

Uitgewerkte Oefeningen

December 2018

Dit document bevat oplossingen van oefeningen op licht. Sommige oefeningen zijn gelijk of gelijkaardig aan de oefeningen van de toets. Bij de opmerkingen staat uitleg over veel voorkomende fouten op de toets.

Bij de toetsen moet je steeds werken met *Gegeven*, *Gevraagd* en *Oplossing*. Gebruik overal de juiste eenheden. Als je weet wat de eenheid is van het gevraagde heb je al de helft van de oplossing. Schrijf steeds de formules, herwerk die formules en vul pas als laatste stap alle gegevens in. Zo vermijd je veel rekenwerk, overschrijffouten en afrondingsfouten.

Opgelet, dit kersvers document is niet vrij van typfouten! Je mag fouten door-mailen naar lieven.vanholme@gmail.com

Contents

1	Terugkaatsing	2
1.1	Driedubbele terugkaatsing	2
1.2	Lichtbundel door opening	3
1.3	Kaars in gezichtsveld	4
1.4	Letter F in spiegelbeeld	5
1.5	Test jezelf	6
2	Breking	7
2.1	Brekingshoek ijl naar dicht	7
2.2	Glasplaat op water	8
2.3	Grenshoek diamant	9
2.4	Brekingshoek dicht naar ijl	10
3	Lenzen	11
3.1	Voorwerp tussen brandpunt en lens	11
3.2	Lamp en Scherm	12
3.3	Virtueel beeld	13
3.4	Vergroot-Verkleind	14
3.5	Lieveheersbeestje	15

1 Terugkaatsing

1.1 Driedubbele terugkaatsing

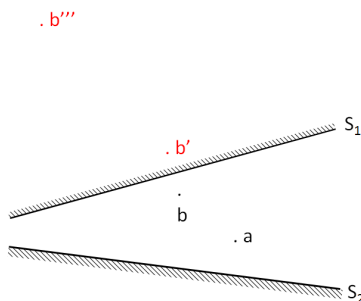
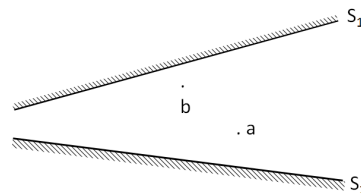
(uit *Cursus p.20 Oef 12*)

Gegeven - Gevraagd

twee spiegels S_1 en S_2 . Construeer een lichtstraal die uit b vertrekt en in a aankomt na driedubbele terugkaatsing.

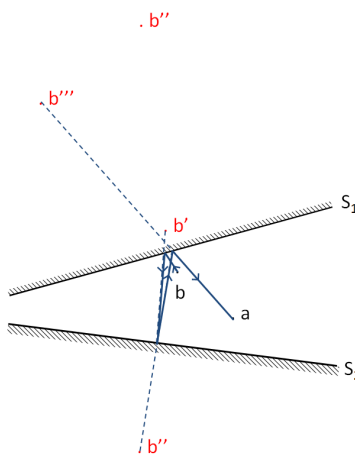
Stap 1

a ziet dus het beeld van het beeld van het beeld van b . (dat krijg je na drie weerkaatsingen) a kan dat beeld zien in spiegel S_2 , of in spiegel S_1 . **Er zijn dus meerdere oplossingen.** We werken één oplossing uit, en construeren het beeld van b in spiegel S_1 : b' . Van dit spiegelbeeld construeren we een beeld b'' in spiegel S_2 . Tenslotte tekenen we spiegelbeeld b''' aan spiegel S_1 .



Stap 2

Nu moeten we nog de juiste stralengang tekenen. Punt a ziet b''' . Vanuit het virtueel punt b''' vertrekt aan de spiegel een straal naar a . Deze straal komt uit het virtuele beeldpunt b'' , die op haar beurt komt uit beeldpunt b' , die tenslotte uit het reële voorwerp b komt.



