

Naam:

Natuurkunde klas 3

Hoofdstuk 1 **Kracht**

§1	Kracht & Gewicht	3
§2	Kracht & Moment	6
§3	Kracht & Druk	19
§4	Kracht & Versnelling	30
§5	Kracht, Arbeid & Energie	40

Hoofdstuk 2 **Lenzen**

§1	Herhaling 'Licht'	48
§2	Lichtstralen tekenen door een bolle lens	50
§3	Convergerende werking	57
§4	Afbeelding van een voorwerp	67
§5	Vergroting	79
§6	Lenzenformule	81
§7	Oog	88
§8	Fototoestel	92

§1 Kracht & Gewicht

Kracht

Symbol: F ; eenheid N (Newton)



Zwaartekracht F_{zw}

Zwaartekracht: De kracht waarmee de aarde een voorwerp naar beneden¹ trekt.

Er geldt: $F_{zw} = 10 \cdot m$ (m is de massa van het voorwerp in kg)

Het getal '10'

Op aarde wordt een voorwerp met een massa van 1 kg door de zwaartekracht naar beneden getrokken met een kracht van 10 N.

Op aarde geldt dus: 10 N/kg.

- Dit getal is niet precies 10 én niet op aarde overal even groot. In Nederland geldt 9,81 N/kg. Op de evenaar geldt 9,78 N/kg. Hoog in de bergen is het getal nog iets kleiner.
- De massa en de grootte van de aardbol maken dat het getal op het aardoppervlak (ongeveer) 10 N/kg is. Op de maan is het getal 1,63 N/kg. Voorwerpen zijn daarom op de maan (ongeveer) 6 x zo licht als op aarde.

Gewicht

Symbol G ; eenheid N (Newton).

Het gewicht van een voorwerp is de kracht waarmee dat voorwerp

- trekt aan het ophangpunt
of
- duwt op het steunvlak.

De massa van een voorwerp verandert niet (zolang het voorwerp niet zelf verandert). Het gewicht van een voorwerp kan wel veranderen.

Bijvoorbeeld:

- Op de maan is het gewicht van een astronaut 6 x zo klein als op aarde.
- Als een lift omhoog begint te bewegen (of stopt met omlaag bewegen) wordt het gewicht van de mensen in de lift groter (en omgekeerd).
- Een steen die door de lucht wordt gegooid is een tijdje gewichtsloos. Vliegtuigen maken paraboolvluchten om proeven in gewichtsloosheid mogelijk te maken: <http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=818479>.

¹ Eigenlijk: 'naar het midden van de aarde'



Opgaven



1. Het A4 papier dat de school gebruikt voor het kopieerapparaat is (volgens de leverancier) kwaliteitspapier van 80 g/m^2 . Bereken de zwaartekracht op één A4-tje.



2. Op een regendruppel ($\rho_{\text{water}} = 1000 \text{ kg/m}^3$) werkt een zwaartekracht van $0,5 \text{ mN}$. Bereken het volume van deze regendruppel.

- ☐ 1 liter (dm^3) water: 1 kg
- ☐ 1 ml (cm^3) water: 1 g
- ☐ 1 μl (mm^3) water: 1 mg



3. De massa van een schooltas is (gemiddeld) 7200 g .
A. Hoeveel spierkracht is nodig om deze tas vast te houden?
In Oostenrijk mag een schooltas maximaal 10 % van de massa van de leerling zijn.
B. Leg uit of jij vindt dat deze regel ook in Nederland moet gelden.



4. A. Leg uit waarom een weegschaal niet altijd een geschikt instrument is om de massa van een voorwerp te bepalen.
B. Met welk instrument 'moet' je de massa van een voorwerp meten?



5. Jij gaat met een lift van de begane grond naar de 8^e verdieping. Vul in de tabel in wat je weet van jouw massa en gewicht tijdens deze beweging:

	massa (kg)	gewicht (N)
De lift staat stil op de begane grond		
De lift begint met omhoog bewegen		
De lift gaat met constante snelheid omhoog		
De lift remt af		
De lift staat stil op de 8 ^e verdieping		
De kabel van de lift breekt		

6. Mag je zeggen: "Ik weeg 54 kg ."?

§2 Kracht & Moment

Zwaartepunt

Op ieder deeltje (molecuul) van een voorwerp werkt de zwaartekracht.

Gemiddeld werkt de zwaartekracht *in het zwaartepunt Z*.

Als een voorwerp homogeen (overal hetzelfde) is, is het zwaartepunt precies in het midden van het voorwerp.

Evenwicht

Als een voorwerp² in evenwicht is, bevindt het zwaartepunt zich:

- boven het steunvlak
of
- onder het ophangpunt.

Stabiel evenwicht



De vrouw zal na een duwtje gaan bewegen, maar uiteindelijk weer in de evenwichtspositie terugkomen.

Labiel evenwicht



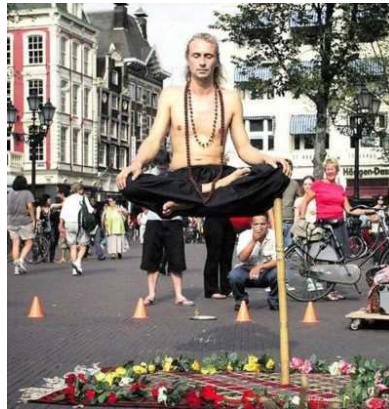
De vrouw zal na een duwtje gaan bewegen en van de stok afvallen; het evenwicht gaat verloren.

www.isabelcroon.nl

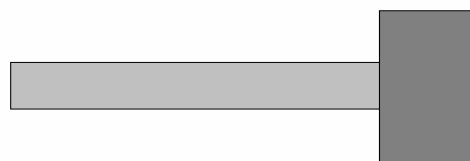
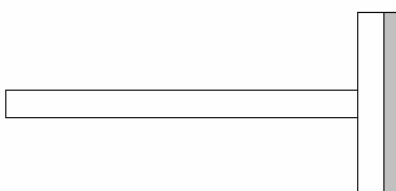
² Mits dat voorwerp 'vrij kan bewegen'.

Opgaven

7. Waar is het zwaartepunt van een geodriehoek?
8. Waar is het zwaartepunt van een steelpan?
9. Waar is het zwaartepunt van de hoogspringster?



10. Onmogelijk?
A. Waar is het zwaartepunt van de man?
B. Hoe is dit mogelijk?
11. Waar is het zwaartepunt van de vogel?
12. Links is (schematisch) een bezem en rechts een hamer getekend. Bij de bezem is de steel net zo zwaar als de borstel.



- A. Op welke plaats is het zwaartepunt van de bezem?
Bij de hamer is de kop twee keer zo zwaar als de steel.
- B. Op welke plaats is het zwaartepunt van de hamer?
13. Op een tafel liggen vier identieke boeken. Ieder boek is 120 cm lang.
A. Ga na hoe ver de vier boeken over de tafelrand kunnen uitsteken.
Zie: http://www.virtueelpracticumlokaal.nl/block_nl/block_nl.html.
B. Hoe ver zouden n boeken over de tafelrand kunnen uitsteken?
C. Hoe ver kun je komen, als je 'oneindig' veel boeken hebt?



Hefboom

Met een hefboom kun je 'een last tillen' met een kleine spierkracht, mits de spierkracht werkt op een grote afstand tot het draaipunt.
Gereedschappen maken vaak gebruik van deze 'hefboomwerking'.

Lees:

http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20070809_hefbomen01

http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20070809_hefbomen02

Bij hefbomen is belangrijk:

- Waar het draaipunt is
- Hoe groot de kracht F is die 'rechtsom' draait
én
Hoe ver van het draaipunt deze kracht werkt = hoe groot de arm d is
- Hoe groot de kracht F is die 'linksom' draait
én
Hoe ver van het draaipunt deze kracht werkt = hoe groot de arm d is.

1. Primaire hefboom

Het draaipunt bevindt zich tussen de last en de uitgeoefende kracht.



2. Secundaire hefboom

De last bevindt zich tussen het draaipunt en de uitgeoefende kracht.



3. Tertiaire hefboom

De kracht wordt tussen het draaipunt en de last uitgeoefend.



Bij een primaire en bij een secundaire hefboom kun je 'een last tillen' met een betrekkelijk kleine kracht.

Moment

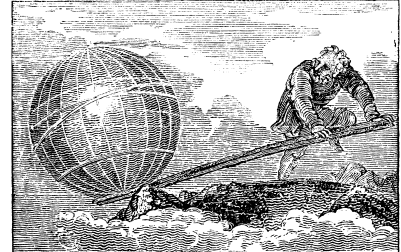
Grootheid M ; eenheid N.m

Formule: $M = F \cdot d$

Het moment van een kracht is de 'draaiwerking' van de kracht.

Deze draaiwerking is dus groot als:

- De kracht F groot is en/of
- De arm d van de kracht groot is



Zie: http://www.youtube.com/watch?v=UR7gpG_plaE

- Welke twee natuurkundige principes heeft Archimedes ontdekt?

Evenwicht

Er is evenwicht als geldt:

$$F \cdot d_{\text{rechtsom}} = F \cdot d_{\text{linksom}}$$

De draaiwerking linksom en rechtsom zijn even groot.

Het voorwerp zal net niet beginnen te draaien/kantelen.

Lees: http://www.walter-fendt.de/ph14nl/lever_nl.htm

Rekenvoorbeeld

Een plank (massa 18 kg; lengte 2 m) ligt op een tafel.

De tafel is 120 cm lang

Helemaal links op de plank wordt een bloemenvaas neergezet. De plank mag hierdoor niet kantelen.

Bereken hoe zwaar de vaas (maximaal) mag zijn.

Gegevens:

Het draaipunt is bij de rand van de tafel.

Het zwaartepunt van de plank is in het midden van de plank. Dit is 20 cm

rechts van het draaipunt. De kracht 'rechtsom' is: $F_{\text{zw}} = 10 \cdot m = 10 \cdot 18 = 180 \text{ N}$.

De kracht 'linksom' is het gewicht van de vaas. Deze kracht werkt 80 cm links van het draaipunt.

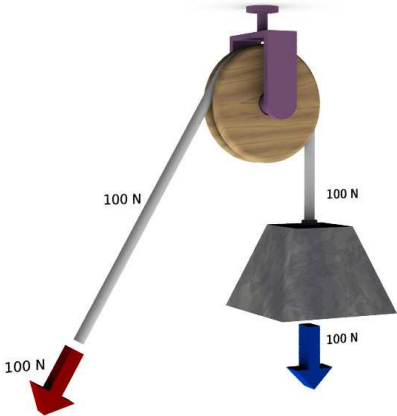
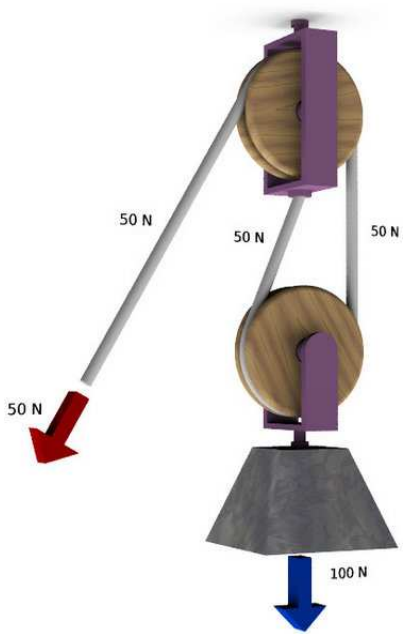
Oplossing:

De plank kantelt net niet als: $F \cdot d_{\text{rechtsom}} = F \cdot d_{\text{linksom}}$

$$\rightarrow 180 \cdot 20 = G_{\text{vaas}} \cdot 80 \rightarrow G_{\text{vaas}} = \frac{180 \cdot 20}{80} = 45 \text{ N} \rightarrow m_{\text{vaas}} = \frac{G_{\text{vaas}}}{10} = \frac{45}{10} = 4,5 \text{ kg}$$

Katrollen

Met katrollen kan de werkrichting van een kracht worden veranderd en een zware last worden getild.

Met een vast katrol trek je naar beneden. Je kunt je eigen gewicht gebruiken.	Met een los katrol til je slechts de helft van de last (+ de helft van het katrol).	Met een takel combineer je beide systemen.
		

Een bekende filosoof merkte reeds op:
'Elk voordeel hep z'n nadeel'.

Bij een hefboom en een takel kun je volstaan met een kleinere kracht. Deze kleinere kracht moet echter wel over een grotere afstand worden uitgeoefend.

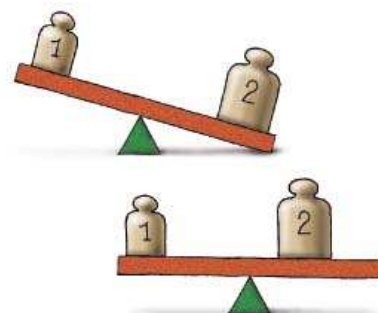


Tandwielen

Met tandwielen kan de draairichting en draaisnelheid worden veranderd

Lees:

http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20101022_katrol01
http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060706_tandwielen01
http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060706_tandwielen02
http://www.walter-fendt.de/ph14nl/pulleysystem_nl.htm



Opgaven

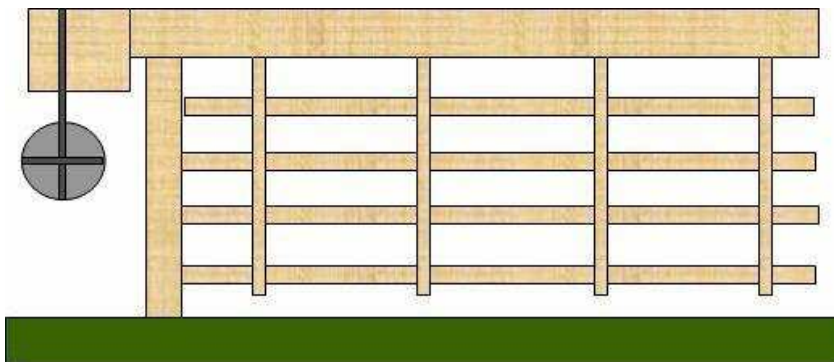
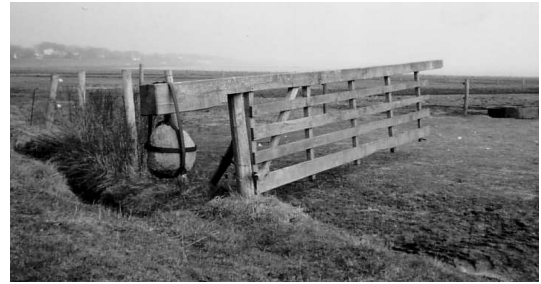
14. Een wip is een voorbeeld van een hefboom.
A. Leg uit of de bovenste wip in evenwicht is.
B. Leg uit of de onderste wip in evenwicht is.
15. Bert en Ernie zitten op een wip. Bert heeft een massa van 25 kg en Ernie van 40 kg.
Bert zit 200 cm links van het draaipunt.
Bereken waar Ernie moet zitten om evenwicht te maken.



16. Een liniaal van 1 m lang (massa 120 g) ligt op tafel. Hij steekt 40 cm uit over de rand van de tafel. Op het (uitstekende) uiteinde van de liniaal worden munten van 1 euro gelegd.
A. Zoek uit hoe groot de massa van een 1 euro munt is.
B. Bereken hoeveel munten op dit uiteinde kunnen liggen.



17. Om makkelijk te kunnen draaien mag een hek niet over de grond slepen. Normaal gesproken heeft een draaihek daarom twee scharnieren. Op de foto staat een hek op Vlieland. Dit hek heeft geen scharnieren. Een zware steen zorgt er voor dat de balk met het hek makkelijk kan draaien.



Het hek is schematisch getekend.

- A. Geef in deze tekening aan waar het draaipunt van het hek is.
Het gewicht van de steen is 500 N. Het moment van deze kracht is 250 N.m.
B. Bereken de massa van de steen.
C. Bereken de afstand ('arm') van de kracht van de steen tot het draaipunt.

Het hek rechts van het draaipunt is 4 m lang. Het moment van de steen is precies even groot als het moment van dit deel van het hek.

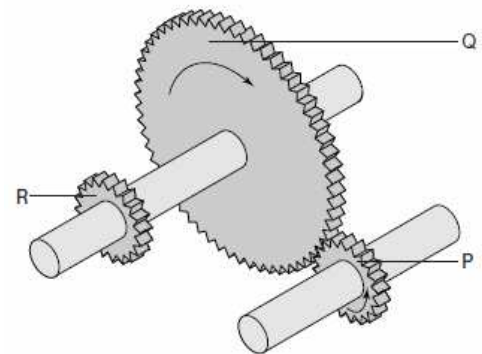
- D. Bereken de massa van dit deel van het hek.



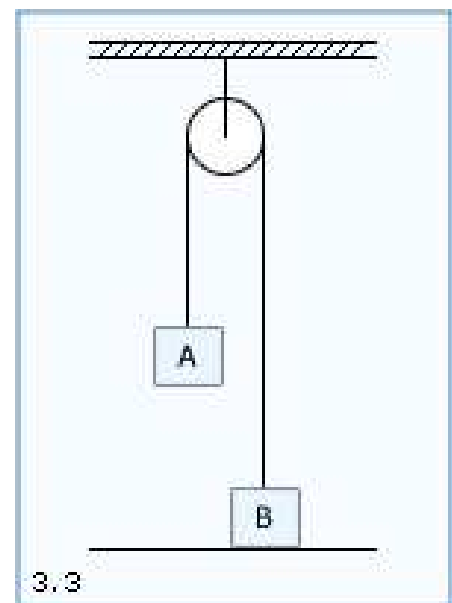
18. Een vrouw houdt een kruiwagen met haar kind omhoog. Schat met een berekening hoeveel spierkracht zij daarvoor nodig heeft.



19. Een overbrenging met tandwielen
Waar of niet waar?
- A. Q en P draaien in dezelfde richting.
 - B. Q en R draaien in dezelfde richting.
 - C. Q en P draaien even veel rondjes per minuut.
 - D. Q en R draaien even veel rondjes per minuut.
 - E. De tanden van Q en P gaan even snel.
 - F. De tanden van Q en R gaan even snel.



20. Een touw is via een katrol vastgemaakt aan twee gewichten. Leg uit wat er zal gebeuren als:
- A. B zwaarder is dan A
 - B. B even zwaar is als A
 - C. B lichter is dan A.

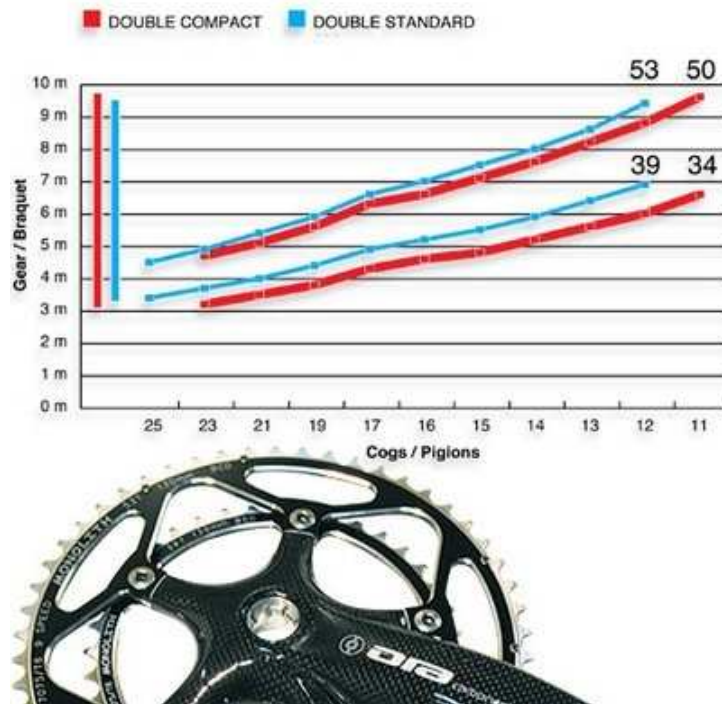


21. John Caswell is een Engelse ontwerper. Hij heeft deze stoel met twee poten bedacht.
- A. Teken de stoel in zij-aanzicht.
 - B. Teken in dit zij-aanzicht waar het zwaartepunt van de stoel ongeveer is.
- De stoel heeft een massa van 6 kg.
De muur voorkomt dat de stoel kantelt.
- C. Gebruik het zij-aanzicht om met een berekening te schatten hoe groot de kracht van de muur is.
 - D. Is deze stoel voor volwassenen of voor kinderen?



22. Wielrennen

Op een racefiets zitten (meestal) twee voorbladen en een kroontje met (bijvoorbeeld) zeven verschillende achterbladen (tandwielen).
Afhankelijk van het parcours wordt een 'verzet' gekozen.



Volgens het diagram legt een racefiets met 53 x 16 bij één omwenteling een afstand van 7,0 m af.

Bereken de diameter van de wielen.





De omtrek van een cirkel:

$$\text{Omtrek} = \pi \cdot d = 2 \cdot \pi \cdot r$$

- d : diameter cirkel
- r : straal cirkel

Lance Armstrong was in staat om met dit verzet lange tijd met een trapfrequentie (toerental) van 120 min^{-1} te fietsen.

Bereken zijn snelheid.



§3 Kracht & Druk

Druk

Symbool: p ; eenheid N/m^2

Druk is hoeveel kracht er werkt per oppervlakte-eenheid (m^2 , dm^2 , cm^2).

In formule:

$$p = \frac{F}{A}$$

De druk veroorzaakt door een voorwerp:

Een voorwerp duwt op het vlak waarop het staat (= het gewicht van het voorwerp).

