar flintglas  $i = 40,0^\circ$

Gevraagd: hoek tussen  $r_{\text{rood}}$  en  $r_{\text{violet}}$

Oplossing:

$$r_{\text{rood}} \rightarrow 1,88 = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow 1,88 \times \sin(r) = \sin(40^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(40^\circ)}{1,88} = 0,342$$

$$r = \text{invsin}(0,342) = 20,0^\circ$$

$$r_{\text{violet}} \rightarrow 1,94 = \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow 1,94 \times \sin(r) = \sin(40^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(40^\circ)}{1,94} = 0,331$$

$$r = \text{invsin}(0,331) = 19,3^\circ$$

De hoek hiertussen is dan  $20,0 - 19,3 = 0,7^\circ$

---

### Opgave 27

---

- a Het dispergerend vermogen van een stof is de mate waarin verschillende kleuren licht (golflengtes) licht worden gebroken in een deze stof. Het dispergerend vermogen kun je uitdrukken in het verschil in brekingsindex voor verschillende kleuren.
- b Zeer zwaar flintglas:  $n_{\text{rood}}: 1,88$  en  $n_{\text{violet}}: 1,94 \rightarrow \Delta n = 0,06$   
Polystyreen:  $n_{\text{rood}}: 1,58$  en  $n_{\text{violet}}: 1,62 \rightarrow \Delta n = 0,04$
- c Het verschil tussen de brekingsindices is het grootst bij *zeer zwaar flintglas*. Deze scheidt dus de verschillende golflengtes het best.

---

### Opgave 28

---

*Gegeven:* Perspex, overgang water-perspex,  $i = 60^\circ$

*Gevraagd:*  $r$

*Oplossing:*

$$n_{1,2} = \frac{n_2}{n_1} \quad n_{\text{perspex}} = 1,49 \quad n_{\text{water}} = 1,333$$

$$n_{\text{water,perspex}} = \frac{n_{\text{perspex}}}{n_{\text{water}}} = \frac{1,49}{1,333} = 1,12$$

$$1,12 = \frac{\sin(60^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow 1,12 \times \sin(r) = \sin(60^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(60^\circ)}{1,12} = 0,773$$

$$r = \text{invsin}(0,773) = 51^\circ$$

---

### Opgave 29

---

*Gegeven:* Overgang lucht-stof X,  $i = 45^\circ$ ,  $g = 42^\circ$

*Gevraagd:*  $n$

*Oplossing:*  $\sin(g) = \frac{1}{n} \rightarrow n = 1/\sin(g)$

$$n = \frac{1}{\sin(42^\circ)} = 1,49$$

$$1,49 = \frac{\sin(45^\circ)}{\sin(r)} \rightarrow 1,49 \times \sin(r) = \sin(45^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{\sin(45^\circ)}{1,49} = 0,475$$



Uitwerkingen van de opgaven uit:

$$r = \text{invsin}(0,475) = 28^\circ$$

---

### Opgave 30

---

*Gegeven:* Overgang perspex- lucht,  $i = 50^\circ$

*Gevraagd:* Verder verloop lichtstraal

*Oplossing:*

De overgang is van optisch dicht (perspex) naar optisch minder dicht (lucht), de invalshoek ( $50^\circ$ ) is groter dan de grenshoek ( $42^\circ$ ). De lichtstraal wordt dus teruggekaatsd met  $r = 50^\circ$ .

---

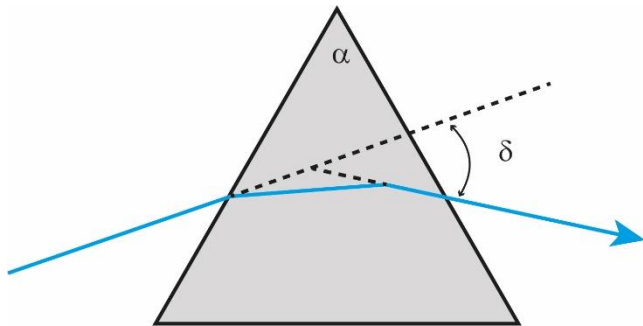
### Opgave 31

---

Gelijkbenig prisma met gebroken lichtstraal.

Waarvan hangt de grootte van hoek  $\delta$  af?

- 1 Brekingsindex van het materiaal, dit spreekt vanzelf.
- 2 De hoek van inval, ook logisch.
- 3 De tophoek  $\alpha$ . Ook wel te begrijpen: Bij een kleine tophoek is de breking op de twee vlakken kleiner, is de tophoek bijna  $0^\circ$ , dan lopen de vlakken bijna parallel.