Stap 3

Ter controle kunnen we nagaan of bij elke reflectie de invalshoek gelijk is aan de terugkaatsingshoek (door de normaal in elk invalspunt te tekenen).

1.2 Lichtbundel door opening

(uit *Cursus p.21 Oef 15*)

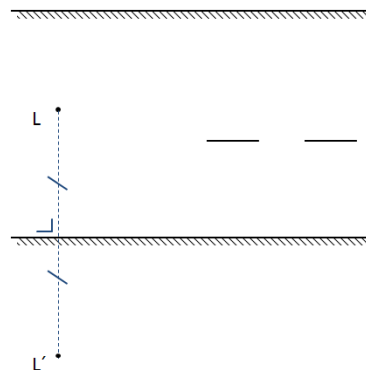
Gegeven - Gevraagd

Construeer de divergerende lichtbundel die vanuit de bron L vertrekt en net doorheen de brede opening gaat.



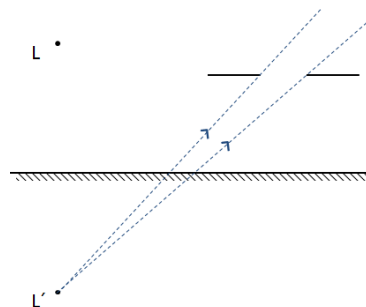
Stap 1

De lichtbundel moet op de spiegel weerkaatsen. De stralen door de opening komen dus van het spiegelbeeld van bron L.



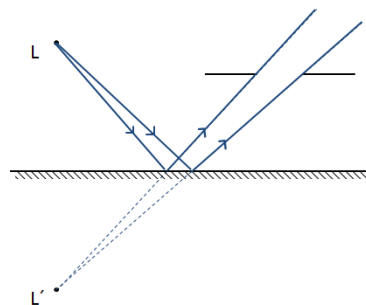
Stap 2

De lichtstralen die door de opening gaan komen van het 'virtuele' spiegelbeeld



Stap 3

De echte lichtstralen komen van de lichtbron en kaatsen op de spiegel. Onthoud: stippelijntjes voor virtuele lichtstralen, volle lijnen voor echte lichtstralen en pijltjes op de stralen!



1.3 Kaars in gezichtsveld

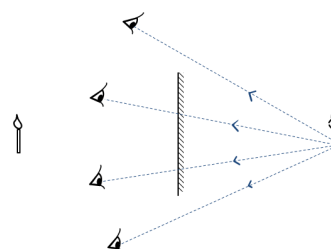
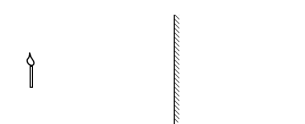
(uit *Cursus p.21 Oef 16*)

Gegeven - Gevraagd

Een kaars staat voor een vlakke spiegel. Construeer het beeld. Arceer het gebied in het teruggekaatste licht, waar het oog zich moet bevinden om het beeld te zien.

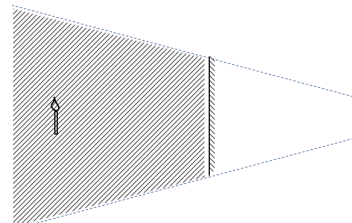
Stap 1

Construeer het spiegelbeeld (i.e. symmetrisch t.o.v. de spiegel). Enkel waarnemers die het 'virtuele' beeld zien in de spiegel zien de reële teruggekaatste lichtstraal. De onderste en bovenste waarnemer zien het beeld niet.



Stap 2

We zoeken de twee plaatsen waar de waarnemer nog net het spiegelbeeld kan zien (bovenste stippellijn, onderste stippellijn). Tussen deze twee lijnen moet het oog zich bevinden. Voor die waarnemers bevindt de kaars zich in het gezichtsveld van de spiegel.