De druk is met hoeveel newton het voorwerp duwt op:

- één m^2 $\rightarrow$ dit geeft de druk in $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$
- één dm^2 $\rightarrow$ dit geeft de druk in N/dm^2
- één cm^2 $\rightarrow$ dit geeft de druk in N/cm^2

Het totale oppervlak waarop deze kracht duwt kan overigens best groter of kleiner zijn dan deze m^2 (dm^2 , cm^2).

De druk veroorzaakt door de lucht:

In de lucht vliegen luchtmoleculen voortdurend kras kras door elkaar.

Hierbij botsen ze voortdurend. Bij iedere botsing oefent een molecuul een kleine kracht uit. Omdat er heel veel luchtmoleculen zijn, geeft dit in totaal een grote kracht.

Eenheden van luchtdruk

De luchtdruk wordt vaak gemeten in mbar. Er geldt:

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mbar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 1000 \text{ N/dm}^2 = 100.000 \text{ N/m}^2 = 100.000 \text{ Pa} = 1000 \text{ hPa}$$

Opgaven

23. Piet staat op het strand. Hij heeft schoenmaat 43 en een massa van 75 kg.



- Schat de oppervlakte van de afdruk van één voet.
- Bereken hoe groot de druk is die hij op het zand uitoefent in Pa.
- Hoe groot is deze druk in N/dm^2 ?
- Hoe groot is deze druk in N/cm^2 ?



24. De schaatser is door het ijs gezakt. Twee mannen gebruiken een ladder om hem te helpen. Leg uit waarom het slim (nodig) is om de ladder te gebruiken.

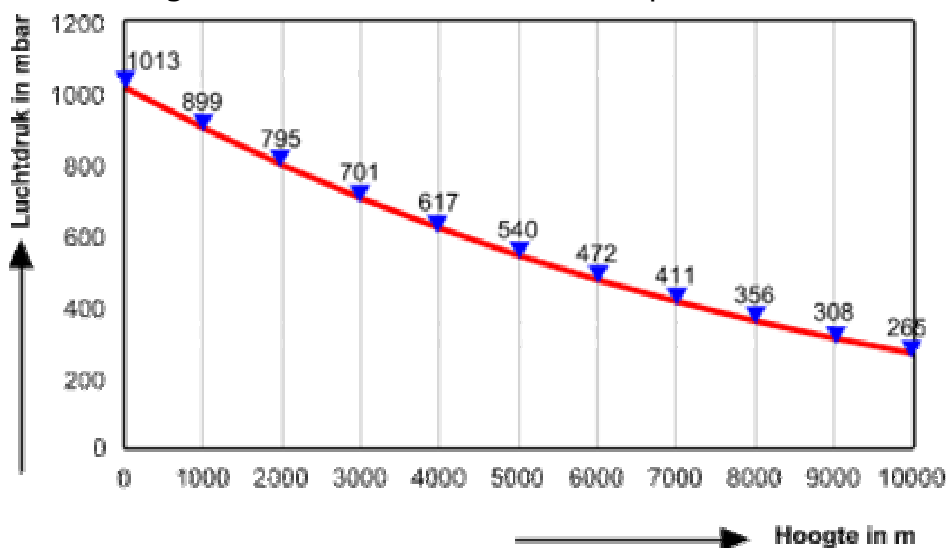


25. Luchtdruk: <http://www.knmi.nl/actueel/>



- Hoe groot is de luchtdruk op Schiphol?
- Bereken de kracht die de lucht uitoefent op de voorkant van het schoolbord.
- Leg uit waarom het bord niet tegen de muur aan wordt geduwd.

26. In het diagram is de luchtdruk te zien op verschillende hoogten.



- Leg uit hoe het komt dat de luchtdruk lager wordt op grotere hoogte. Op 5 km hoogte vliegt een vliegtuig. De buitenlucht duwt daar met 200 MN tegen de cabine van het vliegtuig. $1 \text{ MN} = 1 \cdot 10^6 \text{ N} = 1 \text{ miljoen N}$.
- Bereken hoe groot de oppervlakte van de cabine van het vliegtuig is.
- Leg uit waarom je op die hoogte in het vliegtuig geen raampje kan/mag opendraaien.



27. Tommie, Pino en Ieniemienie lopen door de sneeuw.
Pino is met 80 kg veel zwaarder dan Ieniemienie, die een massa van 20 kg heeft. Toch zakt Ieniemienie verder in de sneeuw dan Pino.



A. Leg uit hoe dat mogelijk is.

De voeten van Pino zijn elk 50 cm lang en 20 cm breed.

B. Bereken de druk van Pino op de sneeuw, als hij op één been staat.
Ieniemienie oefent een druk van 400 hPa uit op de sneeuw, als zij op twee benen staat.

C. Bereken de oppervlakte van één voet van Ieniemienie.
Als Tommie op zijn kont in de sneeuw zit, is de druk 0,48 N/cm².

De afdruk van zijn kont in de sneeuw blijkt 7,5 dm² te zijn.

D. Bereken het gewicht van Tommie.



28. Bandenspanning

A. Wat is groter: De (over)druk³ in een autoband of in een fietsband?

B. Wat is het nadeel van een te lage bandenspanning?

C. Wat is het nadeel van een te hoge bandenspanning?

29. Het gewicht van deze 20 stenen op de kruiwagen is 400 N.

A. Bereken de massa van één steen.

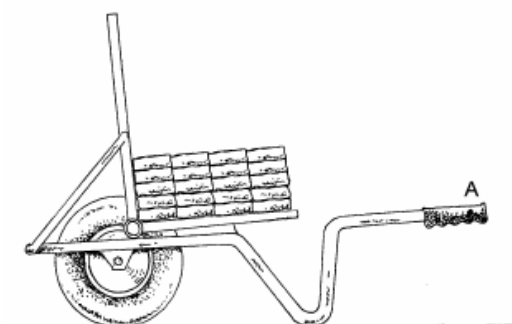
Iedere steen is 40 cm lang en 10 cm breed.

De dichtheid van de steensoort is 1,25 kg/dm³.

B. Bereken de hoogte van één steen.

C. Bereken de druk van de stapel stenen op de kruiwagen.

D. Teken in de figuur het waartepunt van de stapel stenen én het draaipunt van de kruiwagen.



Het gewicht van de kruiwagen zelf is te verwaarlozen; je hoeft er in de berekening geen rekening mee te houden.

In punt A werkt de spierkracht die de kruiwagen optilt.

E. Schat hoe groot de arm van het gewicht van de stapel stenen is.

F. Schat hoe groot de arm van de spierkracht is.

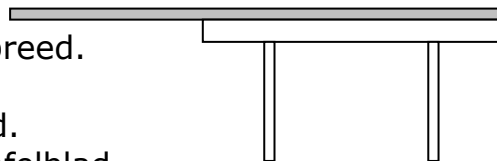
G. Bereken hoe groot de spierkracht (minstens) moet zijn om de kruiwagen op te tillen.



³ Overdruk: hoeveel de druk in de band hoger is dan de luchtdruk buiten de band.



30. Een plank van 12 kg is 2 m lang en 40 cm breed.
De plank ligt op een tafel; zie de figuur.
Het tafelblad is 120 cm lang en 90 cm breed.
A. Bereken de druk van de plank op het tafelblad
Helemaal links op de plank wordt een bloemenvaas neergezet.
De plank mag hierdoor niet kantelen.
B. Bereken hoe zwaar de vaas (maximaal) mag zijn.



31. Een voetbal heeft een middellijn (diameter) van $d = 24$ cm.
De oppervlakte van de bal kan worden uitgerekend met één van de volgende wiskundige formules:

- ☐ $Opp = \pi \cdot d$
- ☐ $Opp = \pi \cdot d^2$
- ☐ $Opp = \pi \cdot d^3$



- A. Leg uit met welke formule.
B. Bereken de oppervlakte van de (buitenkant van de) bal.
Op 15 mei 1986 was er in de buurt van IJsland een extreem lage luchtdruk: 915 hPa.



- C. Reken om: $915 \text{ hPa} = \dots \text{ bar} = \dots \text{ N/cm}^2$.
D. Bereken de kracht die de lucht die dag uitoefende op de buitenkant van de bal.
E. Leg uit of de bal die dag iets te groot of juist te klein was om goed mee te kunnen voetballen.

32. De luchtdruk in de keuken is 1000 mbar. Een zuignap is op de deur van de koelkast geplakt. Onder de zuignap is alle lucht weggeduwd.
De zuignap heeft een oppervlakte van 12 cm^2 .



- A. Bereken hoeveel kracht nodig is om de zuignap los te trekken.
B. Leg uit waarom je het beste een zuignap vochtig kunt maken als je hem (b.v. op de koelkastdeur) bevestigt.

33. Een ladder weegt 180 N.

- A. Hoe groot is de massa van de ladder?
Als de ladder recht op staat, duwen de twee onderkanten op de grond. Iedere onderkant is 3 cm bij 12 cm.
B. Bereken de druk die de ladder op de bodem uitoefent, als er niemand op de ladder staat.



Vervolgens wordt de ladder plat op de grond gelegd.
De sporten ('treden') van de ladder raken daarbij de grond niet.
De ladder oefent nu een druk uit van 1250 Pa.



- C. Bereken hoe lang de ladder is.
Onder de ladder moet een stuk bouwplastic komen te liggen.
D. Leg uit hoeveel spierkracht daarvoor minstens nodig is.

De volgende vier extra opgaven zijn moeilijk(er).

34. Deze opgave gaat over een mobiele telefoon (Finse makelij).

De fabrikant geeft de volgende specificaties op:

Gewicht: 91 g (lithium batterij)

Afmetingen: 100 x 44 x 17 mm, 70 cc

A. Het woord '*gewicht*' is natuurkundig gezien verkeerd; welk woord had in de specificatie moeten staan?

70 cc betekent dat het volume van het apparaat 70 cm^3 is.

B. Leg met een berekening uit dat de vorm van de telefoon geen rechthoekig blok is.

C. Bereken de dichtheid van het materiaal van de telefoon.

D. Leg uit waarom je eigenlijk niet kunt spreken van de dichtheid van het materiaal van de telefoon.

De telefoon ligt plat op tafel.

E. Bereken de druk van de telefoon op de tafel.

De telefoon wordt vervolgens rechtop gezet; zie plaatje.

F. Leg uit hoeveel keer zo groot de druk hierdoor wordt.



35. Pumps

Sleehak, blokhak of naaldhak: hoe hoger, hoe beter!

De pump is helemaal terug, met een hoge hak en een peep-toe, voor net dat beetje sex-appeal.

Vooral het model 'Bruges' uit de adembenemende schoenencollectie van Christian Louboutin, herkenbaar aan de rode zool, is helemaal hip onder de sterren en niet aan te slepen. Het model met kurken zool en gigantische hak past bij bijna alle outfits en komt in de meest gewilde kleuren, maar vooral zwart en rood zijn favoriet.



De hak van de 'Bruges' is helemaal gemaakt van kurk.

De onderkant van deze hak heeft een oppervlakte van 120 mm^2 .

De massa van de hak is 3,6 gram. De dichtheid van kurk is 250 kg/m^3 .

A. Bereken het volume van de kurken hak.

B. Bereken hoe hoog de hak van de 'Bruges' ongeveer is.

C. Leg uit of het antwoord dat je met je berekening gevonden hebt iets te groot of juist iets te klein is.

Kate heeft 'Bruges' aan; haar (totale) massa is 66 kg. Zij staat met beide voeten op de grond en oefent dan een druk uit op de grond van 3 N/cm^2 .

D. Bereken hoe groot het oppervlak is, waarmee Kate op de grond staat.

E. Bereken het oppervlak van de voorzool van de 'Bruges'.

F. Wat is een peep-toe?



36. Op het uiteinde van een lat staat één half literpak melk. Er passen precies 11 pakken naast elkaar op de lat; zie plaatje. De lat ligt op een kist. Hij steekt een stuk uit. De bodem van het melkpak is 70,7 mm bij 70,7 mm. Neem aan: de dichtheid van de melk = de dichtheid van water.

Door het pak melk is de lat nog juist in evenwicht. De lat dreigt van de kist af te kantelen. Op de lat werkt een zwaartekracht van 8,1 N.

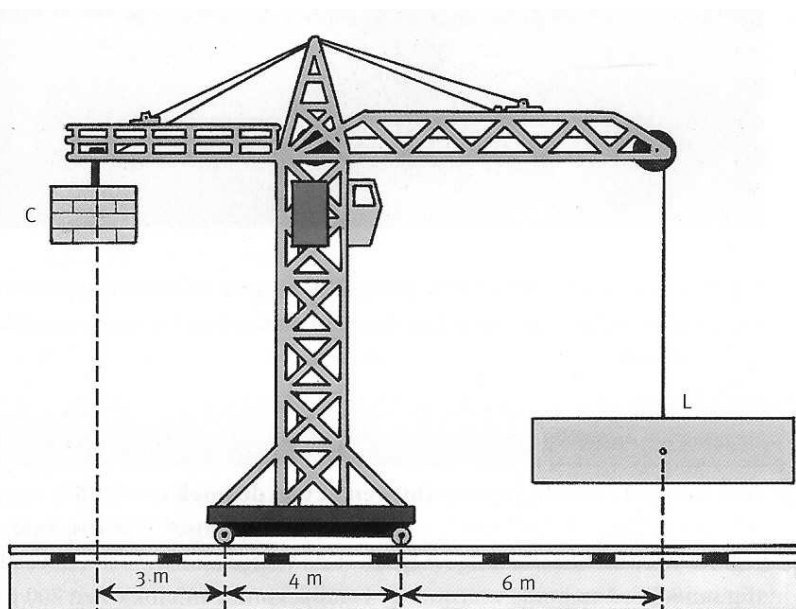


- Bereken de massa van de lat.
- Leg uit dat de lat zwaarder is dan het gevulde pak melk.
- Toon aan dat de massa van het gevulde pak melk 540 g is.
- Bereken de druk die het gevulde melkpak op de lat uitoefent.
- Hoe groot is de massa van de lege verpakking?
- Leg uit dat de hoogte van het pak meer dan 10 cm is.



37. Hijskraan

- Aan de linkerkant hangt het contragewicht C van 3000 kg.
- Het zwaartepunt van de hijskraan zelf zit precies in het midden tussen de wielen.
- Het contragewicht is zo dat de hijskraan net niet achterover valt als er rechts geen last aan hangt.



Bereken de maximale last L van deze hijskraan.

§4 Kracht & Versnelling

Een kracht wordt in een tekening aangegeven d.m.v. een pijl.

- De plaats waar de pijl begint is het aangrijpingspunt van de kracht.
- De richting van de pijl is de richting van de kracht.
- De lengte van de pijl geeft aan hoe groot de kracht is.

Er is een 'krachtenschaal': 1 cm $\equiv$... N

De resulterende kracht F_{res} is het resultaat van alle krachten samen.

- Als de krachten in dezelfde richting werken: optellen
- Als de krachten in tegengestelde richting werken: aftrekken
- Als de krachten in verschillende richting werken: tekenen

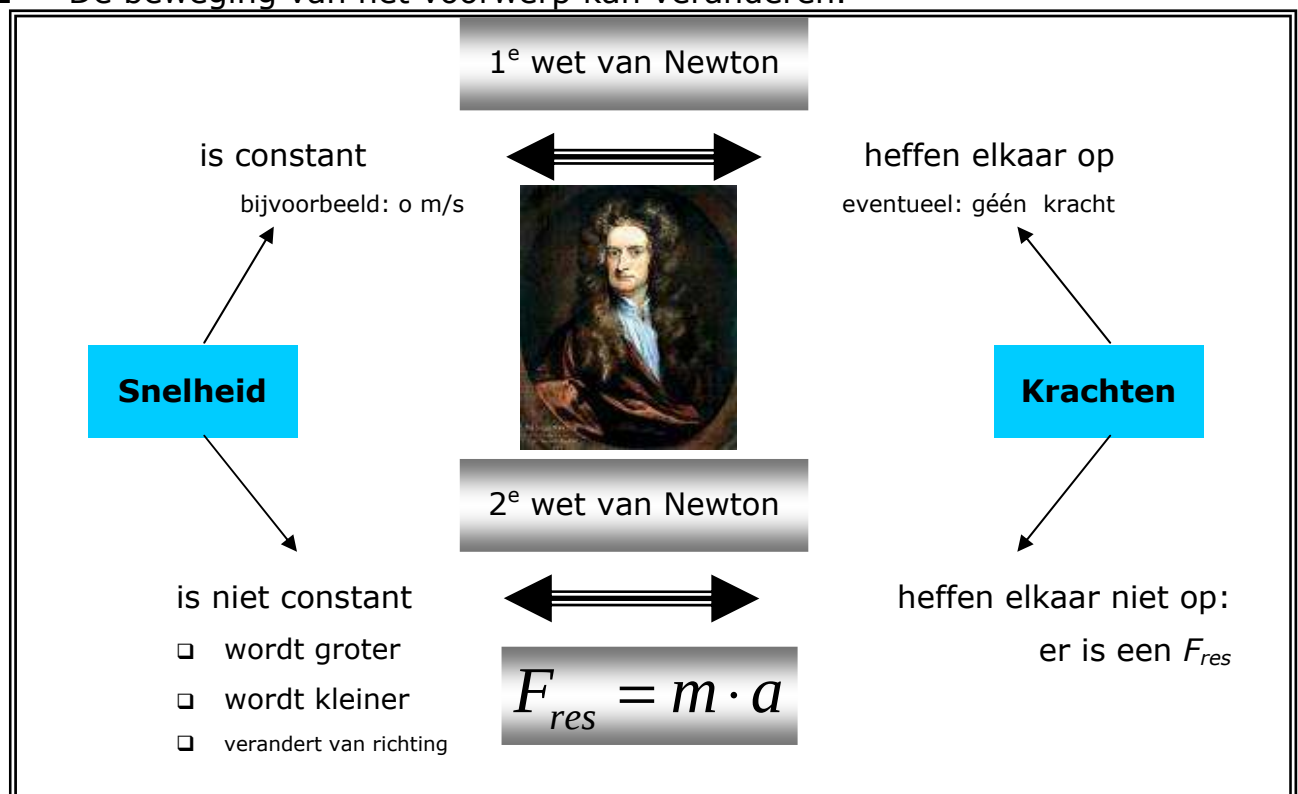
Zie: http://www.walter-fendt.de/ph14nl/resultant_nl.htm.

De gevolgen van krachten op een voorwerp:

- De vorm van het voorwerp kan veranderen.
 - **Elastische vervorming** = Als de kracht wegvalt, krijgt het voorwerp zijn oorspronkelijke vorm terug.
 - **Plastische vervorming** = Als de kracht wegvalt, krijgt het voorwerp zijn oorspronkelijke vorm niet (helemaal) terug.
- De draaiing van het voorwerp kan veranderen.

Dit gebeurt als het moment M 'linksom' en 'rechtsom' elkaar niet in evenwicht houden (zie § 2).

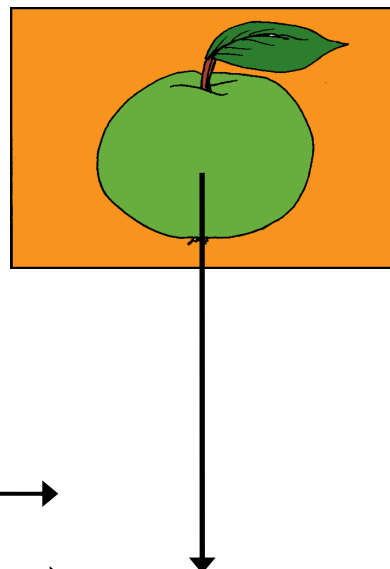
- De beweging van het voorwerp kan veranderen.



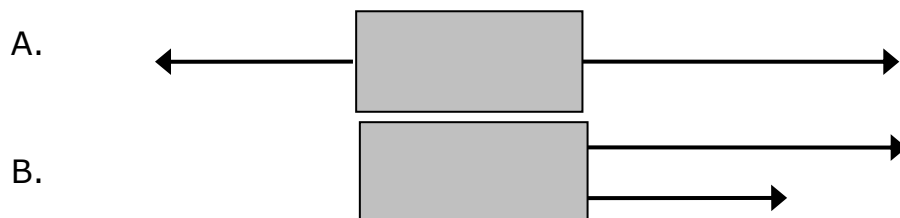
Opgaven



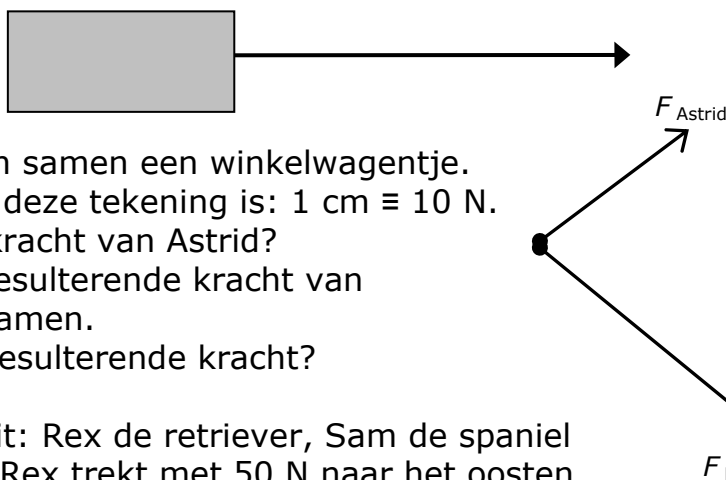
38. Een appel heeft een massa van 500 gram. Met een pijl is de zwaartekracht getekend.
- Leg uit waarom de pijl in het midden van de appel begint.
 - Leg uit waarom de pijl recht naar beneden wijst.
 - De gebruikte krachtenschaal is: $1 \text{ cm} \equiv \dots \text{ N}$



39. De krachtenschaal is: $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ N}$. Bepaal de resulterende kracht:



40. De krachtenschaal is: $1 \text{ cm} \equiv 2 \text{ N}$. Op het voorwerp werken twee krachten; één van beide is getekend. De resulterende kracht is 40 N naar rechts. Bepaal de grootte én de richting van de tweede kracht.