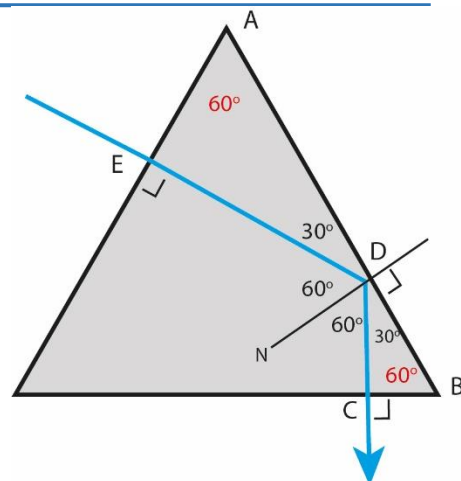


---

### Opgave 32

---

- Loodrecht invallende straal.
- In  $\triangle ADE$  hoeken van  $60 + 30 + 90 = 180^\circ$ .
- Hoek van inval bij D is dan  $60^\circ$ , terugkaatsingshoek ook.
- In driehoek DBC hebben we dan weer hoeken van  $60 + 30 + 90 = 180^\circ$
- Lichtstraal treedt weer loodrecht uit.



---

### Opgave 33

---

Rood licht in gewoon glas ( $n = 1,51$ ) heeft een grenshoek van:

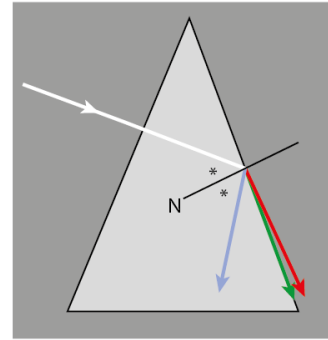
$$g_{\text{rood}}: \text{invsin}(1/1,51) = 41,5^\circ$$

Violet licht ( $n = 1,52$ ) heeft een grenshoek van:

Uitwerkingen van de opgaven uit:

$$g_{\text{violet}}: \text{inv} \sin(1/1,52) = 41,1^\circ$$

Volledige terugkaatsing treedt bij violet dus iets eerder op dan bij rood.



---

### Opgave 34

---

*Gegeven:* Verticale spiegel.

Persoon van 170 cm staat er recht voor.

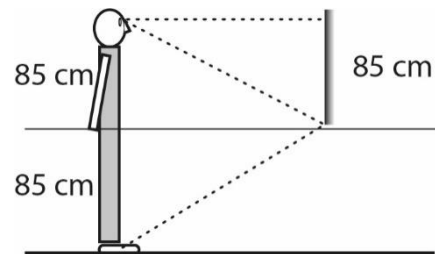
*Gevraagd:* Minimale lengte spiegel en ophanghoogte.

*Oplossing:*

De persoon moet rechthoekig zijn hoofd zien en omlaag kijkend zijn voeten.

De *normaal* op de spiegel moet dan halverwege zijn lichaam liggen, dus op 85 cm.

De spiegel moet dan tenminste 85 cm lang zijn én op 85 cm hoogte hangen.



---

### Opgave 35

---

De lenzenformule:

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

$f$  = brandpuntsafstand

$v$  = voorwerpsafstand

$b$  = beeldafstand

---

### Opgave 36

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $f = 15$  cm,  $v = 20$  cm

*Gevraagd:* a)  $b$  b) virtueel of reëel?

*Oplossing:*

$$\text{a} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{15} = \frac{1}{20} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20}$$

$$\text{Pak je rekenmachine of doe het zelf: } \frac{1}{b} = \frac{4}{60} - \frac{3}{60} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{60} \rightarrow \mathbf{b = 60 \text{ cm}}$$

b)  $b$  is positief dus het is een **reëel** beeld.

---

### Opgave 37

---

Uitwerkingen van de opgaven uit:

*Gegeven:* Holle spiegel,  $f = 8,0$  cm,  $v = 5,0$  cm

*Gevraagd:*  $b$ ; virtueel of reëel?

*Oplossing:*

$$a \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{8,0} = \frac{1}{5,0} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{8,0} - \frac{1}{5,0}$$

$$\text{Doe het zelf: } \frac{1}{b} = \frac{5}{40} - \frac{8}{40} \rightarrow \frac{1}{b} = -\frac{3}{40} \rightarrow \mathbf{b = -13 \text{ cm}}$$

b Beeldafstand is negatief dus het beeld is **virtueel**.

---

### Opgave 38

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $R = 10,0$  cm,  $v = 20,0$  cm

*Gevraagd:*  $f$ ; virtueel of reëel?

*Oplossing:*

$$a \quad f = \frac{1}{2} \cdot R \rightarrow f = \frac{1}{2} \times 10,0 = \mathbf{5,0 \text{ cm}}$$

$$b \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{5,0} = \frac{1}{20} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{5,0} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{4}{20} - \frac{1}{20} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{20} \rightarrow \mathbf{b = 6,7 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 39

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $v = 9,0$  cm,  $b = 18,0$  cm

*Gevraagd:*  $f$

*Oplossing:*

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{9,0} + \frac{1}{18,0} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{18} + \frac{1}{18} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{18} \rightarrow \mathbf{b = 6,0 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 40

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $v = b$

*Gevraagd:*  $v$

*Oplossing:*

Voorwerpsafstand en beeldafstand zijn even groot. In de lenzenformule mag je dan voor  $b$  ook  $v$  invullen (substitueren).