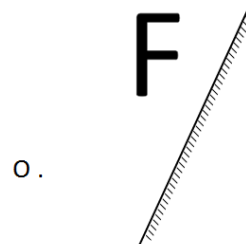


1.4 Letter F in spiegelbeeld

(uit *Cursus p.22 Oef 19*)

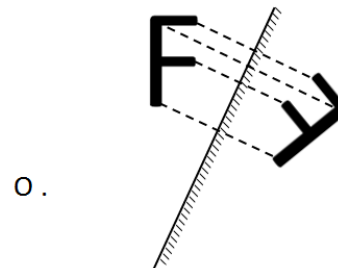
Gegeven - Gevraagd

Teken het spiegelbeeld van de gegeven voorwerpen. teken de lichtstralen die ervoor zorgen dat het spiegelbeeld door het aangeduide oog kan worden waargenomen.



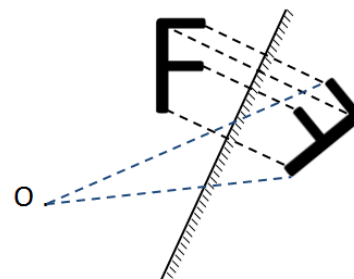
Stap 1

Construeer het spiegelbeeld (i.e. symmetrisch t.o.v. de spiegel) door enkele punten van het voorwerp te spiegelen.



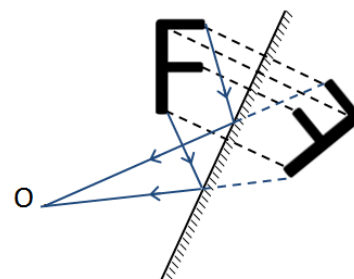
Stap 2

Zoek de twee uiterste punten van het spiegelbeeld die het oog kan zien.



Stap 3

Deze lichtstralen komen uiteraard uit het voorwerp, en worden via de spiegel weerkaatst naar het oog.



1.5 Test jezelf

1 Wanneer ontstaat regelmatige terugkaatsing?

Regelmatige terugkaatsing ontstaat aan een glad oppervlak. Een evenwijdige bundel wordt dan in één richting teruggekaatst.

2 Wanneer ontstaat diffuse terugkaatsing?

Diffuse terugkaatsing ontstaat aan een onregelmatig oppervlak. Een evenwijdige bundel wordt dan in alle richtingen teruggekaatst.

3 Geef de definitie en het symbool van

- Invalshoek

\hat{i} : hoek die invalt tussen de invallende en de normaal.

- Invallende lichtstraal

De straal die invalt op de spiegel.

- Invalspunt

I: het punt van de spiegel waar de straal invalt.

- Normaal

n: de loodlijn op de spiegel in het invalspunt

4 Formuleer de terugkaatsingswetten.

- De invallende straal, normaal en teruggekaatste straal liggen in een vlak.
- De terugkaatsingshoek is gelijk aan de invalshoek
- De stralengang is omkeerbaar.

5 Wat betekent 'de stralengang is omkeerbaar'?

Als we 'bron' en 'waarnemer' van plaats verwisselen zal het licht hetzelfde pad volgen maar in omgekeerde richting (het pijltje oop de straal wordt omgekeerd), en zal de waarnemer de bron zien.

6 Geef de kenmerken van het beeld van een reëel voorwerp bij een vlakke spiegel.

G: Grootte : even groot

L: Ligging : symmetrisch achter de spiegel

A: Aard : virtueel

S: Stand : rechtop

7 Geef de definitie van gezichtsveld bij een vlakke spiegel.

Het gezichtsveld is het gedeelte van de omgeving dat je in de spiegel kan zien.

2 Breking

2.1 Brekingshoek ijl naar dicht

(uit *Cursus p.29 Oef 12*) Een lichtstraal valt in op het scheidingsoppervlak tussen lucht en diamant met een invalshoek van 13° in lucht. Bereken de brekingshoek

Geg

\hat{i} ; 13°

lichtsnelheid in lucht: $v_l = 299,709 \cdot 10^3 \frac{km}{s}$

lichtsnelheid in diamant: $v_d = 139,5 \cdot 10^3 \frac{km}{s}$

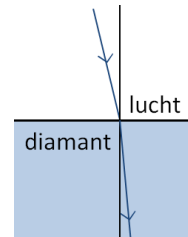
Gevr

Brekingshoek: \hat{r} ?