41. Astrid en Brian duwen samen een winkelwagentje. De krachtenschaal in deze tekening is: $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ N}$.
- Hoe groot is de kracht van Astrid?
 - Construeer⁴ de resulterende kracht van Astrid en Brian samen.
 - Hoe groot is de resulterende kracht?
42. Je laat drie honden uit: Rex de retriever, Sam de spaniel en Tarzan de terrier. Rex trekt met 50 N naar het oosten, Sam trekt met 40 N naar het zuidwesten en Tarzan trekt met 30 N naar het zuiden.
- Kies een geschikte krachtenschaal en construeer de resulterende kracht van deze drie honden.
 - Hoe groot is de resulterende kracht?

⁴ 'Construeer' wil zeggen 'teken precies'.



43. Het voorwerp van opgave 39 A. heeft een massa van 4 kg.
Bereken de versnelling van het voorwerp.



44. Het voorwerp van opgave 40 heeft een versnelling van $0,5 \text{ m/s}^2$.
Bereken de massa van het voorwerp.

45. Een auto heeft een massa van 1400 kg.
De auto rijdt met een constante snelheid van 108 km/h op de snelweg.
A. Reken om: $108 \text{ km/h} = \dots \text{ m/s}$.
De voorwaartse motorkracht op de auto is 860 N. Op de auto werken nog drie andere krachten.
B. Welke krachten zijn dat?
C. Hoe groot zijn deze krachten?
46. Op een parachutist werkt een zwaartekracht van 950 N.
De parachutist valt met een constante snelheid van 5 m/s naar beneden.
A. Hoe groot is de massa van de parachutist?
B. Reken om: $5 \text{ m/s} = \dots \text{ km/h}$.
C. Hoe groot is de wrijvingskracht op de parachutist?

Neem bij de volgende sommen aan dat de beweging een eenparig versneld / vertraagd is⁵.

Snelheidsverandering Δv en versnelling a

Δv Hoeveel de snelheid in totaal verandert

a Hoeveel de snelheid per seconde verandert



47. Een brommer heeft een massa van 130 kg.
Op $t = 0 \text{ s}$ staat de brommer stil.
Op $t = 5 \text{ s}$ is de snelheid 10 m/s geworden.
A. Bereken de versnelling van de brommer.
B. Bereken de resulterende kracht.



48. Een auto heeft een massa van 1100 kg. De auto staat stil bij een stoplicht.
Als het licht op groen springt, rijdt de auto weg. Na 10 s is zijn snelheid opgelopen tot 90 km/h.
De wrijvingskracht op de auto is voortdurend 800 N.
A. Bereken de versnelling van de auto.
B. Bereken de resulterende kracht.
C. Bereken de voorwaartse motorkracht op de auto.



De versnelling a :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- Δv : snelheidsverandering
- Δt : tijdsduur

⁵ De snelheid verandert 'op regelmatige wijze' (zie klas 2).

49. Een astronaut staat op de maan. Hij heeft een hamer (massa 600 gram) én een veertje (massa 3 gram) in zijn hand en laat deze tegelijkertijd vallen.
- Leg uit waarom er geen wrijvingskracht op de voorwerpen werkt.
 - Bereken de maan_zwaartekracht op de hamer (zie blz. 3).
 - Bereken de versnelling waarmee de hamer valt.
 - Bereken de maan_zwaartekracht op het veertje.
 - Bereken de versnelling waarmee het veertje valt.
 - Welk voorwerp is het eerste op de grond? Zie:
<http://www.youtube.com/watch?v=L55jImEhNZ0>



50. In de kruiwagen liggen materialen van deze bouwvakker. De kruiwagen is 8 kg. De totale massa van de materialen is 32 kg.
- Schat hoeveel spierkracht de bouwvakker gebruikt om de kruiwagen omhoog te houden. De bouwvakker duwt de kruiwagen 12 seconden lang naar voren met een constante snelheid van 4 m/s. Hij gebruikt daarbij een voorwaartse spierkracht van 200 N.
 - Leg uit hoe groot de wrijvingskracht is. De bouwvakker gaat daarna minder hard naar voren duwen. In 8 seconden tijd komt de kruiwagen daardoor tot stilstand. Neem aan dat de wrijvingskracht steeds even groot is gebleven.
 - Bereken de spierkracht waarmee de bouwvakker de kruiwagen in deze 8 seconde naar voren duwt.
 - Bereken hoeveel meter de kruiwagen in deze 20 seconden naar voren ging.



De gemiddelde snelheid $\langle v \rangle$:

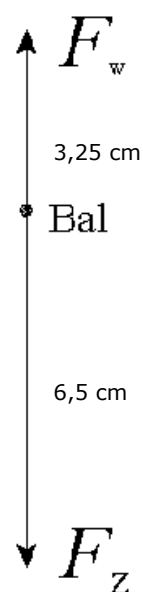
$$\langle v \rangle = \frac{s}{\Delta t}$$

- s : afstand
- Δt : tijdsduur

51. Parachute
- Aan een parachute daalt een rechthoekig blok steen. De dichtheid van deze steensoort is 5 kg/dm^3 . De afmetingen van de steen zijn: 6 m bij 1,5 m bij 40 cm.
- Bereken de zwaartekracht op de steen. De parachute trekt aan de steen met 27 kN.
 - Leg uit of de steen versnelt of vertraagt.
 - Bereken deze versnelling/vertraging.



52. Op een bal werkt een zwaartekracht F_z van 13 N én een wrijvingskracht F_w .
- Hoe groot is de massa van de bal?
 - Geef de krachtschaal die is gebruikt in deze tekening; dus gebruik je geodriehoek om te bepalen: 1 cm $\equiv$... N.
 - Hoe groot is de wrijvingskracht?
 - Leg uit dat of de bal naar boven óf naar beneden beweegt.
 - Leg uit of de bal versnelt óf vertraagt.
 - Bereken de versnelling / vertraging van de bal.



53. Rianne fietst met een constante snelheid van 7,2 km/h. De massa van de fiets(er) is 40 kg. Er werkt een wrijvingskracht van 160 N.
- Welke drie andere krachten werken er op de fiets(ster)? Hoe groot zijn deze krachten?
 - Reken om: 7,2 km/h = ... m/s.
- Rianne stopt met trappen.
Neem aan dat de wrijvingskracht voortdurend 160 N blijft.
- Toon aan dat de vertraging (-) 4 m/s² is.
 - Bereken hoever Rianne nog doorrijdt.



54. Een Jan van Gent is een grote vogel ($m = 5$ kg) die veel voorkomt aan de westkust van Ierland. Hij laat zich van grote hoogte in de zee vallen om zo op vissen te jagen. Hij raakt het zeewater met een (val)snelheid van 30 m/s. Stel: de (lucht)wrijving op de Jan van Gent wordt tijdens de val verwaarloosd. De vogel voert dus een 'vrije' val uit met $a = 10$ m/s².



- Bereken de valtijd van de Jan van Gent.
- Bereken van welke hoogte de Jan van Gent zich naar beneden heeft laten vallen.

Omdat de snelheid van de vogel heel groot wordt, is de wrijving wel degelijk belangrijk. De versnelling van de vogel vlak voordat hij het water raakt is daarom geen 10 m/s² maar slechts 4 m/s².

- Bereken hoe groot de wrijvingskracht op dat moment is. Onder water remt de vogel sterk af door de remkracht van het water.

Deze remkracht is $F_{\text{rem}} = 250$ N (constant).

- Bereken de vertraging van de vogel onder water.
- Bereken hoe diep onder water de Jan van Gent komt.



§5 Kracht, Arbeid & Energie

Bij een hefboom of een takel kun je volstaan met een kleine kracht. Deze kleine kracht moet echter wel over een grote afstand worden uitgeoefend.

Dit algemene principe komt terug bij de grootte:

Arbeid

Symbool: W ; eenheid J (N·m) In formule:

$$W = F \cdot s$$

F De kracht die wordt uitgeoefend⁶

s De afstand waarover de kracht werkt



Voorbeeld

Acht stoelen moeten van de begane grond naar de derde verdieping 15 m hoger. Iedere stoel heeft een massa van 5 kg.

Manier 1

Hans pakt de acht stoelen samen. Hij heeft hiervoor 400 N nodig. Hij moet deze kracht over een afstand van 15 m uitoefenen en verricht dus 6000 J arbeid.

Manier 2

Karin gebruikt een takel om de acht stoelen naar de derde verdieping te brengen. Zij heeft 200 N nodig, maar moet deze kracht wel over 30 m uitoefenen. Ook zij verricht dus 6000 J arbeid.

Manier 3

Vanessa brengt iedere keer één stoel omhoog. Zij heeft slechts 50 N nodig, maar moet deze kracht wel over in totaal 120 m uitoefenen. Ook zij verricht dus 6000 J arbeid.

[We houden geen rekening met de arbeid die Hans en Vanessa moeten verrichten om zelf omhoog te gaan.]

Energie

Symbool: E ; eenheid⁷ J (N·m)

Als er arbeid wordt verricht, wordt er energie omgezet en/of overgedragen. Maar ook omgekeerd: om energie om te zetten en/of over te dragen is er een kracht nodig die arbeid verricht.

Energie overdragen:

Energie van ene voorwerp → andere voorwerp.
De stoelen krijgen de 6000 J energie, die Hans, Karin en Vanessa nodig hadden om de arbeid te verrichten.

Energie omzetten:

Van ene energiesoort → andere energiesoort.
Hans, Karin en Vanessa verliezen chemische energie. De stoelen krijgen zwaarte-energie.

⁶ In de richting van de verplaatsing.

⁷ Arbeid en energie hebben dezelfde eenheid: joule (J = N·m).

Wet van Behoud van Energie

De totale hoeveelheid energie blijft bij iedere omzetting/overdracht gelijk.

Energiesoorten

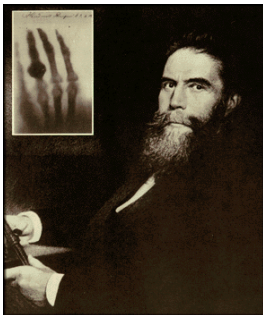
- Bewegingsenergie

Bewegende lucht is in staat om arbeid te verrichten; het kan een molen laten draaien.

- Zwaarte-energie

Een hoog heiblok is in staat om arbeid te verrichten; het kan een heipaal de grond in slaan.

- Stralingsenergie



Licht is een vorm van stralingsenergie. De energie in ultraviolette straling kleurt je huid en de energie in röntgenstraling wordt door de tandarts gebruikt.



- Kernenergie

In kernen van atomen zit kernenergie. Door kernreacties komt deze energie vrij. Dit gebeurt in de zon (kernfusie) en in kerncentrales (kernsplijting).

- Chemische energie

In voedingsstoffen of brandstoffen zit chemische energie. Door verbranding komt deze energie vrij. Een deel van de vrijgekomen energie wordt gebruikt om arbeid te verrichten. Het resterende deel wordt omgezet in warmte.

- Warmte

Warmte is de energiesoort die gaat van een plek met hoge temperatuur naar een plek met lage temperatuur. Warmte ontstaat ook door wrijving.

- Elektrische energie



Elektrische energie is de energiesoort die wordt gebruikt in elektrische apparaten. Een 'volle' accu is in staat om arbeid te verrichten; het kan een elektrische boor laten draaien.

Elektrische energie kan op verschillende manieren ontstaan:

- in een dynamo wordt bewegingsenergie omgezet in elektrische energie
- in een accu wordt chemische energie omgezet in elektrische energie
- in een zonnecel wordt stralingsenergie (licht) omgezet in elektrische energie

Kwaliteit van energie

De kwaliteit van de energiesoort warmte is laag, omdat warmte niet gemakkelijk in andere energiesoorten is om te zetten.

Chemische en elektrische energie zijn daarentegen voorbeelden van waardevolle energiesoorten, omdat zij gemakkelijk in apparaten te gebruiken zijn.

Zuinig met energie

Volgens de Wet van Behoud van Energie verdwijnt er bij geen enkele energie-omzetting/overdracht energie.

We moeten echter zuinig zijn op hoogwaardige energiesoorten, zoals chemische en elektrische energie.



Money Isn't All You're Saving

Energie en milieu

In Nederland wordt energie (vooral) opgewekt door de verbranding van fossiele brandstoffen (aardolie, aardgas en steenkool).

Onder andere omdat dit leidt tot milieuproblemen, is het beleid gericht op:

- ❑ Energiebesparing
- ❑ Inzet van duurzame energiebronnen.

Lees: <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/onderwerpen/nl0006-Energie-en-milieu.html>



Lees: <http://www.kennislink.nl/publicaties/dossier-energieopwekking>

- Hoeveel energie gebruikte de wereldrecordhouder traplopen bij het beklimmen van het Empire Statebuilding?
- Stel: Nederland wil voor zijn elektriciteitsbehoefte uitsluitend van zonne-energie gebruik maken. Hoe groot is het oppervlak dat daartoe met zonnepanelen moet worden bedekt?
- Wat is een nadeel van het grootschalig gebruik van windmolens?



Opgaven



55. Een verhuizer verrijdt een piano over een afstand van 20 m.
Hij verricht daarbij 1,04 kJ arbeid.
Bereken de spierkracht die de verhuizer gebruikt



56. Een agenda heeft een massa van 200 gram. De agenda valt van tafel.
Tijdens de val verricht de zwaartekracht 1,6 J arbeid.
Bereken de hoogte van de tafel.

57. Een auto heeft benzine nodig om te kunnen rijden: 1 liter benzine geeft 33 MJ energie. Hiermee kan de automotor arbeid verrichten.
Een personenauto rijdt (gemiddeld) 1 op 15; d.w.z. met 1 liter brandstof kan 15 kilometer worden gereden.
De inhoud van de benzinetank van de auto is 60 liter.
A. Hoeveel kilometer kan de auto met een volle tank rijden?
B. Hoeveel energie wordt daarbij omgezet?

58. Wat doe jij om 'zuinig met energie' te zijn?

59. Hoeveel kerncentrales zijn er in Nederland?



60. Een man eet 30 gram jonge 10+ kaas.
Hierdoor krijgt hij energie binnen.
A. Zoek op hoeveel energie 100 gram jonge 10+ kaas levert. Zie:
<http://www.voedingswaardetabel.nl/voedingswaarde/>
De man rent met een snelheid van 18 km/h.
Het kost hem iedere minuut 80 kJ om zo hard te kunnen rennen.
B. Hoever kan hij rennen?
C. Wie is de man?



61. In de voorbeelden op bladzijde 40 hebben Hans, Karin en Vanessa 6000 J arbeid verricht.
Hoeveel appelsap moeten zij drinken om hun energievoorraad weer aan te vullen?



62. Vier bobsleeërs duwen een bobslee over een afstand van 20 m in beweging. Zij duwen daarbij ieder met 600 N tegen de bobslee.
- A. Bereken de arbeid die zij daarbij samen verrichten.
- Tijdens het duwen krijgt de bobslee een versnelling van 2 m/s^2 .
- B. Bereken de massa van de bobslee.



63. Een auto rijdt met een constante snelheid van 108 km/h op de snelweg. De massa van de auto is 1000 kg. De wrijvingskracht op de auto is (deze hele opgave) 1500 N.
- A. Leg uit hoe groot de motorkracht van de auto is. Omdat de benzine op is, verdwijnt de motorkracht van de auto.
- B. Bereken de versnelling (vertraging) van de auto.
- C. Bereken hoe lang het duurt totdat de auto helemaal stilstaat.
- D. Bereken hoeveel meter de auto in deze tijd heeft doorgereden. Gelukkig komt de auto tot stilstand in de buurt van een tankstation.
- De chauffeur duwt met een spierkracht van 160 N zijn auto naar dit tankstation en verricht daarbij 64 kJ arbeid.
- E. Bereken hoeveel meter voor het tankstation de auto tot stilstand kwam.



64. Een auto (massa 1500 kg) rijdt met een constante snelheid van 126 km/h op de snelweg. De wrijvingskracht op de auto is 2000 N. Bij deze snelheid rijdt de auto 1 op 20: met 1 liter benzine kan 20 km worden gereden. Om 9.20.30 uur zit er nog 4,9 liter benzine in de tank. In 1 liter benzine zit 30 MJ chemische energie.
- A. Reken om: $126 \text{ km/h} = \dots \text{ m/s}$.
- B. Kies één (of meer) antwoord(en):
- ☐ De motorkracht is kleiner dan 2000 N.
 - ☐ De motorkracht is precies 2000 N.
 - ☐ De motorkracht is groter dan 2000N.
- C. Kies één (of meer) antwoord(en):
- ☐ De normaalkracht (van het wegdek) is kleiner dan 15000 N.
 - ☐ De normaalkracht is precies 15000 N.
 - ☐ De normaalkracht is groter dan 15000N.
- D. Bereken hoe laat de tank leeg is, als de auto zo blijft doorrijden.
- E. Hoeveel chemische energie is daarbij omgezet?
- F. In welke energiesoort(en) is deze chemische energie omgezet?

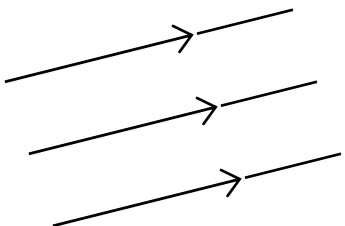
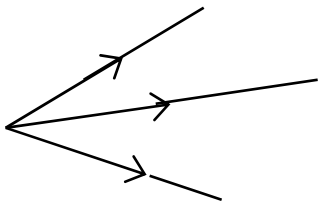
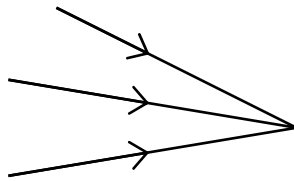


§1 Herhaling 'Licht'

Een mooie verzameling (optica) applets is te vinden op:

<https://fys.kuleuven.be/pradem/fysaplet.htm>.

Lichtbundels

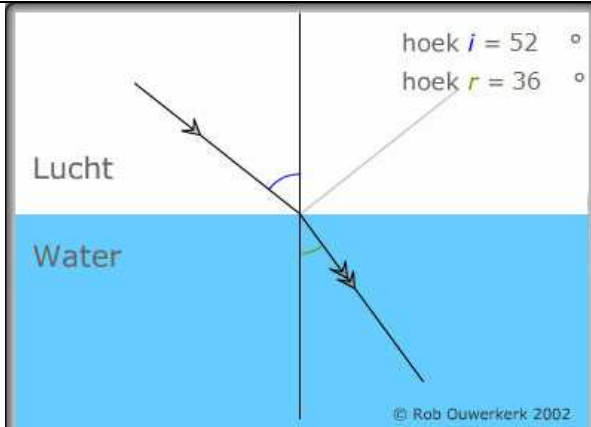
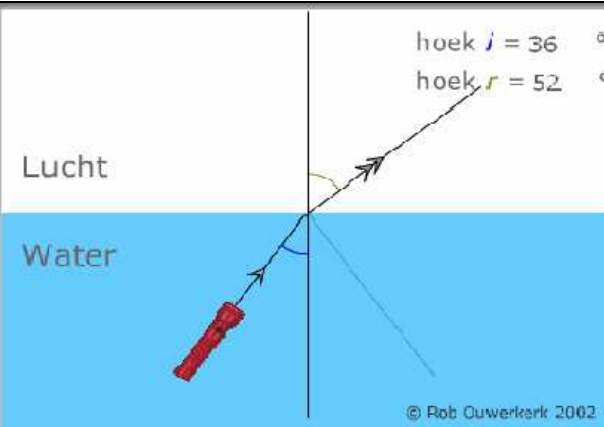
Lichtbundel		
Evenwijdig	Divergerend	Convergerend
		

Evenwijdig zonlicht

Lichtstralen van de zon vormen op aarde een evenwijdige bundel.

Breking

Bij de overgang van de ene doorzichtige stof naar de andere doorzichtige stof verandert een lichtstraal van richting. Dit verschijnsel heet breking.

Lichtstralen zijn omkeerbaar	
Breking naar de normaal toe	Breking van de normaal af
 hoek $i = 52^\circ$ hoek $r = 36^\circ$ Lucht Water © Rob Ouwerkerk 2002	 hoek $i = 36^\circ$ hoek $r = 52^\circ$ Lucht Water © Rob Ouwerkerk 2002
Breking naar de normaal toe treedt op als licht van lucht naar een andere doorzichtige stof gaat.	Breking van de normaal af treedt op als licht van een doorzichtige stof naar lucht gaat.