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{v} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{v} \quad \text{hieruit volgt: } \mathbf{v = 2 \times f}$$

---

### Opgave 41

---

*Gegeven:* Holle spiegel, grootte voorwerp ( $LL'$ ) = 1,6 cm, vergroting 3,0 ×

*Gevraagd:* Grootte beeld ( $BB'$ ).

*Oplossing:*

$$N = \frac{BB'}{LL'} \rightarrow BB' = N \cdot LL' \rightarrow BB' = 3,0 \times 1,6 = \mathbf{4,8 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 42

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $f = 20 \text{ cm}$ ,  $v = 12 \text{ cm}$

*Gevraagd:* Vergroting

*Oplossing:*

$$N = \frac{BB'}{LL'} = \frac{b}{v}$$

Dus we berekenen eerst  $b$  met de lenzenformule:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{20} = \frac{1}{12} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{20} - \frac{1}{12} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{60} - \frac{5}{60}$$

$$b = -30 \text{ cm en dus } N = \frac{b}{v} = \left| \frac{-30}{12} \right| = \mathbf{2,5 \times}$$

---

### Opgave 43

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $f = 5,0 \text{ cm}$ ,  $v = 8,0 \text{ cm}$ ,  $LL' = 2,0 \text{ cm}$

*Gevraagd:* Vergroting,  $BB'$

*Oplossing:*  $N = \frac{BB'}{LL'} = \frac{b}{v}$

a We berekenen eerst  $b$  met de lenzenformule:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{5,0} = \frac{1}{8,0} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{5,0} - \frac{1}{8,0} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{8}{40} - \frac{5}{40}$$

$$b = 13,3 \text{ cm en dus } N = \frac{b}{v} = \left| \frac{13,3}{8,0} \right| = \mathbf{1,7 \times}$$

b  $BB' = N \times 2,0 \text{ cm} = 1,7 \times 2,0 \text{ cm} = \mathbf{3,3 \text{ cm}}$

---

### Opgave 44

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $v = 15 \text{ cm}$ ,  $N = 2 \times$

*Gevraagd:*  $b$  en  $f$

*Oplossing:*

a We berekenen eerst  $b$  uit de vergroting:  $N = \frac{b}{v} \rightarrow 2 = \frac{b}{15} \rightarrow b = 2 \times 15 = \mathbf{30 \text{ cm}}$

b Vervolgens  $f$  met de lenzenformule:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} \quad \frac{1}{f} = \frac{2}{30} + \frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{3}{30} \rightarrow \mathbf{f = 10 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 45

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $b = 20$  cm,  $N = 5 \times$

*Gevraagd:*  $v$  en  $f$

*Oplossing:*

a We berekenen eerst  $v$  uit de vergroting:  $N = \frac{b}{v} \rightarrow 5 = \frac{20}{v} \rightarrow v = 20 / 5 = \mathbf{4,0}$  cm

b Vervolgens  $f$  met de lenzenformule:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{4,0} + \frac{1}{20} \quad \frac{1}{f} = \frac{5}{20} + \frac{1}{20} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{6}{20} \rightarrow \mathbf{f = 3,3}$$
 cm

---

### Opgave 46

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $f = 15$  cm,  $N = 3,0 \times$

*Gevraagd:*  $v$

*Oplossing:*

Uit de vergroting volgt:  $N = \frac{b}{v} \rightarrow 3,0 = \frac{b}{v} \rightarrow b = 3,0 \times v$

We berekenen  $v$  met de lenzenformule:

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{v} + \frac{1}{3v} \rightarrow \frac{1}{15} = \frac{3}{3v} + \frac{1}{3v} \quad \frac{1}{15} = \frac{4}{3v} \rightarrow 3,0 \times v = 4 \times 15 \rightarrow \mathbf{v = 20}$$
 cm

---

### Opgave 47

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $v = 40$  cm, beeld staat 160 vanaf het voorwerp

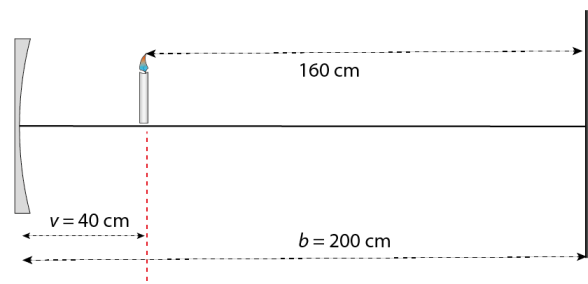
*Gevraagd:*  $f$

*Oplossing:*

Bedenk dat de spiegel niet tussen het voorwerp en de afbeelding in kan staan. Het is een reëel beeld. De voorwerpsafstand wordt dus 40 cm en de beeldafstand 200 cm.