Oplossing

Met de brekingswet van Snellius;

$$\begin{aligned}\frac{\sin i}{\sin r} &= \frac{v_l}{v_d} \\ \Updownarrow \\ \sin i \cdot \frac{v_d}{v_l} &= \sin r \\ \Updownarrow \\ \sin r &= \sin 13^\circ \frac{139,5 \cdot 10^3 \frac{km}{s}}{299,709 \cdot 10^3 \frac{km}{s}} \\ &= 0,1047 \\ \Updownarrow \\ r &= \sin^{-1}(0,1047) = 6,0101 = 6^\circ 0' 36''\end{aligned}$$



De brekingshoek is 6 graden. Controle: de hoek is kleiner dan de invalshoek; dat kan kloppen want het licht gaat van een optisch ijl naar een optisch dicht medium.

2.2 Glasplaat op water

(studie oefening)

Een glazen plaat ligt op het water. Een lichtstraal, invalshoek 80° , schijnt via lucht, door het glas in het water. Wat is de brekingshoek in het water? Maak een tekening. Zou de brekingshoek anders zijn als er geen glazen plaat aanwezig is?

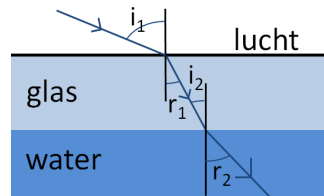
Geg

$$\hat{i} = 80^\circ$$

$$\text{lichtsnelheid in lucht: } v_l = 300 \cdot 10^3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\text{lichtsnelheid in glas: } v_{gl} = 170 \cdot 10^3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\text{lichtsnelheid in water: } v_w = 225 \cdot 10^3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$



Gevr

hoek: \hat{r}_2 ?

Oplossing

Het licht valt via lucht in glas, de brekingshoek in glas is:

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{v_l}{v_{gl}} \Leftrightarrow \sin r_1 = \sin i_1 \cdot \frac{v_{gl}}{v_l} = \sin(80^\circ) \frac{170}{300} = 0,558 \Leftrightarrow r_1 = 34^\circ$$

Deze brekingshoek is even groot als de invalshoek van glas naar water, $\hat{r}_1 = \hat{i}_2$

$$\frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{v_{gl}}{v_w} \Leftrightarrow \sin r_2 = \sin i_2 \cdot \frac{v_w}{v_{gl}} = \sin(34^\circ) \frac{225}{170} = 0,74 \Leftrightarrow r_2 = 47,7^\circ$$

dus het licht gaat onder een hoek van 48° door het water.

En als er geen glasplaat op het water ligt?

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_l}{v_w} \Leftrightarrow \sin r = \sin i \cdot \frac{v_w}{v_l} = \sin(80^\circ) \frac{225}{300} = 0,74 \Leftrightarrow r = 47,7^\circ$$

Hé net hetzelfde. Natuurlijk want als we $\sin(i_2)$ uit de tweede vergelijking vervangen door $\sin(r_1)$ uit de eerste vergelijking:

$$\sin r_2 = \sin i_2 \cdot \frac{v_w}{v_{gl}} = \sin i_1 \cdot \frac{v_{gl}}{v_l} \cdot \frac{v_w}{v_{gl}} = \sin i_1 \cdot \frac{v_w}{v_l}$$

kunnen we de snelheid van glas schrappen en komen we de derde vergelijking uit. Alle moeite voor niets dus.