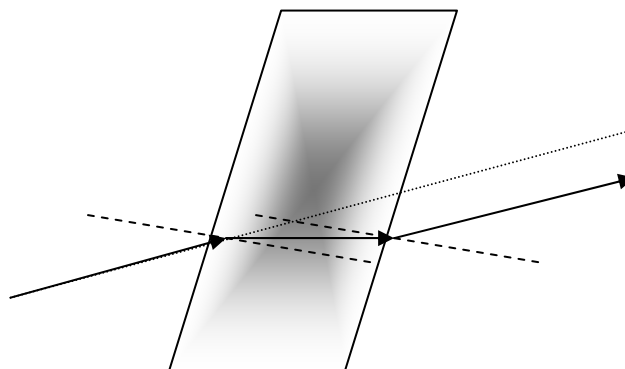


Practicum 1

§2 Lichtstralen tekenen door een bolle lens

Een planparallelle glazen plaat is een stuk glas, waarvan de zijanten evenwijdig aan elkaar zijn.

Een lichtstraal zal in zo'n stuk glas verschuiven, maar niet van richting veranderen⁸.



Indien de zijanten van het stuk glas (of een ander doorzichtig materiaal) niet evenwijdig zijn, verandert een lichtstraal wel van richting. Dit komt, omdat de tweede normaal een andere richting heeft dan de eerste normaal.

Een stuk glas met minstens één gebogen zijkant is een lens.

- Bolle (positieve) lenzen zijn in het midden dikker dan aan de rand.
De lens in je oog is een bolle lens. Ook in een fototoestel en in een leesbril zit een bolle lens.
- Holle (negatieve) lenzen zijn in het midden dunner dan aan de rand.
Een holle lens wordt gebruikt in een bril (contactlenzen) voor bijzienden.

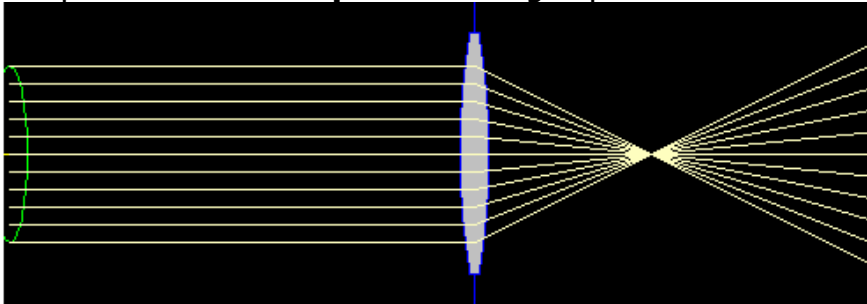
In dit hoofdstuk worden alleen bolle lenzen behandeld⁹.

⁸ Eigenlijk is dit een mooi voorbeeld van '*lichtstralen zijn omkeerbaar*'.

⁹ De holle (negatieve) lens wordt in de 5^e klas besproken.

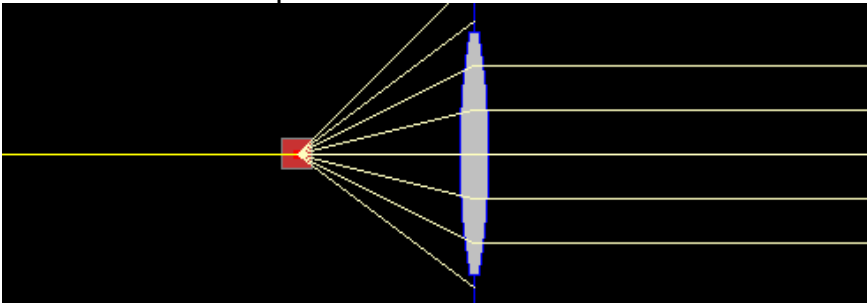
1. Evenwijdige lichtstralen loodrecht op de lens

De lichtstralen komen in één punt achter de lens samen.
Dit punt heet **brandpunt F** en ligt op de **hoofdas**.



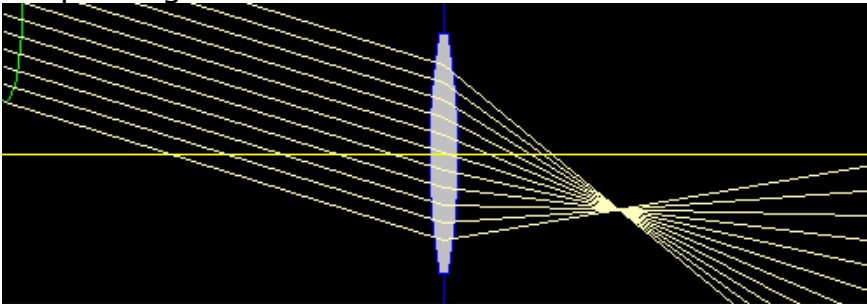
2. Lichtstralen vanuit het brandpunt voor de lens

De lichtstralen lopen aan de andere kant van de lens evenwijdig aan de hoofdas.



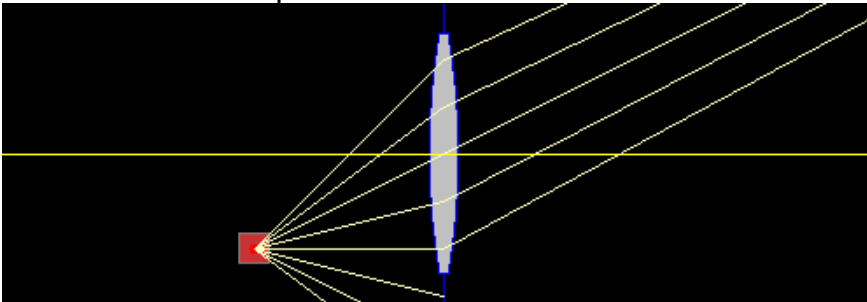
3. Evenwijdige lichtstralen schuin op de lens

De lichtstralen komen in één punt achter de lens samen.
Dit punt ligt in het **brandvlak**.



4. Lichtstralen vanuit een punt van het brandvlak voor de lens

De lichtstralen lopen aan de andere kant van de lens evenwijdig.

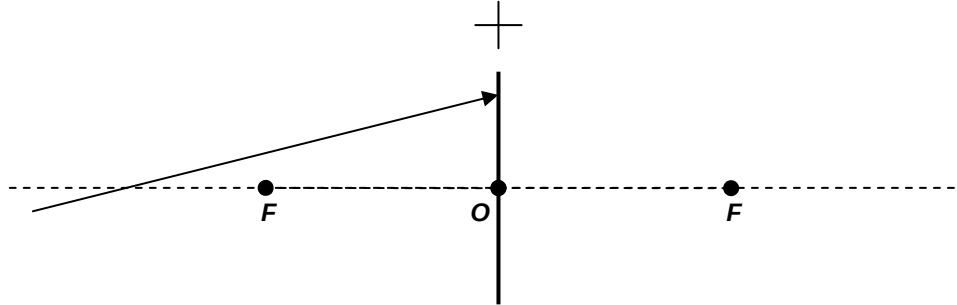


Bij lenzen verandert een lichtstraal door het midden van de lens (**optisch middelpunt O**) nooit van richting¹⁰.

Met deze regels kunnen lichtstralen door een lens worden getekend.

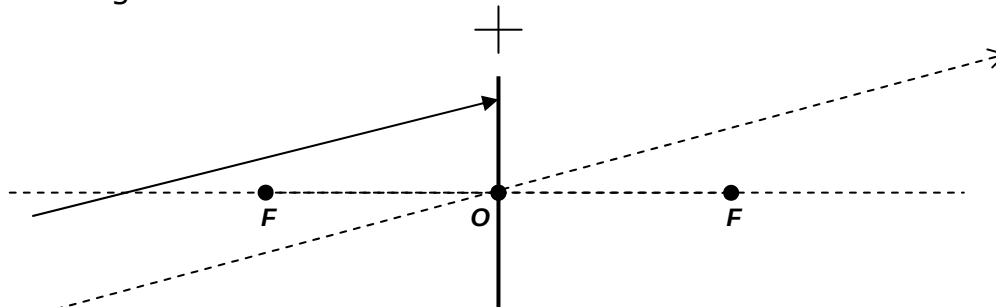
Tekenvoorbeeld 1

Een lichtstraal valt op een bolle lens. De brandpunten van de lens zijn bekend.

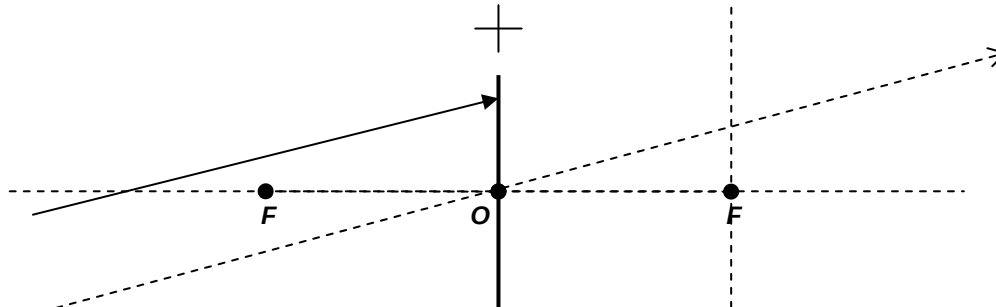


Oplossing:

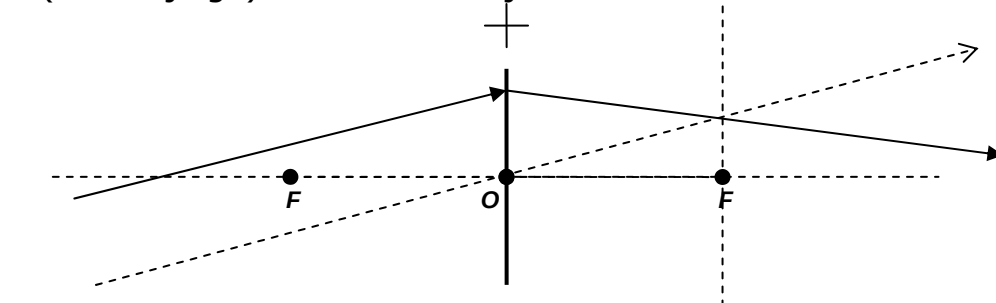
Teken een evenwijdige (hulp)lichtstraal door O ; deze lichtstraal verandert niet van richting in de lens.



Teken het brandvlak achter de lens.



Beide (evenwijdige) lichtstralen snijden elkaar in het brandvlak.

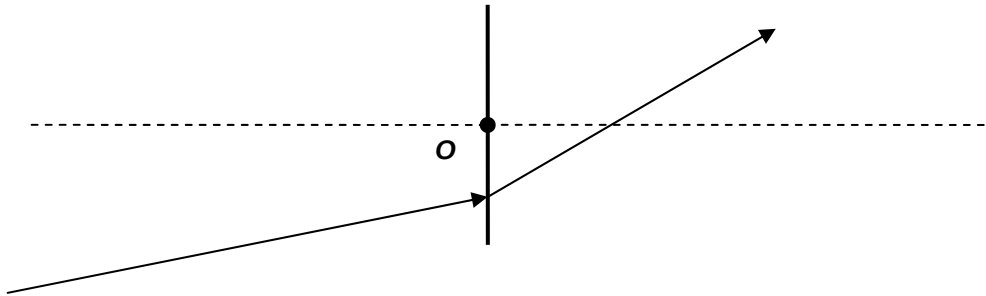


¹⁰ Dit geldt uitsluitend bij dunne lenzen.

Neem aan dat alle lenzen dun zijn. Lenzen worden getekend als verticale lijn.

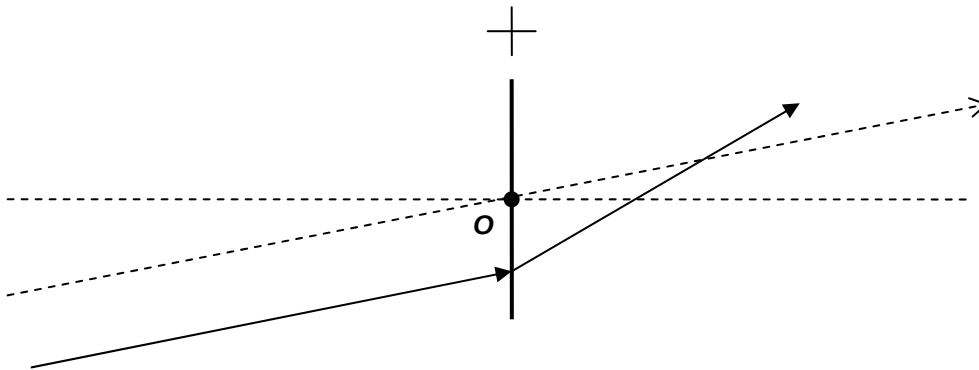
Tekenvoorbeeld 2

Een lichtstraal verandert in een lens van richting.
De brandpunten van deze lens zijn nu te tekenen.

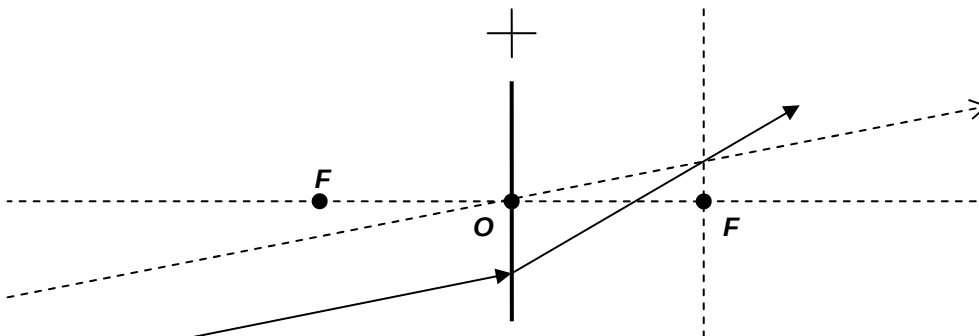


Oplossing:

Teken een evenwijdige (hulp)lichtstraal door **O**; deze lichtstraal verandert niet van richting in de lens.



Beide lichtstralen snijden elkaar achter de lens in het brandvlak.

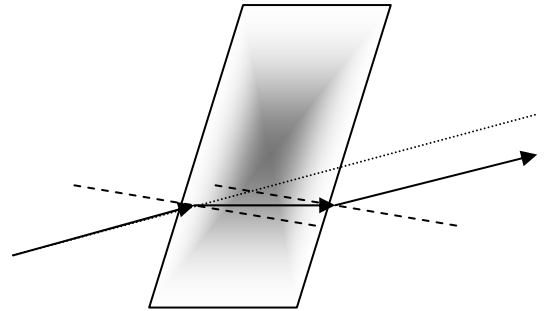


Het tweede brandpunt ligt even ver van de lens. Ga na dat dit brandpunt ook getekend kan worden door de lichtstralen 'om te keren'.

Opgaven

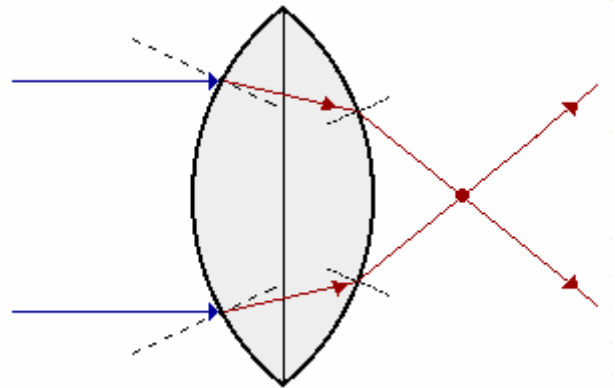
1. Waarom vormen lichtstralen van de zon op aarde een evenwijdige bundel?
2. In een planparallelle plaat verschuift een lichtstraal.

Noem twee factoren die invloed hebben op de grootte van deze verschuiving.

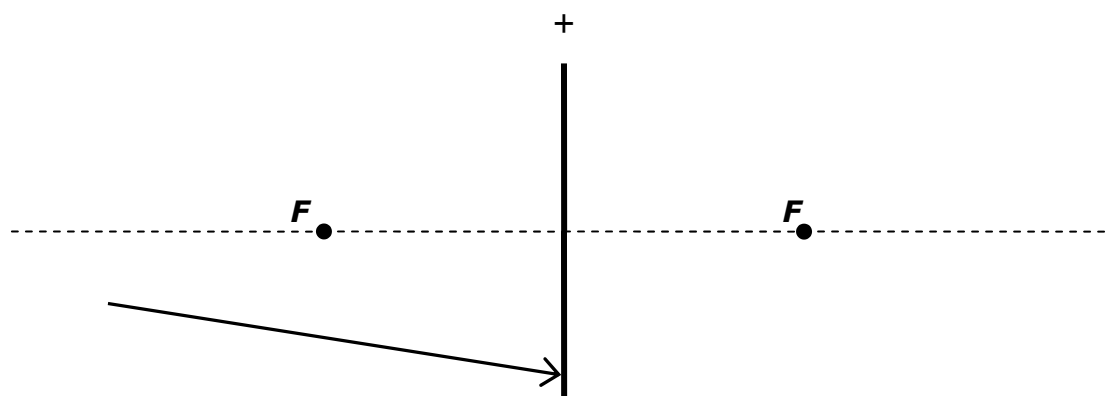


3. In een lens verandert een lichtstraal van richting.

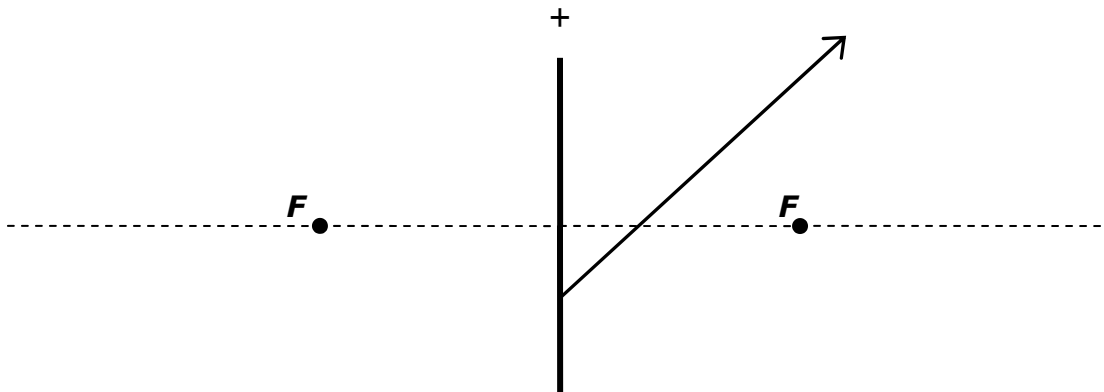
Noem twee factoren die invloed hebben op de grootte van deze richtingsverandering.



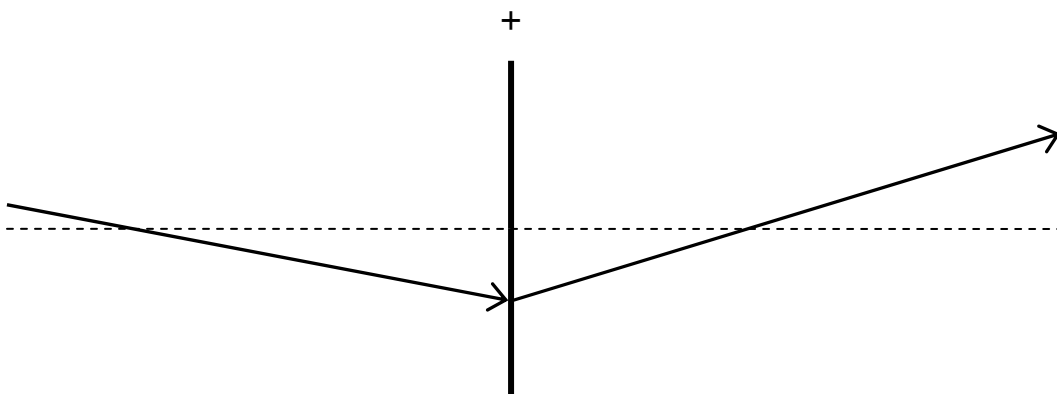
4. Teken hoe de lichtstraal verder gaat.



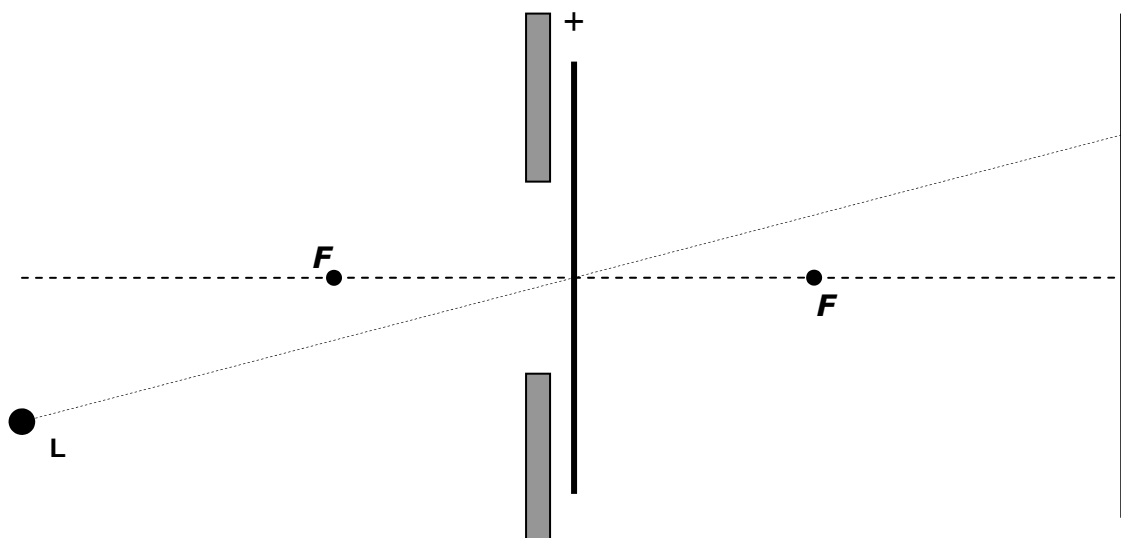
5. Teken hoe de lichtstraal is aangekomen.