We berekenen  $f$  met de lenzenformule:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{200} + \frac{1}{40} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{200} + \frac{5}{200} \quad \frac{1}{f} = \frac{6}{200} \rightarrow \mathbf{f = 200 / 6 = 33}$$
 cm



---

### Opgave 48

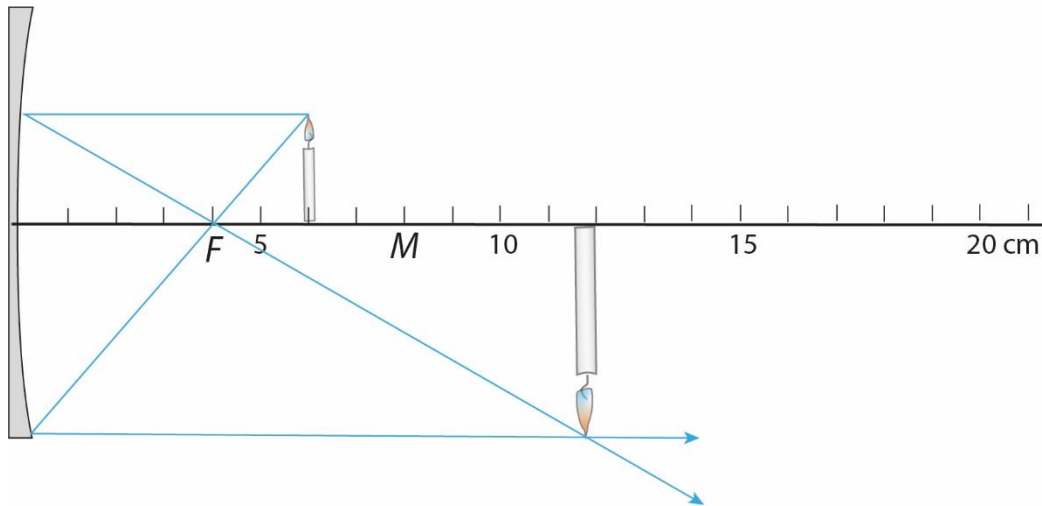
---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $v = 6,0$  cm,  $f = 4,0$  cm

*Gevraagd:*  $b$  Berekend en geconstrueerd

*Oplissing:*

a Constructie:



b Berekening:

$$\frac{1}{4,0} = \frac{1}{6,0} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{12} - \frac{2}{12} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{12} \rightarrow b = 12 \text{ cm}$$

Klopt bijna, maar als je het zelf doet op ruitjespapier ... Klopt het natuurlijk beter.

---

### Opgave 49

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $v = 2,5 \text{ cm}$ ,  $f = 4,0 \text{ cm}$

*Gevraagd:*  $b$  Berekend en geconstrueerd

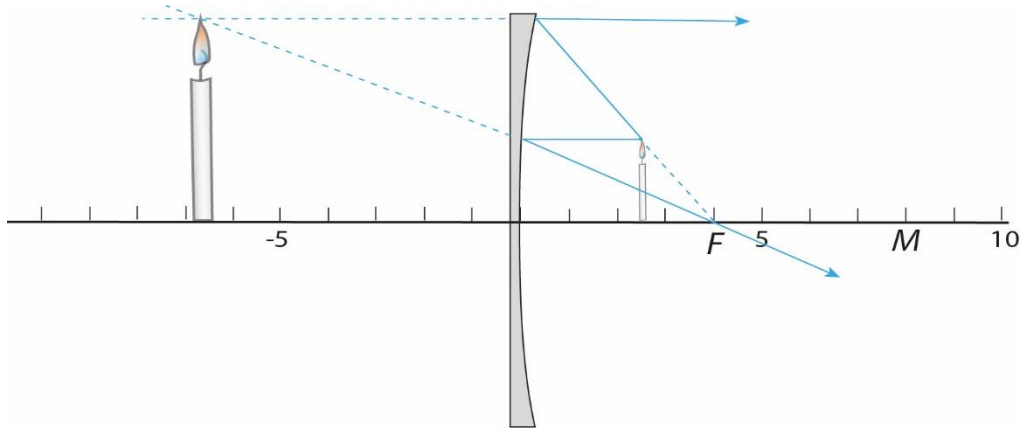
*Oplissing:*

a Constructie zie onderstaand.

b Berekening:

$$\frac{1}{4,0} = \frac{1}{2,5} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{4,0} - \frac{1}{2,5} \quad \frac{1}{b} = \frac{5}{20} - \frac{8}{20} \rightarrow b = -20 / 3 = -6,7 \text{ cm}$$

Klopt met de constructie een virtueel vergoot beeld.



