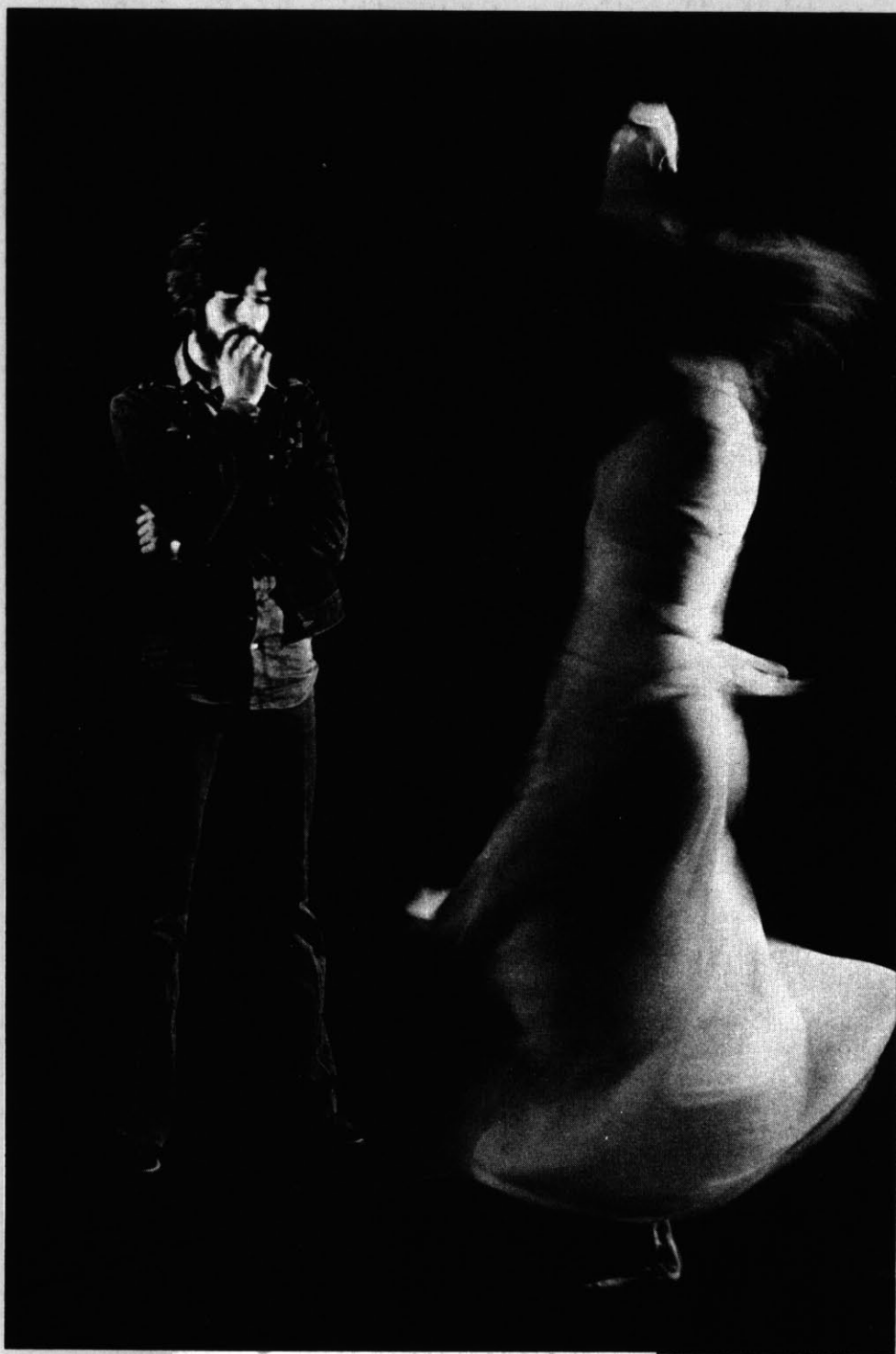


ZIEN BEWEGEN



PLON ➔

TER INZAGE

NIET MEENEMEN S.V.P.

UITGEVERIJ **nib**



PLON / **UITGEVERIJ nib ZEIST**

Foto's omslag

De opname op de voorkant en de achterkant tonen een danseres. In beide gevallen zie je de danseres bewegen. De foto voorop werd gemaakt met een lange sluitertijd. Daardoor bewoog het beeld van de danseres over de film tijdens de opname. De man die toekijkt, staat stil en komt scherp op de foto.