6. Teken de brandpunten van de lens.



7. Een lampje **L** bevindt zich voor een lens. Tussen het lampje en de lens is een diafragma, dat een deel van het licht tegenhoudt. Achter de lens is een scherm.
Teken op welk deel van het scherm licht van het lampje terecht komt.

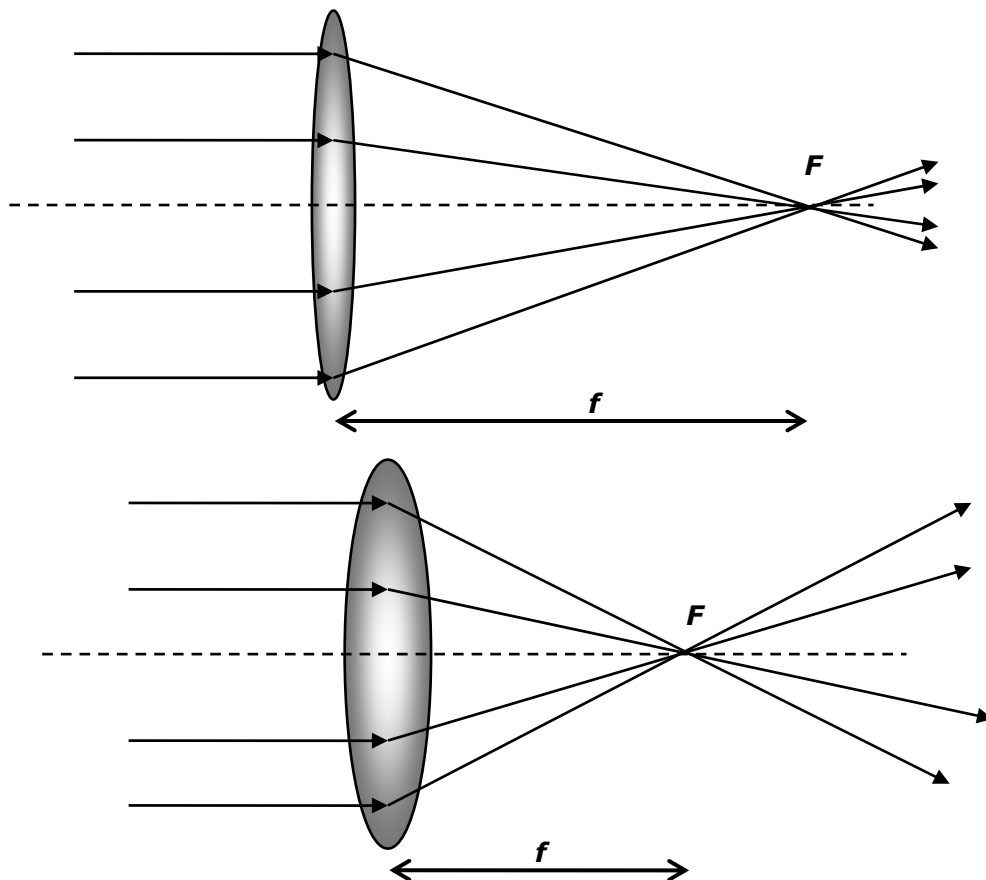


§3 Convergerende werking

Een bolle lens heeft een **convergerende werking**. Lichtstralen gaan meer naar elkaar toe lopen.

Hoe boller de lens, des te groter is het convergerend vermogen. Lichtstralen zullen meer van richting veranderen. De brandpunten liggen dichterbij de lens. De lens is sterker.

De **brandpuntsafstand f** is de afstand tussen het optisch middelpunt en het brandpunt. Een sterke lens heeft een kleine brandpuntsafstand.



Sterkte van een lens

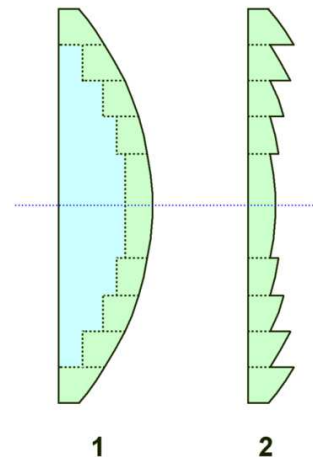
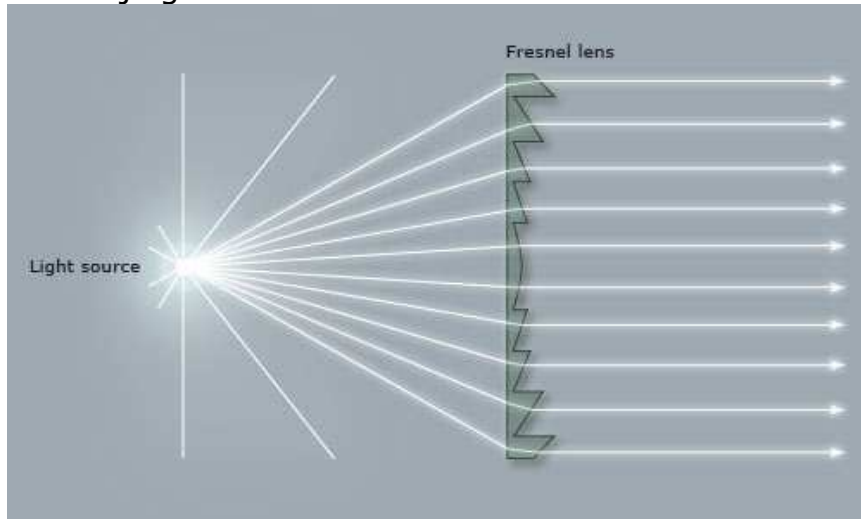
Symbol: S ; eenheid dpt (dioptrie)

Er geldt:
$$S = \frac{1}{f}$$

(f is de brandpuntsafstand in m)

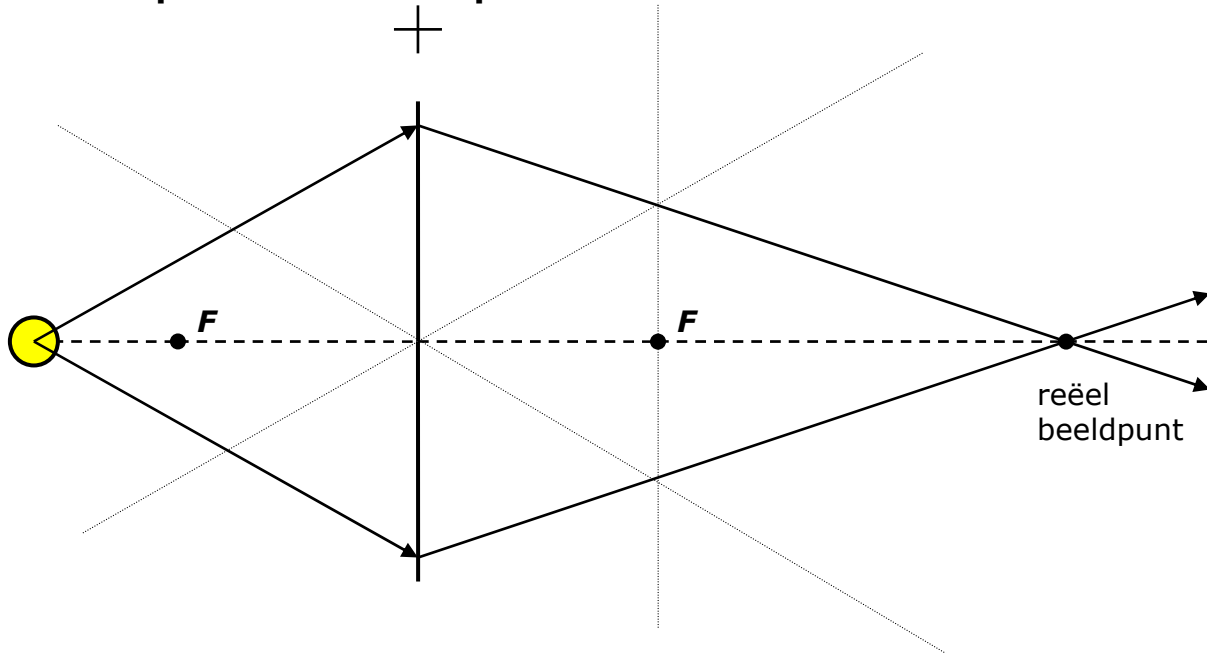
1. Lamp op de brandpuntsafstand

Als een lamp zich in het brandpunt voor een lens bevindt, ontstaat een evenwijdige lichtbundel.



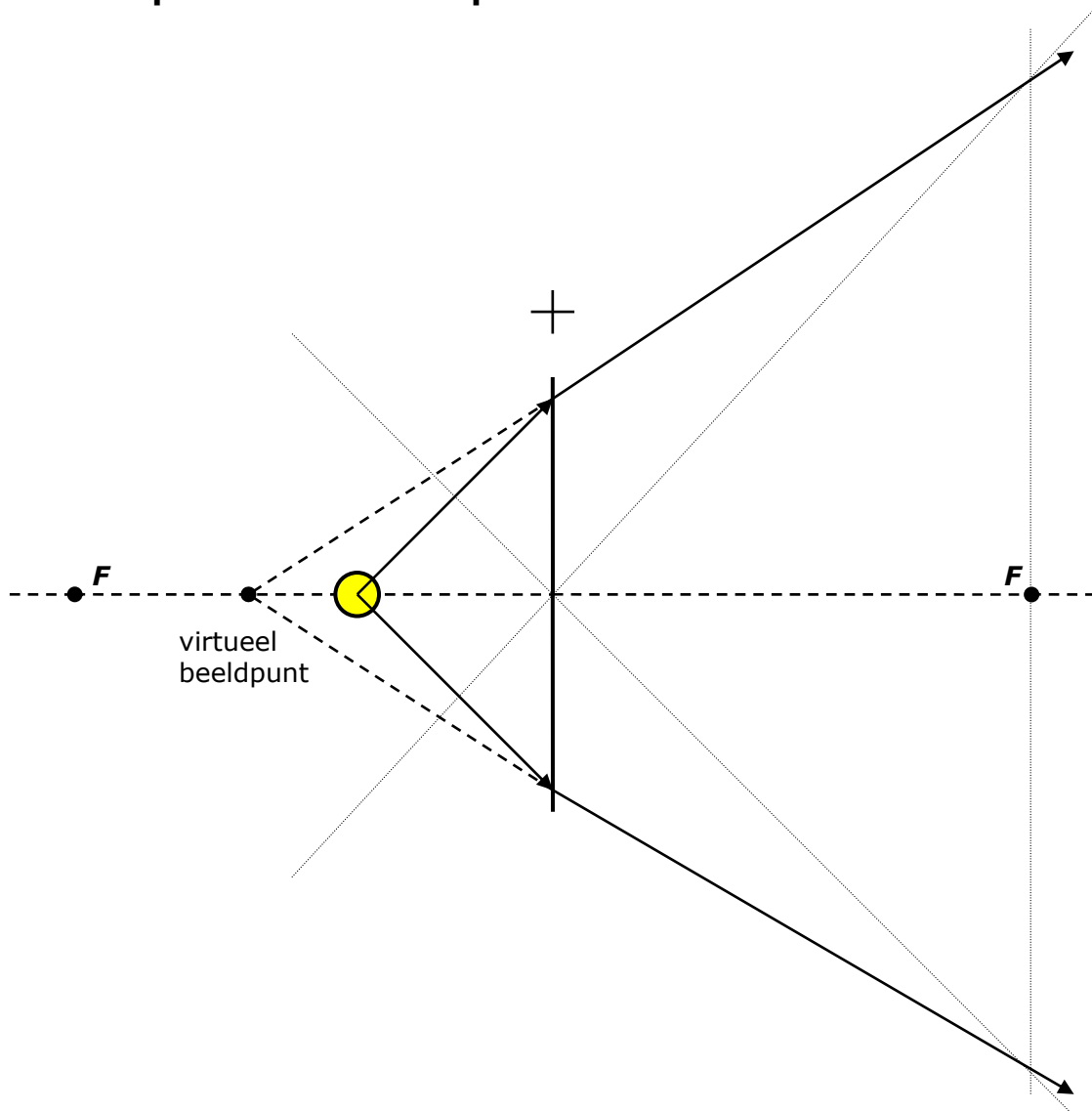
Dit gebeurt in een vuurtoren met een zogenaamde Fresnel lens. Dit is een sterke lens, die toch dun is.

2. Lamp buiten de brandpuntsafstand



De lichtstralen convergeren achter de lens. Er wordt een **reëel beeld** gevormd. Alle lichtstralen afkomstig van het voorwerp komen samen in het beeldpunt.

3. Lamp binnen de brandpuntsafstand



De lichtstralen divergeren¹¹ achter de lens. Er wordt een **virtueel beeld** gevormd. Alle lichtstralen afkomstig van het voorwerp lijken uit het virtuele beeldpunt te komen.

Voorwerpsafstand v De afstand van het voorwerp tot de lens

Beeldafstand b De afstand van het beeld tot de lens:

- ☐ Virtueel beeld $b < 0$
- ☐ Reëel beeld $b > 0$

Practicum 2

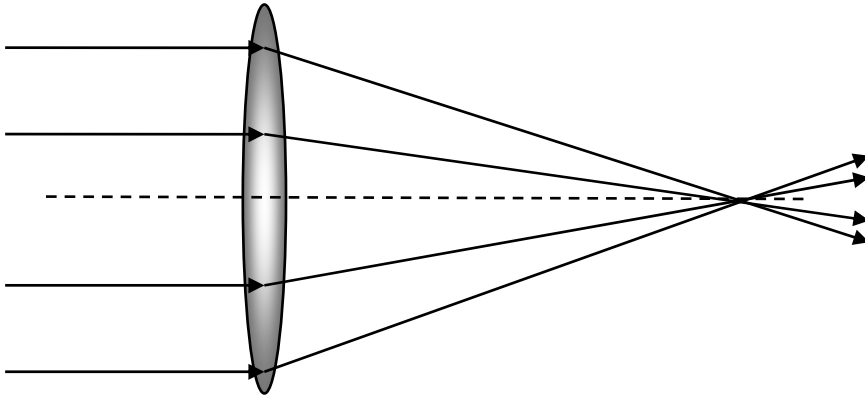
¹¹ Ook hier is sprake van convergerende werking, omdat de lichtstralen achter de lens minder sterk divergeren dan voor de lens.

Opgaven

8. Leestekst: Huygens' lens:
<http://www.kennislink.nl/publicaties/350-jaar-huygenslens>
Is het portret op de gevel van de school van Christiaan Huygens?

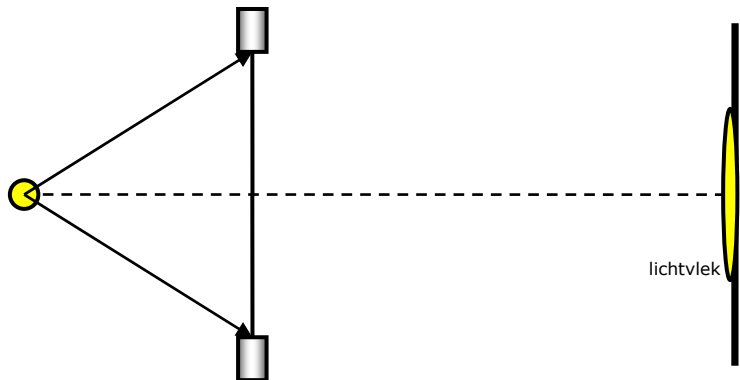
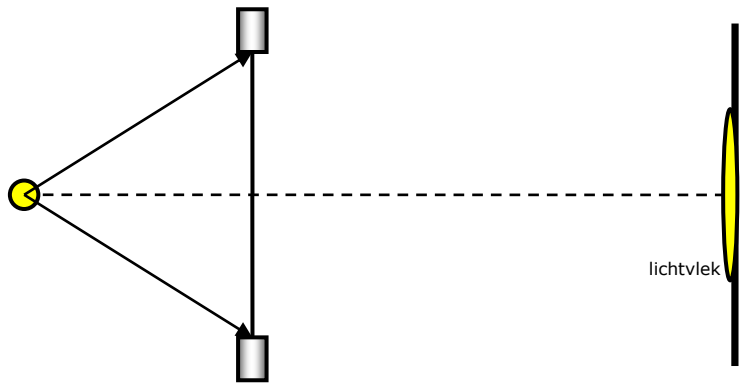


9. De tekening is op ware grootte. Bepaal de sterkte van de lens.

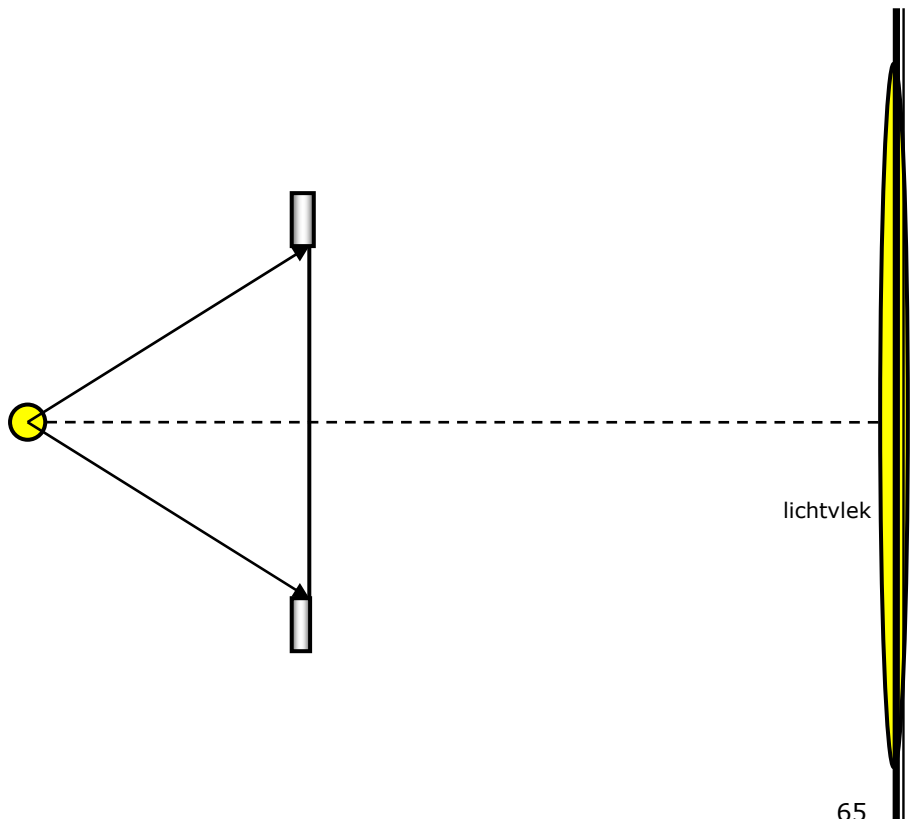
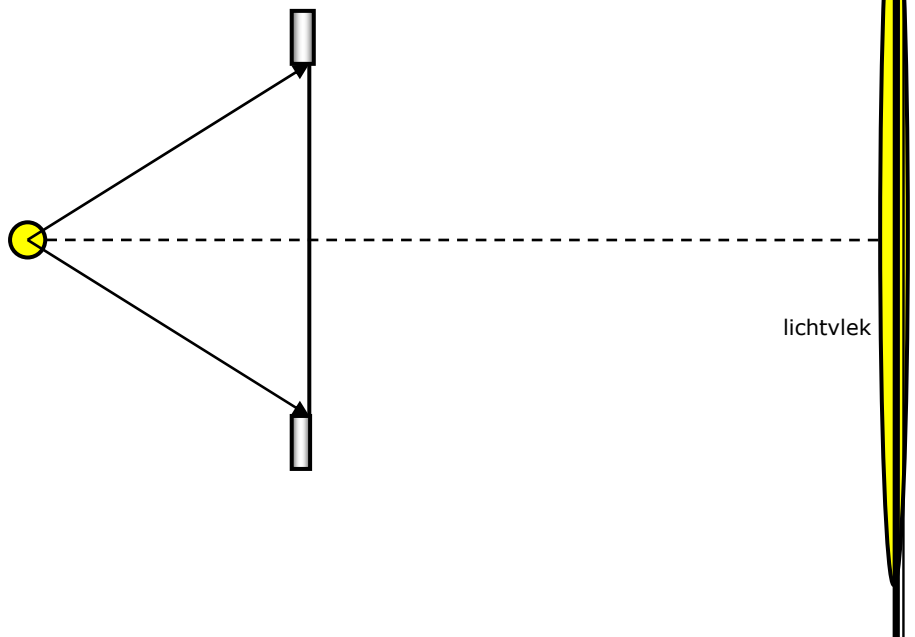


10. Waarom is het wenselijk dat een Fresnel lens dun is?
11. Beantwoord m.b.v. de applet de zeven vragen op:
https://fys.kuleuven.be/pradem/applets/RUG/lenzen/index.htm#De_convexe_lens
12. Neem aan dat de tekening bovenaan bladzijde 58 op ware grootte is.
- A. Hoe groot is de voorwerpsafstand v ?
 - B. Hoe groot is de beeldafstand b ?
 - C. Hoe groot is de brandpuntsafstand f ?
13. Neem aan dat de tekening onderaan bladzijde 58 op ware grootte is.
- A. Hoe groot is de voorwerpsafstand v ?
 - B. Hoe groot is de beeldafstand b ?
 - C. Hoe groot is de brandpuntsafstand f ?
14. Neem aan dat de tekening op bladzijde 60 op ware grootte is.
- A. Hoe groot is de voorwerpsafstand v ?
 - B. Hoe groot is de beeldafstand b ?
 - C. Hoe groot is de brandpuntsafstand f ?