---

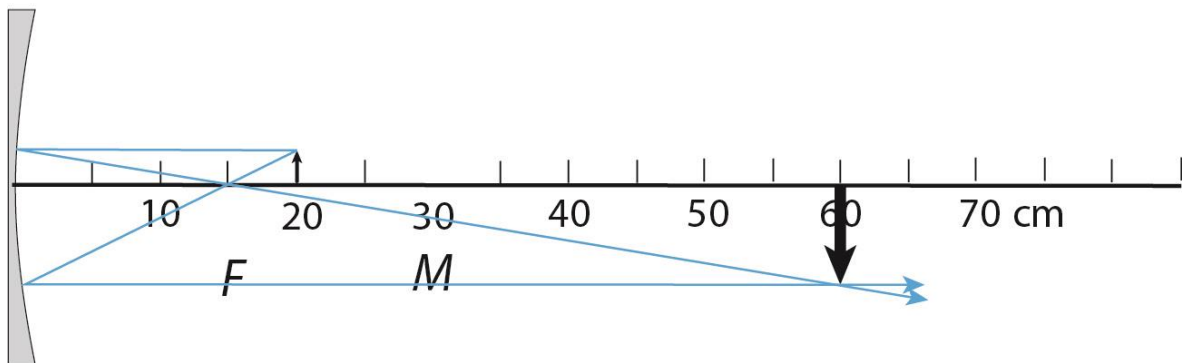
Opgave 50

---

*Gegeven:* Holle spiegel,  $f = 1,50$  cm,  $v = 20,0$  cm

*Gevraagd:* Beeldconstructie

*Oplossing:*



---

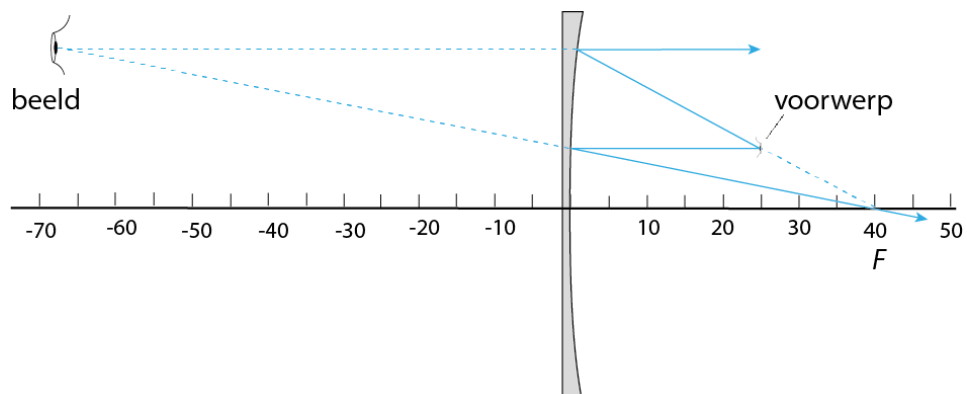
Opgave 51

---

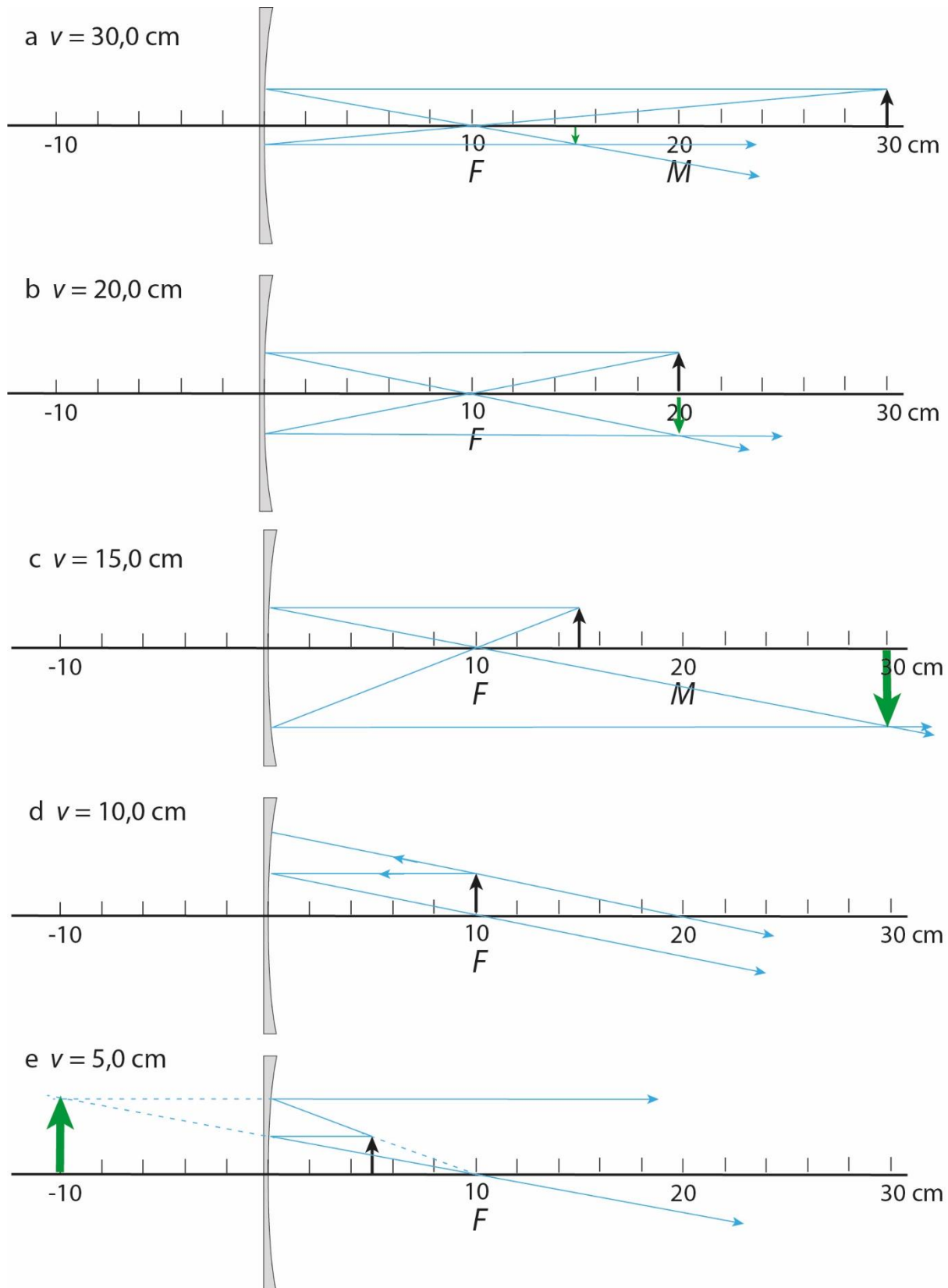
*Gegeven:* Scheerspiegel,  $f = 40$  cm,  $v = 25$  cm;

*Gevraagd:* Beeldconstructie

*Oplossing:* We gaan uit van een voorwerpspunt van het oog.



Opgave 52



Berekening b.

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



a  $v = 30,0 \text{ cm}$       $\frac{1}{b} = \frac{1}{10,0} - \frac{1}{30,0} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{30,0} - \frac{1}{30,0} \rightarrow b = 30,0 / 2 = \mathbf{15,0 \text{ cm}}$

b  $v = 20,0 \text{ cm}$       $\frac{1}{b} = \frac{1}{10,0} - \frac{1}{20,0} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{2}{20,0} - \frac{1}{30,0} \rightarrow b = 20,0 / 1 = \mathbf{20,0 \text{ cm}}$

c  $v = 15,0 \text{ cm}$       $\frac{1}{b} = \frac{1}{10,0} - \frac{1}{15,0} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{30,0} - \frac{2}{30,0} \rightarrow b = 30,0 / 1 = \mathbf{30,0 \text{ cm}}$