2.3 Grenshoek diamant

(cursus p. 28 oef 19)

Bereken de grenshoek van diamant

Geg

lichtsnelheid in lucht: $v_l = 300 \cdot 10^3 \frac{km}{s}$

lichtsnelheid in diamant: $v_d = 124 \cdot 10^3 \frac{km}{s}$

Gevr

De grenshoek: \hat{g}

Opl

De grenshoek is die hoek in de optisch dichte stof die zorgt voor een brekingshoek van 90° in de optisch ijle stof. We zoeken dus de invalshoek, waarbij de brekingshoek 90° is.

$$\begin{aligned}\frac{\sin(\hat{g})}{\sin(90^\circ)} &= \frac{v_d}{v_l} \\ \Downarrow \\ \sin(\hat{g}) &= \frac{v_d}{v_l} \\ \Downarrow \\ \hat{g} &= \sin^{-1}\left(\frac{v_d}{v_l}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{124}{300}\right) = 24,4^\circ\end{aligned}$$

Opl

Als een lichtstraal met een grotere hoek dan 24° invalt op het oppervlak tussen diamant en lucht, zal de lichtstraal niet uit de diamant kunnen treden. Dit geeft aan de diamant de donkere vlakken. Het licht komt er dan wel via een ander vlak uit, geconcentreerder: de diamant schittert.

2.4 Brekingshoek dicht naar ijl

(uit Cursus p.29 Oef 16)

Een lichtstraal valt in op het scheidingsoppervlak diamant-lucht onder een invalshoek van 54° in diamant. Bereken de onbekende hoeken en maak een figuur

Geg

$$\hat{i} = 54^\circ$$

$$\text{lichtsnelheid in lucht: } v_l = 299,709 \cdot 10^3 \frac{km}{s}$$

$$\text{lichtsnelheid in diamant: } v_d = 139,5 \cdot 10^3 \frac{km}{s}$$

Gevr

hoeken: \hat{r} of \hat{t} ?

Oplossing

Oei, het licht gaat van een optische dichte naar een optisch ijlere stof. Als we voorbij de grenshoek zitten hebben we te maken met volledige terugkaatsing (totale interne reflectie)!

We zoeken eerst de grenshoek om te weten of de invalshoek kleiner of groter is. Met de brekingswet van Snellius; (let op: invalsmidium is nu diamant!)

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_d}{v_l}$$

$$\Updownarrow$$

$$\sin i = \sin r \frac{v_l}{v_d}$$

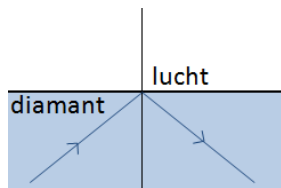
$$= \sin(90^\circ) \frac{139,5 \cdot 10^3 \frac{km}{s}}{299,709 \cdot 10^3 \frac{km}{s}}$$

$$= 0,46545$$

$$\Updownarrow$$

$$i = \sin^{-1}(0,46545) = 27,7394 = 27^\circ 44' 22''$$

De grenshoek van diamant is 27 graden. De invalshoek uit de opgave is groter, een lichtstraal zal dus nooit uit het medium kunnen schijnen, en kaatst volledig terug volgens de wetten van de terugkaatsing: $\hat{i} = \hat{t} = 54^\circ$.



3 Lenzen

3.1 Voorwerp tussen brandpunt en lens

(uit *Cursus Oef 5*)

Een reëel voorwerp bevindt op 25 cm van een bolle lens waarvan de brandpuntsafstand 40 cm is. Bereken de beeldafstand en bepaal aan de hand daarvan of het beeld reëel of virtueel is.

Geg

$f = 40 \text{ cm}$

$v = 25 \text{ cm}$

Gevr

beeldafstand b ?