15. Een lamp staat op de hoofdas voor een bolle lens.
De lichtstralen maken een lichtvlek op een scherm achter de lens.
De tekening is op ware grootte.
- A. Bepaal waar de brandpunten van de lens zijn (er zijn twee oplossingen).
- B. Teken in beide gevallen het beeld van de lamp.



16. Een lamp staat op de hoofdas voor een bolle lens.
De lichtstralen maken een lichtvlek op een scherm achter de lens.
De tekening is op ware grootte.
A. Bepaal de brandpuntsafstand van de lens (er zijn twee oplossingen).
B. Bepaal in beide gevallen de beeldafstand.



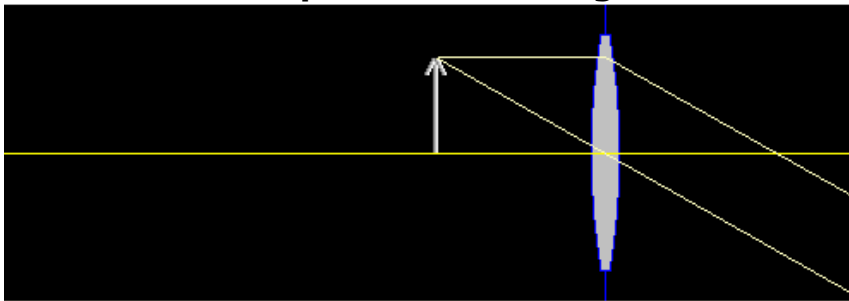
§4 Afbeelding van een voorwerp

Het **voorwerp** is het punt waar de lichtstralen vandaan komen. Deze lichtstralen vormen een divergerende lichtbundel.

Drie lichtstralen zijn **constructiestralen**:

- De lichtstraal door het optisch middelpunt O verandert in de lens niet van richting.
- De lichtstraal evenwijdig aan de hoofdas gaat achter de lens door het brandpunt F .
- De lichtstraal door het brandpunt F voor de lens gaat achter de lens evenwijdig aan de hoofdas.

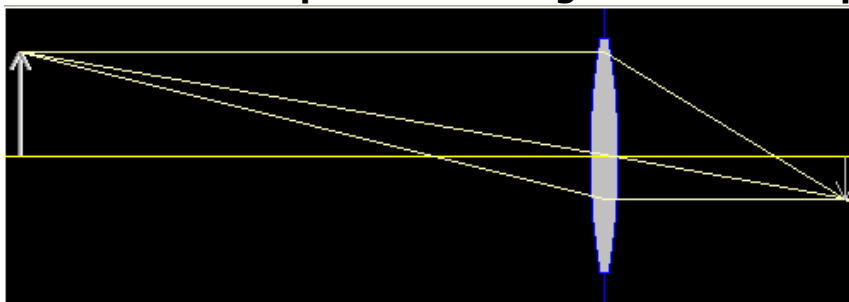
1. Het voorwerp is even ver weg als het brandpunt: $v = f$



Er wordt geen beeld gevormd¹².

Alle lichtstralen afkomstig uit de punt van de pijl vormen achter de lens een evenwijdige bundel en snijden elkaar dus niet.

2. Het voorwerp is verder weg dan het brandpunt: $v > f$



Er wordt een reëel beeld achter de lens gevormd.

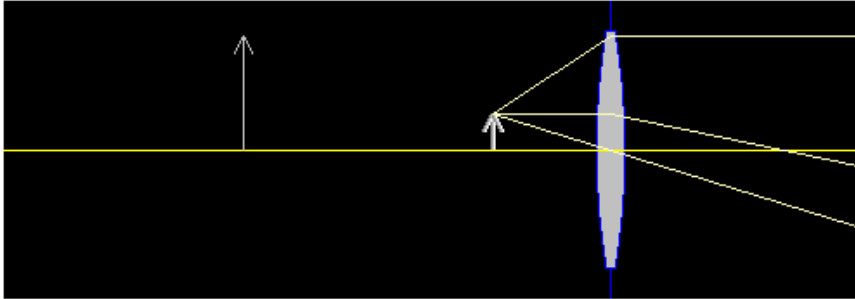
Alle lichtstralen afkomstig van het voorwerp gaan achter de lens door het reële beeld. Ga na waar de brandpunten van deze lens zich bevinden.

Reële afbeeldingen worden gemaakt door een fototoestel, door je oog en door een projector. Het beeld wordt daarbij gevormd op de film/chip, op je netvlies en op het projectiescherm.

Een reëel beeld staat altijd 'op zijn kop'.

¹² Het beeld wordt 'in het oneindige' gevormd: $b = \infty$.

3. Het voorwerp is dichterbij dan het brandpunt: $v < f$



Er wordt een virtueel beeld voor de lens gevormd.
Alle lichtstralen afkomstig uit de punt van de pijl lijken afkomstig uit het virtuele beeld van de punt van de pijl.
Ga na waar de brandpunten van deze lens zich bevinden.

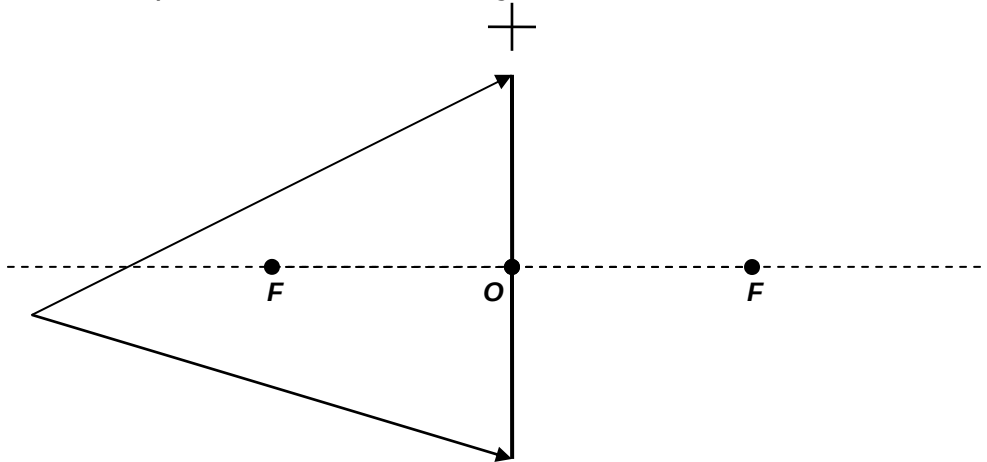
Virtuele afbeeldingen worden gemaakt door een vergrootglas.
Een virtueel beeld staat altijd 'rechttop'.



Bestudeer: http://virtueelpracticumlokaal.nl/Lens_nl/lens_nl.html

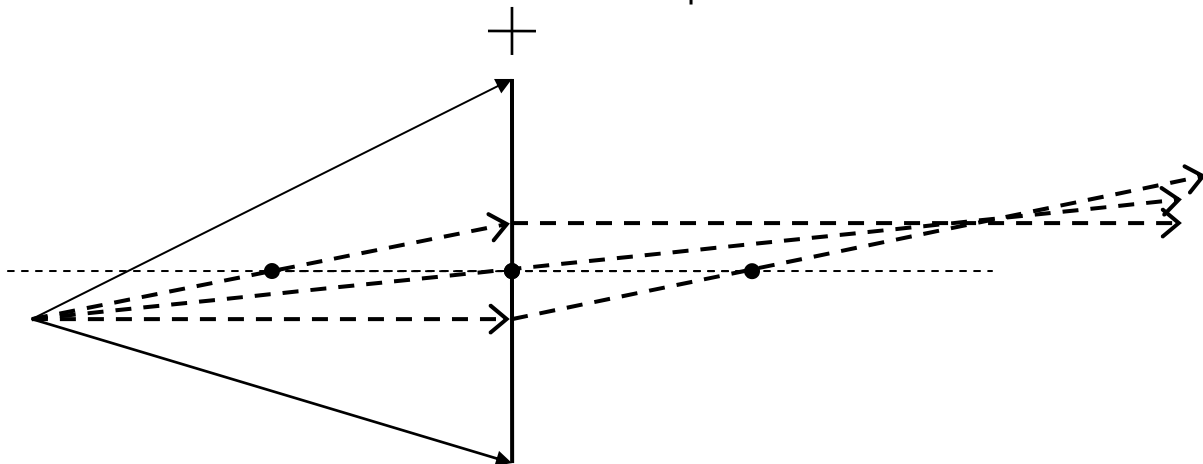
Tekenvoorbeeld 3

Een lichtbundel valt op een bolle lens.
De brandpunten van de lens zijn bekend.

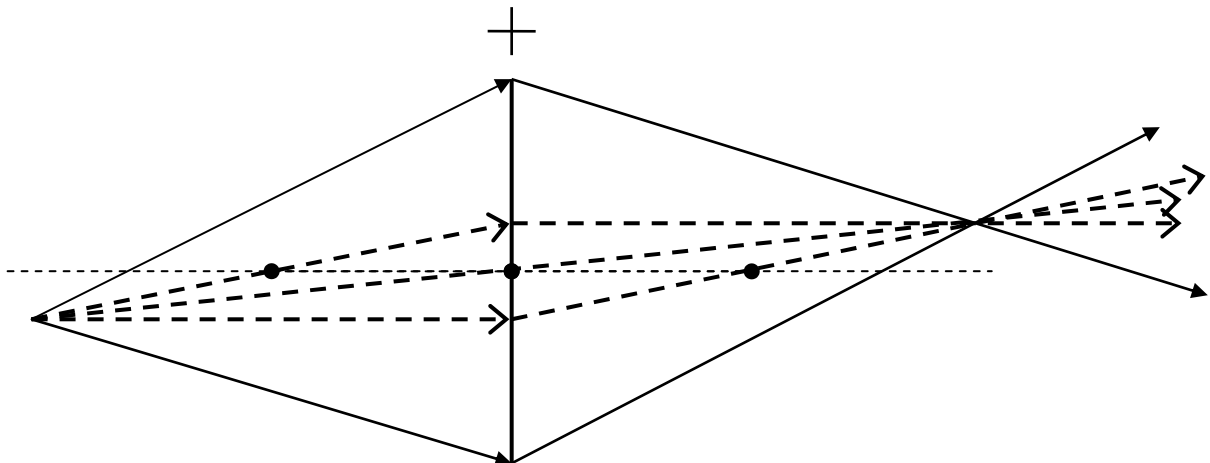


Oplossing:

Teken met de constructiestralen het beeldpunt.

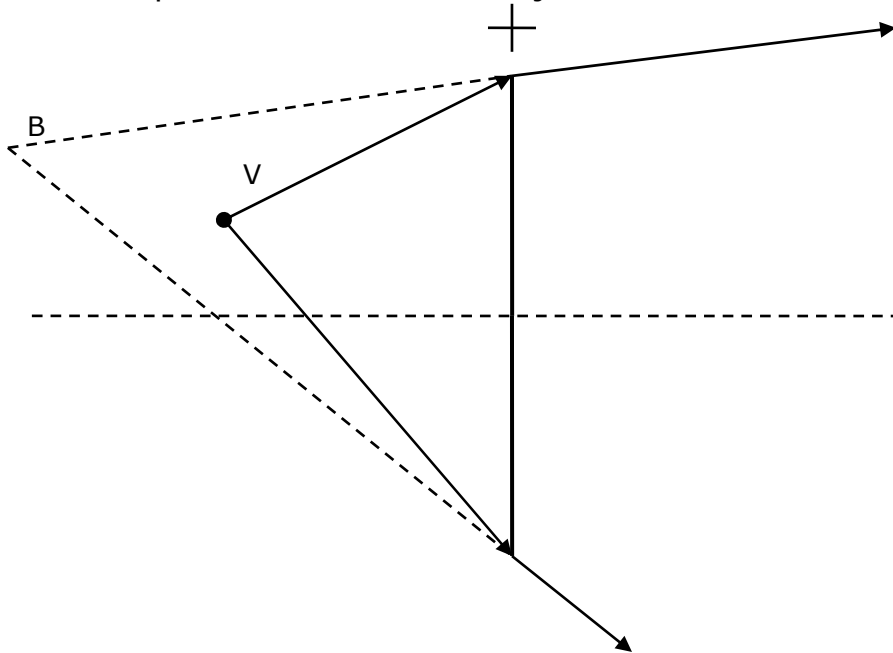


Alle lichtstralen, afkomstig van het voorwerp, gaan door het reële beeldpunt.



Tekenvoorbeeld 4

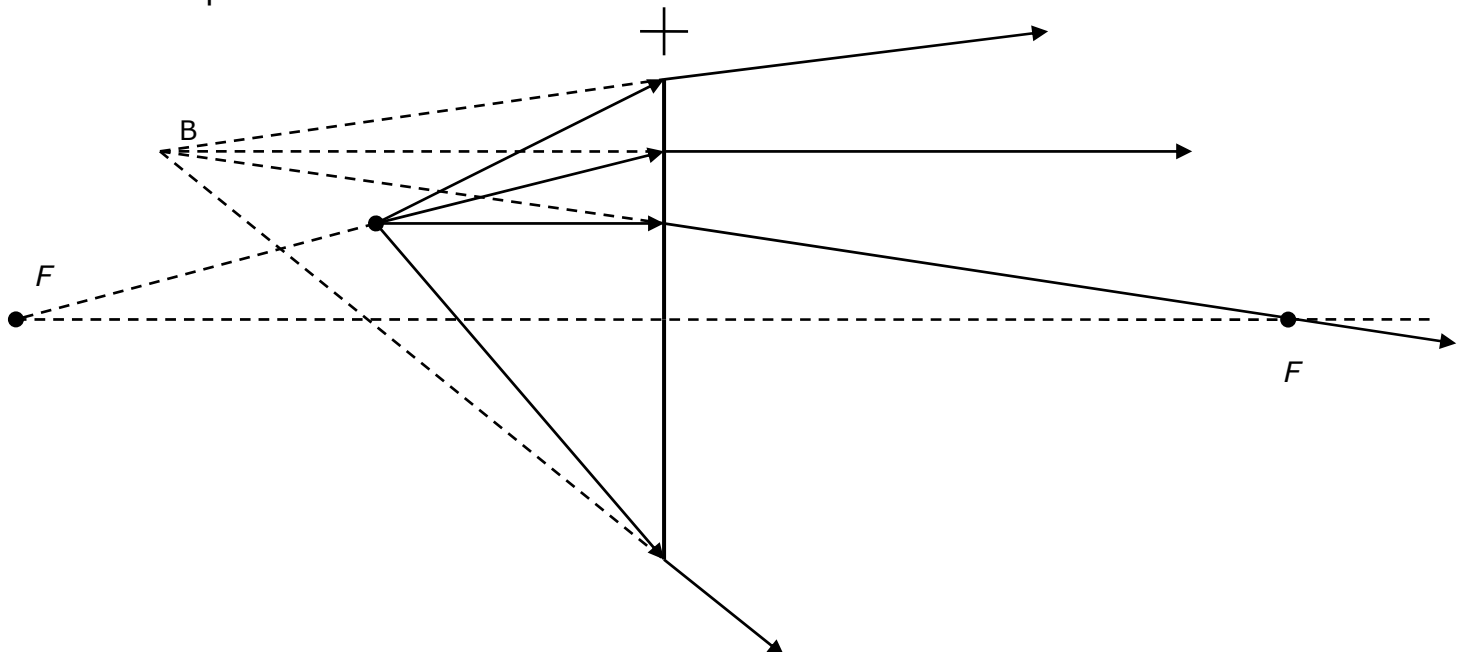
Van het voorwerp V wordt een virtueel beeld B gevormd.
De brandpunten van deze lens zijn nu te tekenen.



Oplossing:

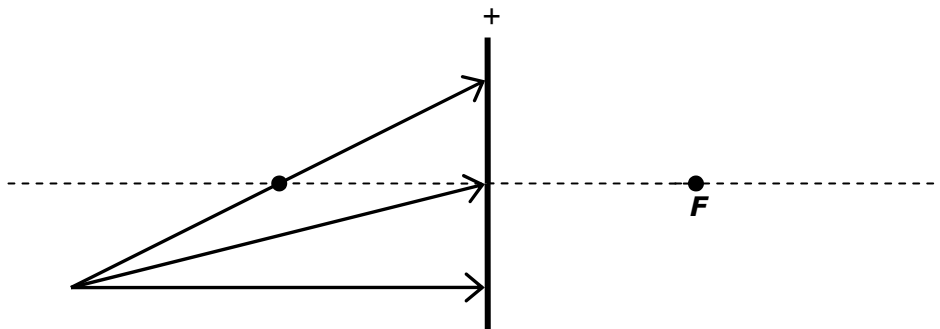
Teken de constructiestraal evenwijdig aan de hoofdas naar de lens.
Deze straal lijkt uit het virtuele beeld te komen. Hij gaat door het brandpunt achter de lens.

Teken de constructiestraal evenwijdig aan de hoofdas achter de lens.
Ook deze straal lijkt uit het virtuele beeld te komen. Hij 'komt uit' het brandpunt voor de lens.



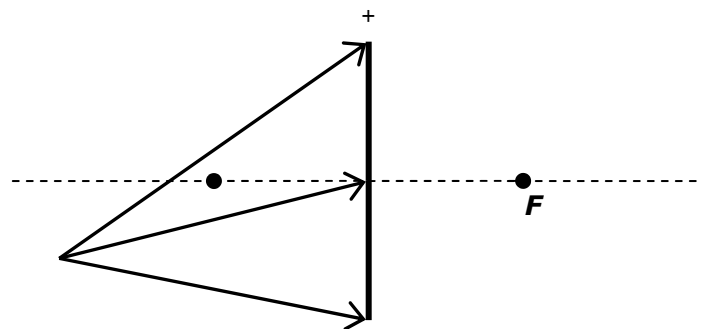
Opgaven

17. Teken hoe de lichtstralen verder gaan.



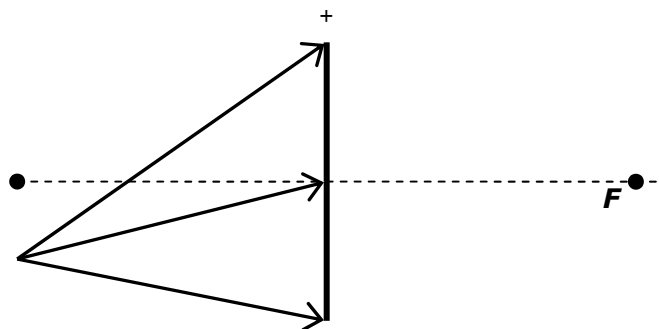
18. Teken hoe de lichtstralen verder gaan.

De tekening is op ware grootte. Hoe groot is b ?



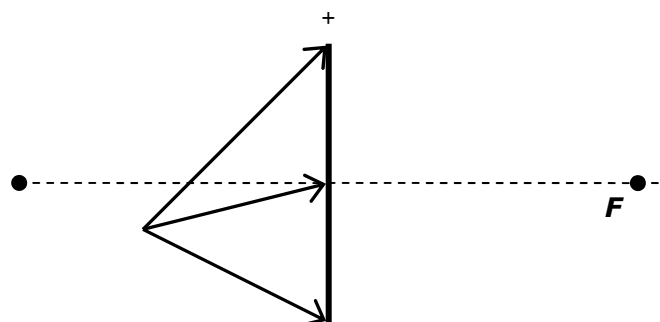
19. Teken hoe de lichtstralen verder gaan.

De tekening is op ware grootte. Hoe groot is b ?

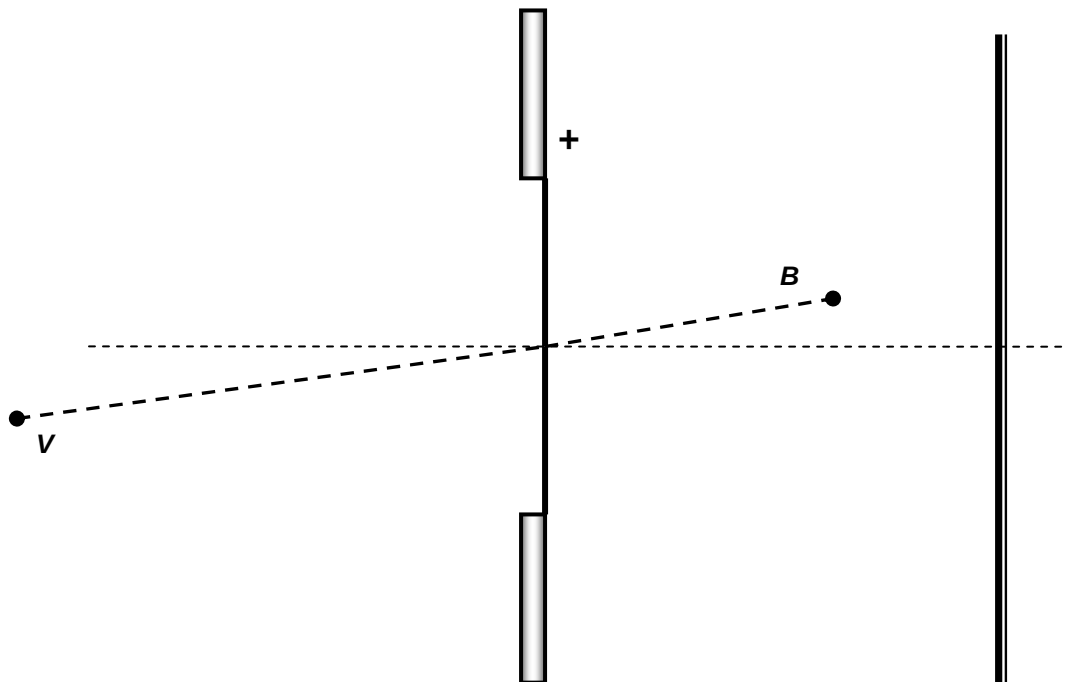


20. Teken hoe de lichtstralen verder gaan.

De tekening is op ware grootte. Hoe groot is b ?