d  $v = 10,0 \text{ cm}$       $\frac{1}{b} = \frac{1}{10,0} - \frac{1}{10,0} \rightarrow \frac{1}{b} = 0 \rightarrow b = \rightarrow \infty$

e  $v = 5,0 \text{ cm}$       $\frac{1}{b} = \frac{1}{10,0} - \frac{1}{5,0} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{10,0} - \frac{2}{10,0} \rightarrow b = -10,0 / 1 = \mathbf{-10,0 \text{ cm}}$

---

### Opgave 53

---

Waar moet een voorwerp staan (hoe groot is  $v$ )?

- a reëel beeld  $\rightarrow f < v < \infty$
- b virtueel beeld  $\rightarrow 0 < v < f$
- c vergoot beeld  $\rightarrow f < v < 2f$
- d verkleind reëel beeld  $\rightarrow 2f < v < \infty$
- e omgekeerd beeld  $\rightarrow f < v < \infty$
- f rechtopstaand beeld  $\rightarrow 0 < v < f$

---

### Opgave 54

---

*Gegeven:* Bolle spiegel,  $R = 20 \text{ cm}$

*Gevraagd:*  $f$

*Oplossing:*  $R = 2f \rightarrow f = 20 / 2 = 10 \text{ cm}$

Omdat het een **bolle** spiegel is heeft deze een negatieve brandpuntsafstand:  $f = -10 \text{ cm}$