Opl

Het voorwerp ligt dus tussen brandpuntsafstand en lens.

$$\begin{aligned}\frac{1}{v} + \frac{1}{b} &= \frac{1}{f} \\ \frac{1}{b} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{v} \\ b &= (f^{-1} - v^{-1})^{-1} \\ &= (40^{-1} - 25^{-1})^{-1} = -67 \text{ cm}\end{aligned}$$

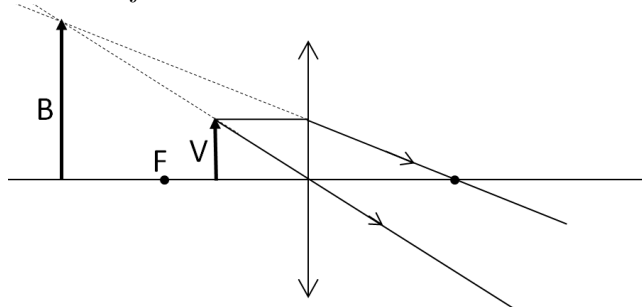
Negatieve beeldafstand? Dus een virtueel beeld!

Antw

Het beeld staat 67 cm voor de lens en is virtueel.

Opm

Een schetsje ter controle:

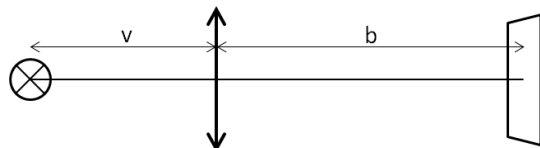


3.2 Lamp en Scherm

(uit *Cursus p.41 Oef 15*)

Een lamp bevindt zich op 120 cm van een scherm. Waar moet men een lens plaatsen om van deze lamp een vijfmaal vergroot beeld op het scherm te krijgen?

Geg



Zie tekening, een schets met de lens op een willekeurige plaats, $v+b = 120$ cm. Het beeld moet op het scherm komen, het is dus een reëel beeld. Bij een bolle lens staat het reëel beeld steeds omgekeerd, de vergroting moet dus negatief zijn; $G = -5$

Gevr

Plaats lens?

Opl

$$G = -\frac{b}{v} = -5 \Rightarrow b = 5v$$

Deze beeldafstand invullen in het eerste gegeven

$$120\text{cm} = b + v = 5v + v = 6v \Rightarrow v = \frac{120\text{cm}}{6} = 20\text{cm}$$

Waaruit volgt dat de beeldafstand 100 cm is.

Antw

Men moet de lens op 20 cm van het voorwerp zetten en op 100 cm van het scherm.

Opm

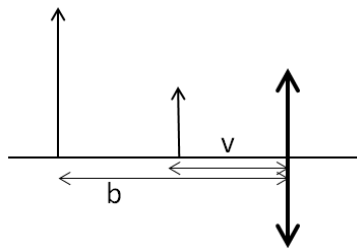
We hebben de brandpuntsafstand hier niet gebruikt. Geldt dit dan voor elke lens? Nee, helemaal niet. Uit de lensformule volgt dat dit enkel klopt voor een lens met $f = 16,7$ cm. Andere lenzen zullen in dit geval geen scherp beeld opleveren.

3.3 Virtueel beeld

(uit *Cursus p.41 Oef 17*)

Van een voorwerp, dat op een afstand van 10,0 cm voor een lens geplaatst wordt verkrijgt men een rechtopstaand, virtueel beeld, dat tweemaal zo hoog is als het voorwerp. Bereken de brandpuntsafstand.

Geg



De tekening is een schets. Het voorwerp staat tussen het brandpunt en lens, het virtuele beeld ligt achter het voorwerp.

$$v = 10,0 \text{ cm}$$

$$G = 2$$

Gevr

f?