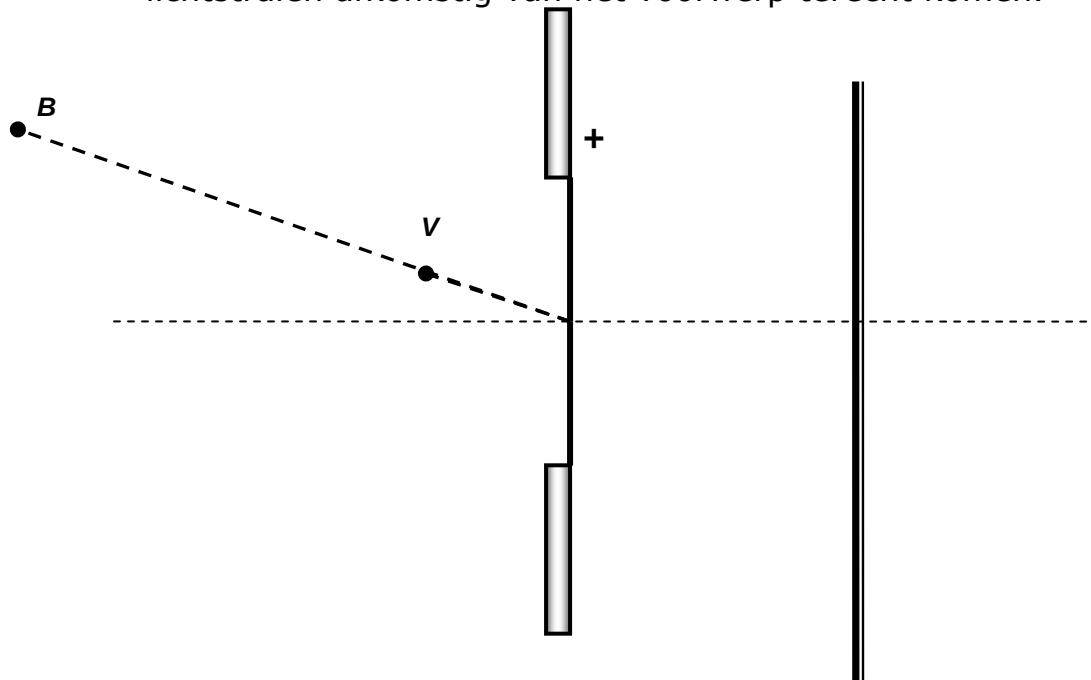


21. Een leerling wil met zonlicht en een lens papier in de fik steken.
Hij kan kiezen uit twee positieve lenzen:
De ene lens is groot (diameter 10 cm), maar niet zo sterk (4 dpt).
De andere lens is klein (diameter 2 cm), maar wel sterk (20 dpt).
Leg uit welke lens ze het best kunnen gebruiken om het papier zo snel mogelijk in de fik te steken (of maakt het niets uit welke lens zij kiezen?).
22. Het voorwerp **V** bevindt zich voor de lens.
Het beeld **B** wordt achter de lens gevormd.
- A. Is dit een reëel of een virtueel beeld?
 - B. Teken de waar de brandpunten zijn.
 - C. Achter de lens is een scherm. Teken op welk deel van de scherm lichtstralen afkomstig van het voorwerp terecht komen.

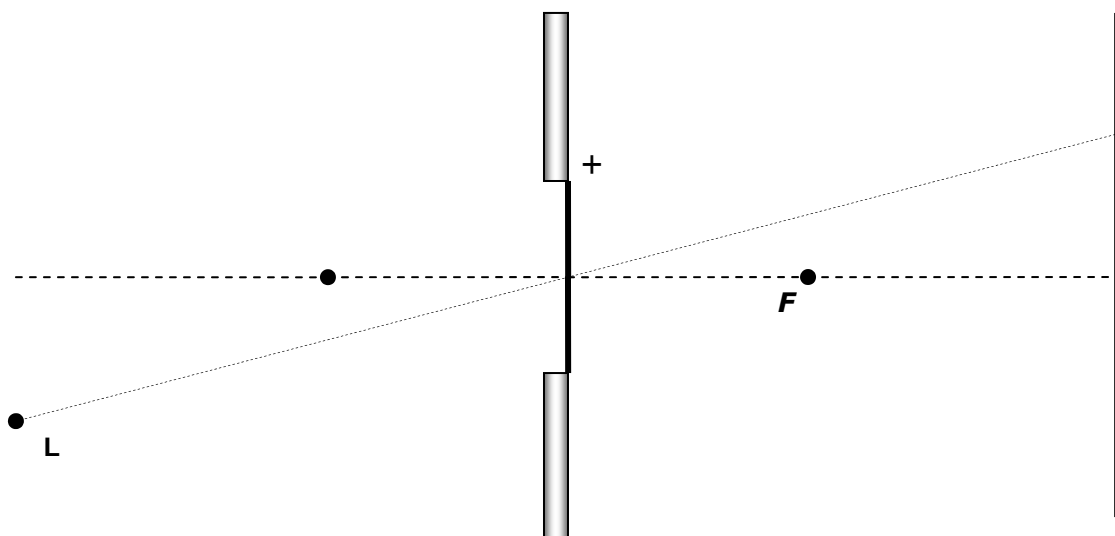


23. Teken een hoofdas met een bolle lens; brandpuntsafstand $f = 3$ cm.
Teken een voorwerp **V** op 8 cm voor de lens op 4 cm boven de hoofdas.
Construeer met de drie constructiestralen de plaats van het beeld **B**.
24. Teken een hoofdas met een bolle lens; brandpuntsafstand $f = 5$ cm.
Teken een voorwerp **V** op 3 cm voor de lens op 2 cm boven de hoofdas.
Construeer met de drie constructiestralen de plaats van het beeld **B**.

25. Het voorwerp **V** bevindt zich voor de lens. Het beeld **B** wordt voor de lens gevormd.
- Is dit een reëel of een virtueel beeld?
 - Teken de waar de brandpunten zijn.
 - Achter de lens is een scherm. Teken op welk deel van de scherm lichtstralen afkomstig van het voorwerp terecht komen.



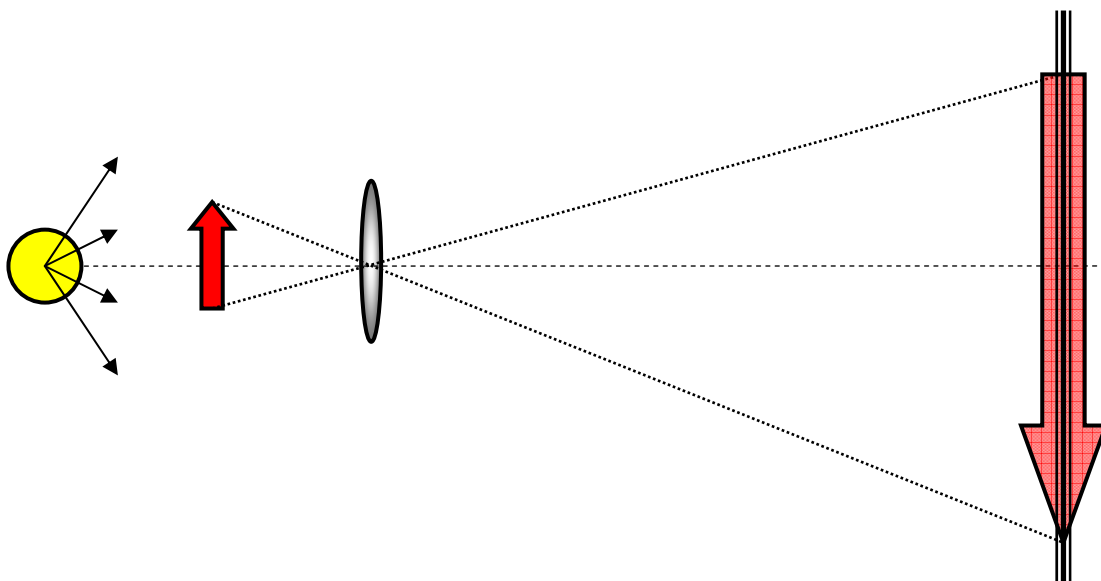
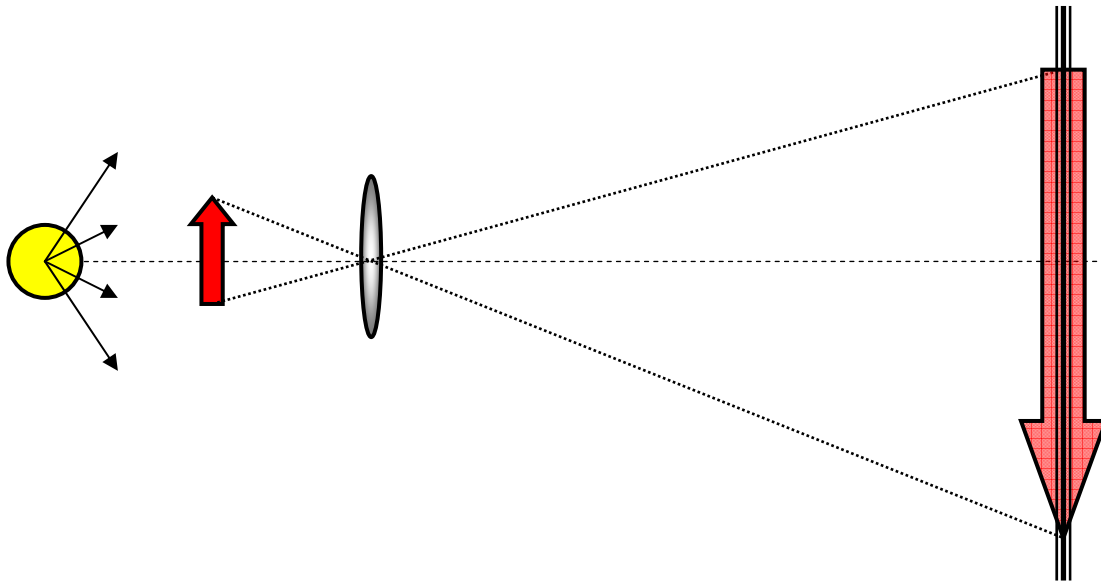
26. Een lampje **L** bevindt zich voor een lens. Tussen het lampje en de lens is een diafragma, dat een deel van het licht tegenhoudt. Teken op welk deel van het scherm licht van het lampje terecht komt.



27. In een beamer wordt een LCD afgebeeld op een scherm.
De LCD wordt verlicht door de projectorlamp.

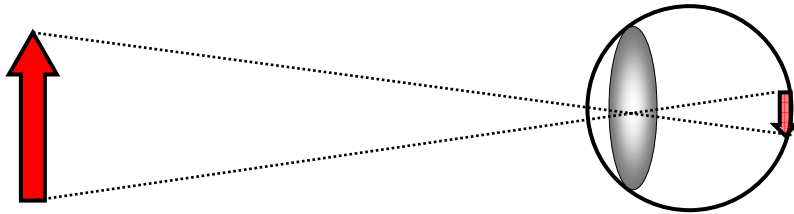
Het beeld van de lamp wordt niet op het scherm gevormd.

- A. Leg uit waarom niet.
B. Construeer waar het beeld van de lamp wordt gevormd.

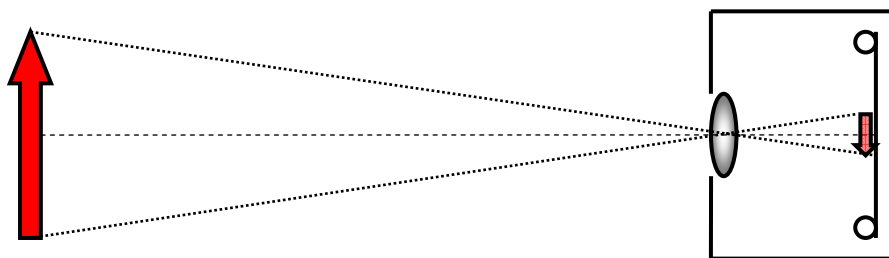


§5 Vergroting

Bij een afbeelding in je oog en bij een fototoestel is het beeld kleiner dan het voorwerp.

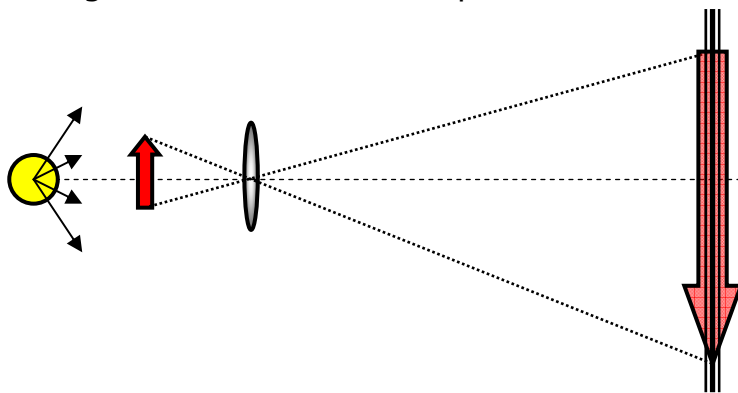


Tekening op ware grootte

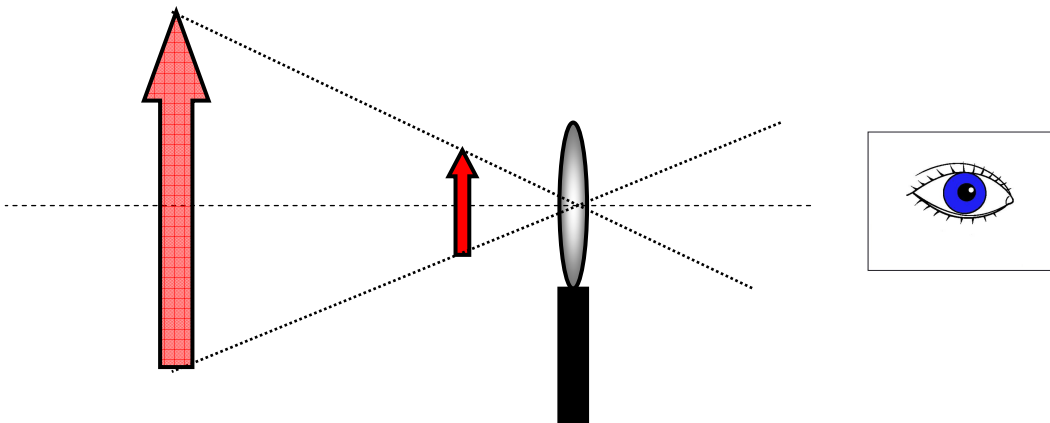


Schaal 1 : 4, d.w.z.
1 cm tekening = 4 cm echt

Bij een afbeelding in een projector (beamer) en bij een vergrootglas is het beeld groter dan het voorwerp.



Schaal 1 : 100



Schaal 1 : 2

Vergroting

Symbol: N ; geen eenheid¹³

Er geldt:
$$N = \frac{B}{V}$$

B en V zijn de grootte (lengte) van het beeld en van het voorwerp.

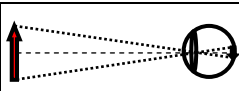
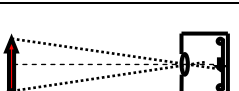
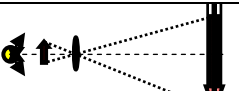
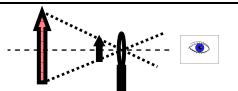
Deze verhouding is precies gelijk aan de verhouding van de beeldafstand b en de voorwerpsafstand v . Er geldt dus ook¹⁴:

$$N = \left| \frac{b}{v} \right|$$

- $0 < N < 1$ Het beeld is korter dan het voorwerp (verkleining)
- $N = 1$ Het beeld en het voorwerp zijn even lang
- $N > 1$ Het beeld is langer dan het voorwerp (vergroting)

Opgave

28. Bij de tekeningen op de vorige bladzijde is de schaal aangegeven.
Vul daarmee de tabel in:

	 oog	 fototoestel	 projector	 loep
Grootte beeld B				
Grootte voorwerp V				
Vergroting $N = B/V$				
Beeldafstand b				
Voorwerpsafstand v				
Vergroting $N = b /v$				

¹³ N is de vergrotingsfactor en heeft dus geen eenheid.

B en V (b en v) moeten in dezelfde eenheid worden ingevuld.

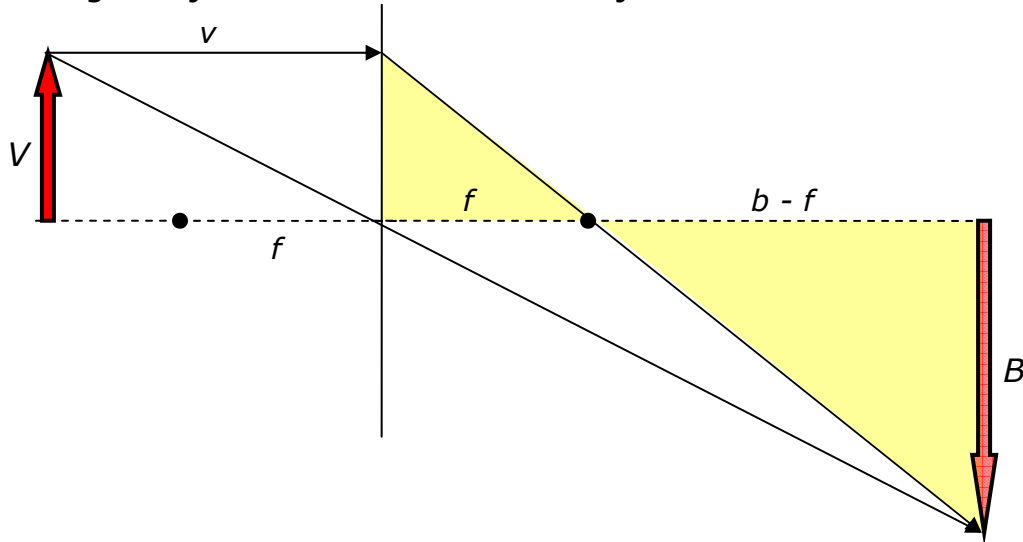
¹⁴ De 'absoluutstrepen' zijn nodig, omdat bij virtuele beelden de beeldafstand negatief is.

§6 Lenzenformule

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

Bewijs

Wiskundig bewijs van de lenzenformule bij reëel beeld



De twee gele driehoeken zijn gelijkvormig

$$\rightarrow \frac{B}{V} = \frac{b-f}{f} = \frac{b}{v}$$

Links en rechts delen door b

$$\rightarrow \frac{b/b - f/b}{f} = \frac{b/b}{v}$$

Vereenvoudigen geeft

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

Oftewel

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

Q.E.D.

Bewijs de lenzenformule bij een virtueel beeld.



Rekenen met breuken

Bij het optellen en aftrekken van breuken moeten de noemers gelijk zijn.

Rekenvoorbeeld 1

Van een negatief wordt een afdruk (afbeelding) op fotopapier gemaakt.

Gegeven:

De lens heeft een brandpuntsafstand van 12 cm.

Het negatief is 150 mm van de lens.

Bereken op welke afstand van de lens het fotopapier moet zijn.

Oplossing:

Het negatief is het voorwerp van de afbeelding: $v = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$.

Het beeld moet op het fotopapier worden gevormd: b moet worden berekend.

Om b met de lenzenformule te berekenen moet eerst $1/b$ worden berekend.

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{1}{12} - \frac{1}{15} = \frac{5}{60} - \frac{4}{60} = \frac{1}{60} \rightarrow b = \frac{60}{1} = 60 \text{ cm}$$



Rekenvoorbeeld 2

Er wordt een foto gemaakt van een klaproos.

Gegevens:

De lens van de camera heeft een brandpuntsafstand van 20 mm.

Het fotorolletje is 2,25 cm achter de lens.

Bereken hoe ver de fotograaf stond toen hij de foto van de klaproos maakte.

Oplossing:

Het beeld wordt op het filmrolletje gevormd: $b = 2,25 \text{ cm} = 22,5 \text{ mm}$.

De klaproos is het voorwerp: v moet worden berekend.