---

### Opgave 55

---

*Gegeven:* Bolle spiegel,  $f = -25,0 \text{ cm}$ ,  $v = 20,0 \text{ cm}$

*Gevraagd:*  $b$

*Oplossing:*  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$

$$\frac{1}{-25,0} = \frac{1}{20,0} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{-25,0} - \frac{1}{20,0} \rightarrow \frac{1}{b} = \frac{4}{-100} - \frac{5}{100} \rightarrow \frac{1}{b} = -\frac{9}{100}$$

$$b = -100 / 9 = \mathbf{-11,1 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 56

---

Uitwerkingen van de opgaven uit:

*Gegeven:* Bolle spiegel,  $b = -10,0$  cm,  $v = 30,0$  cm

*Gevraagd:*  $R$

*Oplossing:*  $R = 2f$  en  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{30,0} + \frac{1}{-10,0} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{30,0} - \frac{3}{30,0} \rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{2}{30,0} \rightarrow f = -15,0 \text{ cm}$$

$$R = 2 \times -15,0 = -15,0 \text{ cm} \rightarrow R = \mathbf{15,0 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 57

---

*Gegeven:* Bolle spiegel,  $R = 40,0$  cm,  $b = -15,0$  cm

*Gevraagd:*  $v$

*Oplossing:*  $R = 2f$  en  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b}$

$f = R/2 \rightarrow f = 40,0/2 = 20,0$  cm bolle spiegel dus  $f$  negatief:  $f = -20,0$  cm

$$\frac{1}{-20,0} = \frac{1}{v} + \frac{1}{-15,0} \rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{-20,0} + \frac{1}{15,0} \rightarrow \frac{1}{v} = \frac{3}{-60,0} + \frac{4}{60,0} \frac{1}{v} = \frac{1}{60,0} \rightarrow v = \mathbf{60,0 \text{ cm}}$$

---

### Opgave 58

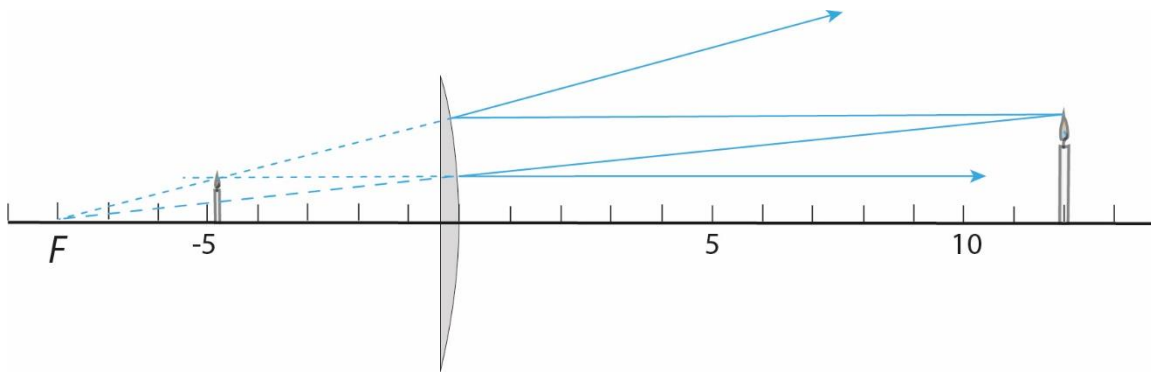
---

*Gegeven:* Bolle spiegel,  $R = 16$  cm,  $v = 12,0$  cm,  $LL' = 2,0$  cm

*Gevraagd:* constructie,  $b$ , gemeten en berekend

*Oplossing:*  $R = 2f \rightarrow f = 16/2 = 8,0$  cm  $\rightarrow f = -8,0$  cm

a constructie:



b Uit de figuur:  $b = -4,8$  cm (orde van grootte).

c Berekende waarde:

$$\frac{1}{-8,0} = \frac{1}{12} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{b} = -\frac{1}{8,0} - \frac{1}{12} \rightarrow \frac{1}{b} = -\frac{3}{24} - \frac{2}{24} \rightarrow b = -24/5 = \mathbf{-4,8 \text{ cm}}$$

Opgave 59

**Gegeven:** Bolle spiegel,  $f = -15$  cm, virtueel beeld  $3,0 \times$  verkleind,  $b = 10$  cm

**Gevraagd:**  $v$

**Oplossing:**  $N = \left| \frac{b}{v} \right| = \left| \frac{1}{3} \right|$

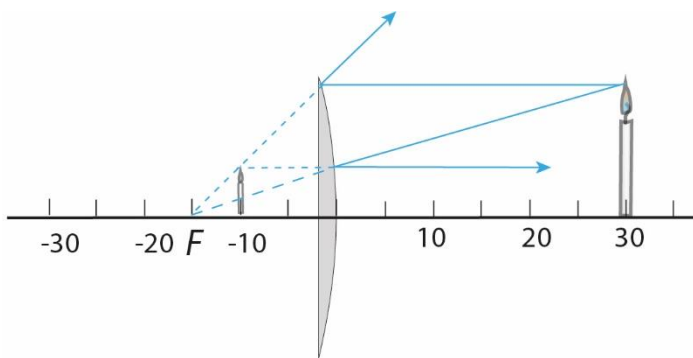
Dit is de absolute waarde, maar  $b/v$  kan dus **+ of - 1/3** zijn.