Opl

$$G = -\frac{b}{v} = 2 \Rightarrow b = -2v$$

Deze beeldafstand invullen in de lensformuule

$$\begin{aligned} \frac{1}{b} + \frac{1}{v} &= \frac{1}{f} \\ \frac{1}{-2v} + \frac{1}{v} &= \frac{1}{f} \\ \frac{-1}{2v} + \frac{2}{2v} &= \frac{1}{f} \\ \frac{1}{2v} &= \frac{1}{f} \end{aligned}$$

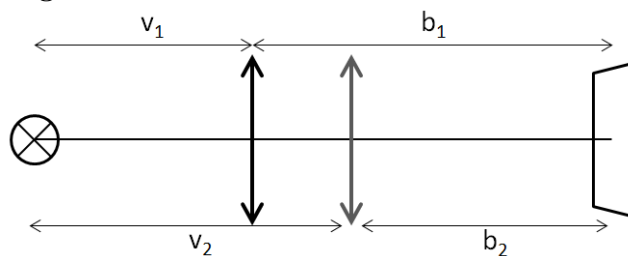
Waaruit volgt dat $f = 2v = 2 \cdot 10\text{cm} = 20\text{cm}$ is.

3.4 Vergroot-Verkleind

(uit Cursus p.41 Oef 18)

Een voorwerp staat op 15 cm van een convergerende lens en geeft een tweemaal vergroot beeld op een scherm. Hoeveel moet men de lens verschuiven en in welke zin om een tweemaal verkleind beeld op datzelfde scherm op te vangen.

Geg



Zie tekening, met toestand 1 en toestand 2: $v_1 + b_1 = v_2 + b_2$.

$$v_1 = 15\text{cm}$$

$$G_1 = -2$$

$$G_2 = -\frac{1}{2}$$

Gevr

Hoever lens verplaatsen? ($= v_2 - v_1$)

Opl

Uit de formule van vergroting:

$$G_1 = -\frac{b}{v} = -2 \Rightarrow b_1 = 2v_1$$

$$G_2 = -\frac{b}{v} = -\frac{1}{2} \Rightarrow b_2 = \frac{1}{2}v_2$$

Deze beeldafstand invullen in het eerste gegeven

$$b_1 + v_1 = b_2 + v_2$$

$$2v_1 + v_1 = \frac{1}{2}v_2 + v_2$$

$$3v_1 = \frac{3}{2}v_2$$

$$2v_1 = v_2 = 2 \cdot 15\text{cm} = 30\text{cm}$$

Antw

Men moet de lens verschuiven zodat de voorwerpsafstand 30 cm is, de lens moet dus 15 cm naar het scherm toe verschoven worden.

3.5 Lieveheersbeestje

(toets)

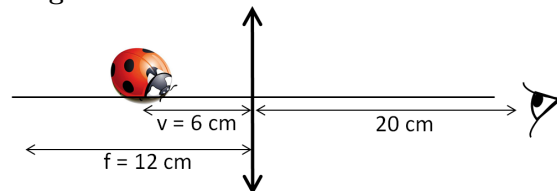
Julia houdt een vergrootglas ($f=12,0\text{cm}$) op een afstand van $6,0\text{ cm}$ van een lieveheersbeestje. Haar oog is 20 cm van de lens verwijderd.

Ziet ze een reel of een virtueel beeld?

Rechtopstaand of omgekeerd?

Hoeveel maal groter ziet ze het beestje?

Geg



$$f = 12\text{ cm}$$

$$v = 6,0\text{ cm}$$

Gevr

Vergroting? ($= G$)

Opl

Uit de lensformule vinden we b:

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

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

$$b = \frac{vf}{v - f} = -12\text{ cm}$$

Hola, de beeldafstand is negatief. Dit betekent dat het beeld voor de lens staat. De vergroting is

$$\begin{aligned} G &= -\frac{b}{v} \\ &= -\frac{-12\text{ cm}}{6\text{ cm}} = 2,0 \end{aligned}$$

Antw

De vergroting is $2,0$.

Aangezien de vergroting positief is weten we dat het beeld rechtop staat.

Dat kan enkel bij een virtueel beeld. (in de les hebben we vijf gevallen gezien van beeldvorming bij een dunne lens).

Extra: het oog staat op $b + 20\text{ cm} = 32\text{ cm}$ van de lens.