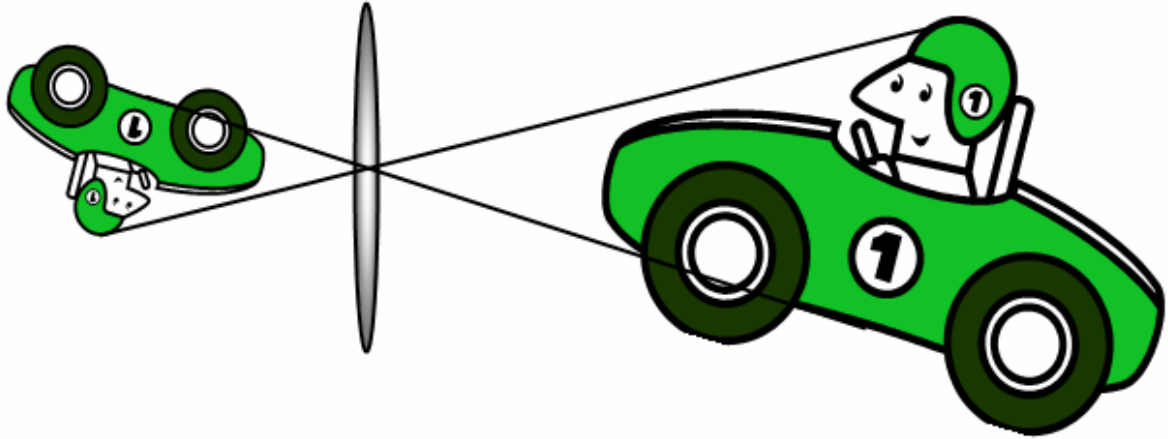
Om v met de lenzenformule te berekenen moet eerst $1/v$ worden berekend.

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b} = \frac{1}{20} - \frac{1}{22,5} = \frac{22,5}{20 \cdot 22,5} - \frac{20}{20 \cdot 22,5} = \frac{2,5}{450} \rightarrow v = \frac{450}{2,5} = 180 \text{ mm}$$



Rekenvoorbeeld 3

Bij het practicum wordt een afbeelding gemaakt van een dia op een scherm.



Gegeven:

De dia staat 8 cm voor de lens. Het scherm is 24 cm achter de lens.

Bereken de sterkte van de lens.

Oplossing:

De dia is het voorwerp: $v = 8$ cm. Het beeld wordt op het scherm gevormd: $b = 24$ cm. Om de sterkte van de lens uit te rekenen moet de brandpuntsafstand f (en dus eerst $1/f$) worden berekend.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{8} + \frac{1}{24} = \frac{3}{24} + \frac{1}{24} = \frac{4}{24} \rightarrow f = \frac{24}{4} = 6 \text{ cm}$$

Om de sterkte uit te rekenen moet de brandpuntsafstand in meter.

$$S = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,06} = 16,7 \text{ dpt}$$

'Alternatieve' oplossing:

$$S = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{0,08} + \frac{1}{0,24} = 16,7 \text{ dpt}$$

Rekenen met rekenmachine

Rekenen met breuken kan ook gemakkelijk met een rekenmachine.

Gebruik x^{-1} of $1/x$.



Practicum 3

Opgaven



29. Een voorwerp is 4 cm groot en bevindt zich 8 cm voor een lens. De brandpuntsafstand van de lens is 3 cm.
- A. Bereken de beeldafstand.
 - B. Bereken de grootte van het beeld.
 - C. Vergelijk beide antwoorden met de tekening van opgave 23.



30. De brandpuntsafstand van een lens is 5 cm.
- A. Bereken de sterkte van de lens.
- Een voorwerp is 2 cm groot en bevindt zich 3 cm voor de lens.
- B. Bereken de beeldafstand.
 - C. Bereken de grootte van het beeld.
 - D. Vergelijk beide antwoorden met de tekening van opgave 24.



31. Een lens heeft een sterkte van 25 dpt. De lens vormt van een voorwerp een beeld op een scherm. Het scherm staat 8 cm achter de lens.
- A. Bereken de voorwerpsafstand.
 - B. Bereken de vergroting.



32. Een voorwerp staat 6 cm voor een lens. De lens vormt van het voorwerp een beeld op een scherm. Het beeld is 2 x zo klein als het voorwerp.
- A. Bereken de beeldafstand.
 - B. Bereken de brandpuntsafstand van de lens.

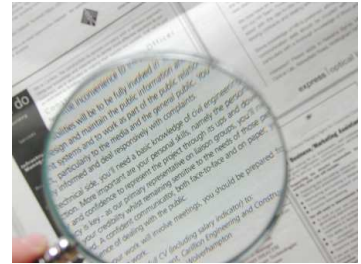


33. De dia van een vrouw wordt geprojecteerd. Deze dia is hiernaast op ware grootte weergegeven. De lens in een dia-apparaat heeft een brandpuntsafstand van 7,8 cm. Het beeld van de dia wordt gevormd op een scherm op 3,2 m afstand van deze lens.
- A. Leg uit waarom de dia 'op z'n kop' in de projector moet worden geplaatst.
 - B. Bereken de sterkte van de lens.
 - C. Bereken de afstand van de dia tot de lens.
 - D. Bereken de vergroting.
 - E. Bepaal hoe groot de vrouw op het scherm wordt afgebeeld.
- De dia gaat bol staan, doordat hij heet wordt van de projectorlamp.
- F. Wat zie je nu op het scherm?



34. Met een vergrootglas wordt een tekst in een krant gelezen. De krant is 5 cm van de lens. De tekst wordt 1,5 x vergroot.

- A. Leg uit dat er een virtueel beeld wordt gevormd.
B. Bereken de beeldafstand.
C. Bereken de brandpuntsafstand van de lens.



35. Het hoofd van de vrouw is op de dia 12 mm hoog. Deze dia wordt (scherp) afgebeeld op een diascherm. Het scherm staat 4 m bij de lens van de projector vandaan.

Het hoofd is op het scherm 96 cm hoog.

- A. Bereken de vergroting.
B. Bereken de afstand van de dia tot de lens van de projector.
C. Bereken de brandpuntsafstand van de lens.
D. Leg uit wat er aan het beeld op het scherm verandert, als de onderste helft van de lens met ondoorzichtig tape wordt afgeplakt.



Twee vergelijkingen met twee onbekenden: substitutie

36. Met een lens ($f = 12$ cm) wordt een 2 x vergroot reëel beeld gevormd. Er geldt dus:

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{v} + \frac{1}{b} \quad \text{én} \quad \frac{b}{v} = 2$$

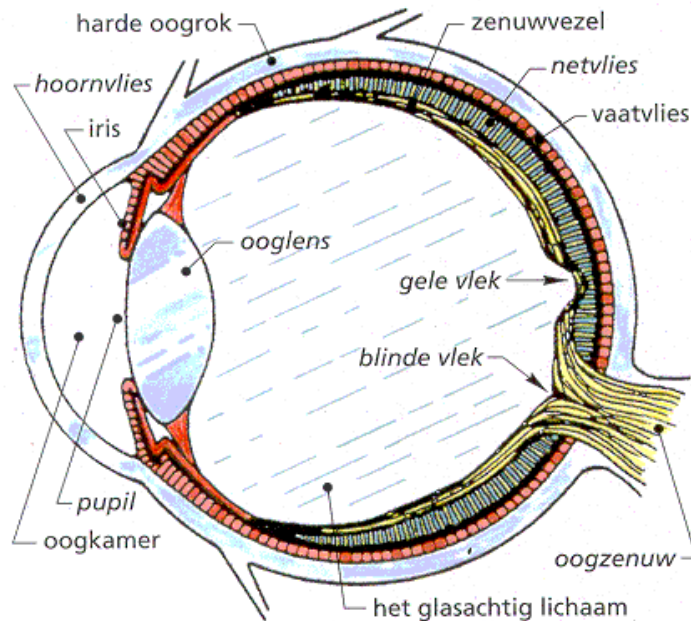
Bereken m.b.v. substitutie de beeldafstand b en de voorwerpsafstand v .



37. Met een lens ($f = 12$ cm) wordt een 4 x vergroot virtueel beeld gevormd. Bereken de beeldafstand b en de voorwerpsafstand v .



§7 Oog



1. Pupil

De pupil is de opening in de iris, waardoor het licht het oog binnengaat. De iris zorgt ervoor dat de pupil groter of kleiner wordt afhankelijk van de hoeveelheid licht.

2. Ooglens

De combinatie van hoornvlies, oogkamer en ooglens zorgt voor een convergerende werking (breking van lichtstralen). De ooglens kan boller worden gemaakt. Dit accommodatievermogen gaat bij mensen tussen 40 en 50 jaar achteruit, doordat de lens minder elastisch wordt.

3. Netvlies

Op het netvlies bevinden zich lichtgevoelige zintuigcellen; staafjes en kegeltjes (voor rood, groen en blauw licht). Het aantal zintuigcellen is het grootst in de gele vlek. In de blinde vlek zijn geen zintuigcellen.

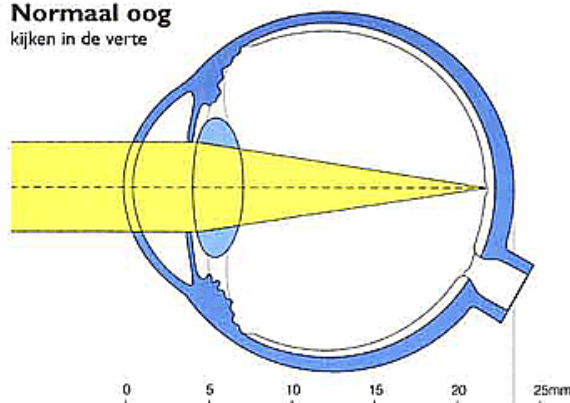
Het is nodig dat het beeld op het netvlies wordt gevormd.
Je ziet het voorwerp scherp.

Accommoderen

Van een ver voorwerp komen de lichtstralen als een 'evenwijdige' bundel in het oog.

De ooglenz is **ongeaccommodeerd** en de lichtstralen komen bij 'normale' ogen op het netvlies samen.

Normaal oog
kijken in de verte



Bijziendheid	Verziendheid
Bijziendheid	Verziend oog
Het ongeaccommodeerde oog is te sterk. Het beeld wordt niet op, maar voor het netvlies gevormd.	Het ongeaccommodeerde oog is niet sterk genoeg. Het beeld wordt niet op, maar achter het netvlies gevormd.
Een negatieve bril (contactlenzen) kan ervoor zorgen dat het beeld toch op het netvlies wordt gevormd.	Een positieve bril (contactlenzen) kan ervoor zorgen dat het beeld toch op het netvlies wordt gevormd.
De bril helpt bij ver weg kijken.	De bril helpt bij ver weg kijken.

Van een voorwerp (heel) dichtbij komen de lichtstralen als een (sterk) divergerende bundel in het oog.

Om de lichtstralen toch op het netvlies samen te brengen, moet het oog accommoderen; de ooglenz moet boller (sterker) worden.

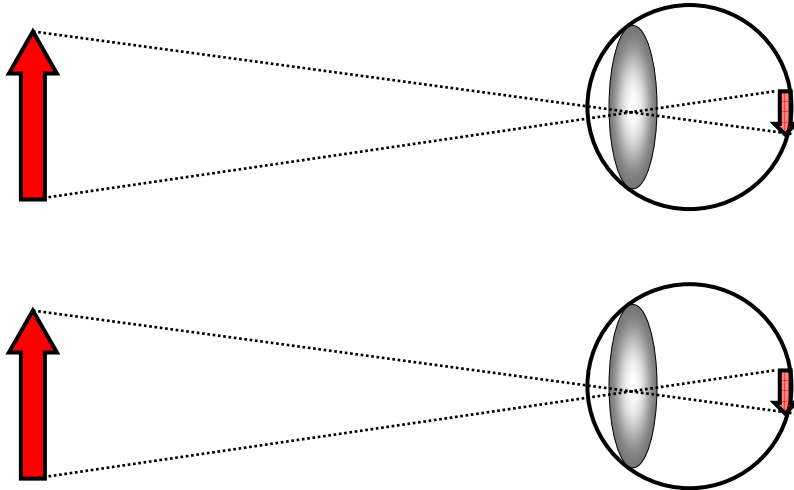
Maximale accommodatie is nodig om zo dichtbij mogelijk te kijken.

Bij **oudziendheid** is het accommodatievermogen zodanig verslechterd, dat een (positieve) leesbril nodig is om dicht bij te kijken.



Opgaven

38. Een voorwerp wordt door de ooglenzen op het netvlies afgebeeld. De schematische tekening is op ware grootte. Bepaal de brandpuntsafstand van de lens
- A. m.b.v. de 'lenzenformule'
B. m.b.v. een geschikte constructiestraal.



39. Bij een 'normaal' oog is de afstand van ooglenzen tot netvlies is 20 mm.
- A. Bereken de sterkte van het ongeaccommodeerde oog.
De maximale sterkte van de ooglenzen is 55 dpt.
B. Bereken de kleinste afstand waarop gelezen kan worden.



40. Brillen.
Bestudeer: <http://www.blundelloptometry.com/disorders.htm>



41. Blinde vlek.
Bestudeer: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Blinde_vlek_\(biologie\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Blinde_vlek_(biologie))
Neem aan: de figuur op bladzijde 82 is een rechteroog.
- A. Is de dwarsdoorsnede een:
- ☐ Vooraanzicht
 - ☐ Boven aanzicht
 - ☐ Onder aanzicht
 - ☐ Zijaanzicht?
- B. Wat betekent het dat iemand 'ergens een blinde vlek voor heeft'?



42. Hoe sterk moet de bril (contactlenzen) zijn voor
- A. het bijziende oog op bladzijde 89
B. het verziende oog op bladzijde 89?

§8 Fototoestel

1. Diafragma

Het diafragma is de opening, waardoor het licht het toestel binnengaat.

Afhankelijk van de hoeveelheid licht en de belichtingstijd wordt een diafragma gekozen.

Een klein diafragma geeft een grote scherptediepte.

2. Objectief

Het objectief is een combinatie van lenzen, die de lichtstralen convergeren.

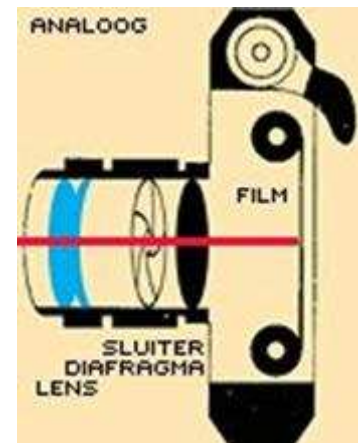
Door scherp te stellen wordt het beeld op de film/chip gevormd.

3. Film/chip

Bij een analoge camera moet het beeld op het fotorolletje komen. De film heeft een lichtgevoelige laag, die na belichting in een donkere kamer moet worden ontwikkeld.

Digitale camera's hebben een lichtgevoelige chip waarop het beeld moet worden gevormd. Het is achteraf mogelijk de foto digitaal te bewerken.

Het is nodig dat het beeld op de film/chip wordt gevormd.
De foto is scherp.



Scherp stellen

Van een ver voorwerp komen de lichtstralen als een 'evenwijdige' bundel in de camera. De film/chip moet dus in het brandvlak van het objectief zijn.

Van een voorwerp dichtbij komen de lichtstralen als een divergerende bundel in de camera. Om de lichtstralen op de film/chip samen te brengen, moet:

- ❑ de afstand tussen objectief en film/chip worden vergroot en/of
- ❑ de afstand tussen de lenzen in het objectief worden aangepast, zodat het objectief sterker wordt (zoomlens).

Scherptediepte

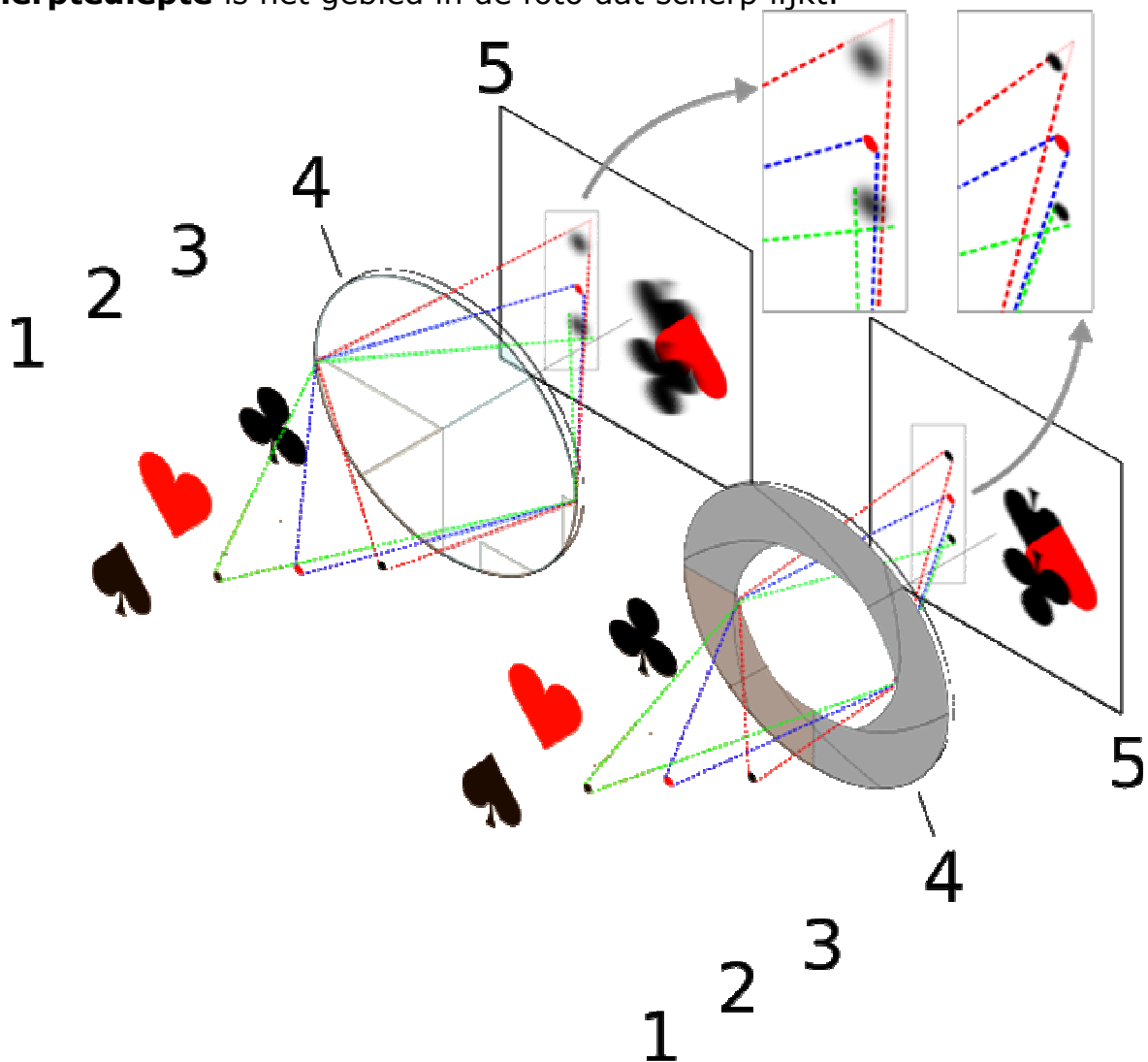
Er is slechts één afstand waarop het fototoestel¹⁵ scherp stelt.

- Voorwerpen die dichterbij zijn worden achter de film/chip afgebeeld.
- Voorwerpen die verder weg zijn worden voor de film/chip afgebeeld.

Deze voorwerpen zijn dus niet scherp afgebeeld. Op de film/chip ontstaat een lichtvlek.

Een klein diafragma maakt deze lichtvlekken klein en de voorwerpen op de foto toch goed herkenbaar¹⁶.

Scherptediepte is het gebied in de foto dat scherp lijkt.



Practicum 'Pinhole camera'

Met een zeer kleine opening is het zelfs mogelijk redelijke opnamen te maken zonder lens.

¹⁵ Voor het oog geldt precies hetzelfde.

¹⁶ Mits er voldoende licht in de camera komt (belichtingstijd).

Opgaven

43. De kerktoeren van Ransdorp is 33 m hoog.
De fotografe is 60 meter bij de toren vandaan.
De brandpuntsafstand van de lens is 10 mm.
Het beeld van de toren wordt "in het brandvlak" van de lens gevormd.
- A. Leg dit zonder berekening uit.
B. Leg dit door middel van een berekening uit.
C. Bereken hoe groot het beeld van de toren op het fotorolletje is.



44. In een simpel fototoestel kan de afstand tussen de lens en het fotorolletje worden veranderd. Op die manier kunnen voorwerpen die zich op verschillende afstanden bevinden toch (scherp) worden gefotografeerd. In dit toestel is de kleinste afstand tussen lens en rolletje 5 cm. De grootste afstand is 6 cm.
- A. Leg uit of de afstand tussen lens en rolletje 5 cm of juist 6 cm moet zijn, als een voorwerp dat zeer ver weg is, wordt gefotografeerd.
B. Bereken de brandpuntsafstand van de lens in dit type fototoestel.
C. Bereken de kleinste afstand waarop dit type toestel nog een scherpe foto kan maken.



45. Er wordt een foto gemaakt met een 50 mm lens. De fotograaf stelt scherp op de molen die op 60 m afstand is. De rietstengels zijn op 2 m afstand.
- Leg o.a. met een berekening uit waarom de rietstengels 'scherp' op de foto staan.



46. Er wordt een (scherpe) foto gemaakt van een man op het strand. De vuurtoren achter de man is wel herkenbaar, maar niet scherp. Welke beweringen zijn juist?

- A. Het beeld van de man op de chip is:
- ☐ rechtop / op z'n kop
 - ☐ vergroot / verkleind
 - ☐ reëel / virtueel.

Om de vuurtoren nog duidelijker zichtbaar te maken moet de opening van het diafragma van de camera:

- B. kleiner / groter worden gemaakt.

Om scherp te stellen op de vuurtoren moet de lens van de camera

- C. schuiven: naar de vuurtoren / naar de chip.