$v = b / (1/3) = 3 \times b \rightarrow v = 3 \times -10 = -30$  cm

$v = b / (-1/3) = -3 \times b \rightarrow v = -3 \times -10 = 30$  cm

Uit onderstaande schets blijkt wel dat bij een virtueel beeld een reëel voorwerp nodig is.

Dus het reële antwoord is: **30 cm**



Opgave 60

**Gegeven:** Planparallele glasplaat (vlakke glasruit) 2,0 cm dik,  $n = 1,50$ ,  $i_1 = 50^\circ$

**Gevraagd:** a  $r_1$ , b bewijs dat  $\alpha = i_1 - r_1$ , bereken AC, d bereken AD

**Oplossing:**

a  $n = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{\sin(50^\circ)}{\sin(r)} = 1,50$

$1,50 \times \sin(r) = \sin(50^\circ) \rightarrow \sin(r) = \frac{0,766}{1,50} = 0,511$

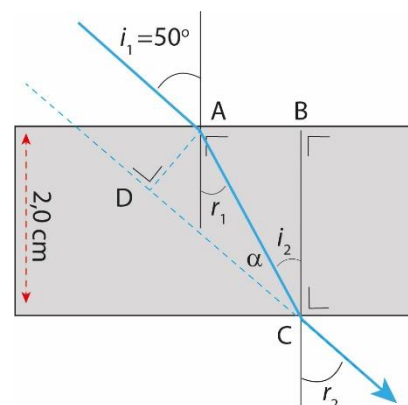
$r_1 = \text{invsin}(0,511) = 30,7^\circ \rightarrow \mathbf{31^\circ}$

b  $\angle BCD = i_1 - i_2 \rightarrow \alpha = i_1 - i_2$

$i_2 = r_1 \rightarrow \alpha = i_1 - r_1 \rightarrow \alpha = 50^\circ - 30,7^\circ = \mathbf{19,3^\circ}$

c  $\cos(i_2) = BC / AC \rightarrow AC = BC \times \cos(i_2) \rightarrow AC = 2,0 \times \cos(30,7^\circ) = 2,33$  cm  $\rightarrow \mathbf{2,3}$  cm

d  $AD = AC \times \sin(\alpha) \rightarrow AD = 2,33 \times \sin(19,3^\circ) = \mathbf{0,77}$  cm



---

### Opgave 61

---

Sferische aberratie is de afwijking die ontstaat als een holle of bolle spiegel een bolsegment is. De teruggekaatste stralen van een voorwerpspunt vormen dan niet exact één beeldpunt. Hoe verder de stralen van de (hoofdas) liggen des te groter is deze 'fout'.

---

---

### Opgave 62

---

Een parabolische spiegel wijkt af van de bolvorm zodat de teruggekaatste stralen van één voorwerpspunt, beter in één beeldpunt samenkomen.

Voordelen zijn:

- betere afbeeldingen, scherper, gedetailleerder, bijvoorbeeld telescopen,
  - grotere opening mogelijk dus meer lichtopbrengst.
- 

---

### Opgave 63

---

- a De lichtstralen komen vanuit de vloeistof in het werkprisma. Er zijn stralen die onder alle hoeken uittreden maar niet met hoeken groter dan de grenshoek. De licht-donker verdeling wordt met een lens afgebeeld.
- b Doordat de brekingsindex niet voor elke kleur precies hetzelfde is ontstaat er een rand met een smal kleurenspectrum. Dit heet 'dispersie'.
- 

---

### Opgave 64

---

Het *dispergerend vermogen* is gedefinieerd als:  $\sigma = n_{\text{blauw}} - n_{\text{rood}}$

---

---

### Opgave 65

---

De compensator corrigeert voor de dispersie (kleurschifting) in het beeld.

---

---

### Opgave 66

---

$$\sigma = n_{\text{blauw}} - n_{\text{rood}}$$

We vinden in Binas:

a	perspex	$n_{\text{blauw}}: 1,50$	$n_{\text{rood}}: 1,49$	$\sigma = \mathbf{0,01}$
b	zeer zwaar flintglas:	$n_{\text{blauw}}: 1,92$	$n_{\text{rood}}: 1,88$	$\sigma = \mathbf{0,04}$
c	water:	$n_{\text{blauw}}: 1,333$	$n_{\text{rood}}: 1,330$	$\sigma = \mathbf{0,003}$