De foto achterop werd gemaakt met een lichtstroboscoop. (zie blz. 45).

Bij elke lichtflits werd een beeld van de danseres vastgelegd.

PROJECT LEERPAKKETONTWIKKELING NATUURKUNDE

- * Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen van een plan voor goede begeleide introductie daarvan in de scholen.
- * Het PLON werkt onder toezicht van een stuurgroep waarin vertegenwoordigers uit het onderwijs, de vervolgopleiding, didactische instellingen, onderwijsondersteuningsinstituten, lerarenopleidingen en het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen vertegenwoordigd zijn.
- * Het PLON is ondergebracht bij de Vakgroep Natuurkunde Didaktiek van de Rijksuniversiteit Utrecht. Deze vakgroep participeert tevens in de activiteiten ten behoeve van havo-bovenbouw. Ten behoeve van vwo-bovenbouw bestaat een samenwerkingsverband met de universiteiten van Amsterdam (GU) en Groningen, en groepen leraren die werken aan de ontwikkeling van lesmateriaal.
- * Het adres van het PLON is:
PLON, lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, de Uithof, Utrecht
Tel. 030-532717

© 1981 Rijksuniversiteit Utrecht Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde/BV Uitgeverij N I B Zeist

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

Experimentele uitgave

3.2

ZIEN BEWEGEN



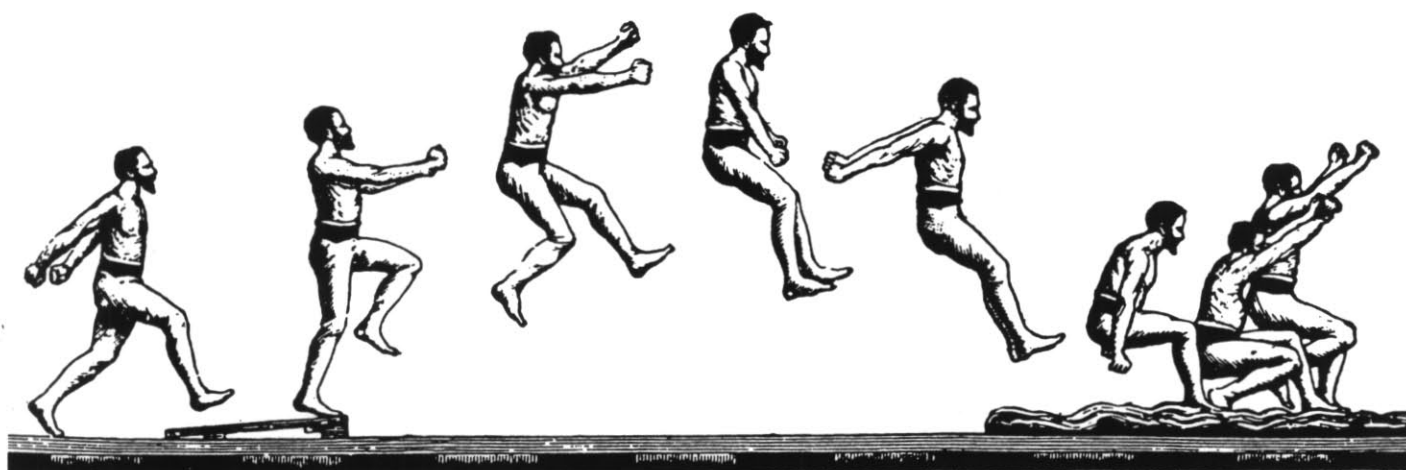
Reddingshelikopter van de marine. Aan de rotorbladen zijn lichtjes bevestigd. Daardoor zie je de beweging die de helikopter tijdens het opstijgen maakte. De sluiters van de camera stond open totdat de machine uit beeld verdween.

Inleiding

Dit thema gaat over het vastleggen van bewegingen met foto of film. Eerst ga je kijken hoe je met een simpel stukje glas op de muur of op een scherm „plaatjes” kunt maken. Daarna zie je toepassingen daarvan in het fototoestel en de filmcamera. Met de opnamen, die je daarmee maakt, kun je o.a. bewegingen vastleggen. Door naar de foto's te kijken of door de gemaakte dia's of films met een projector te vertonen, kun je over bewegingen heel wat te weten komen. Vooral bij heel snelle of heel langzame bewegingen „zie” je de bewegingen veel beter dan met het oog.

Dit boek bestaat uit drie delen: een basisdeel, een vervolgdeel en een deel met leesteksten.

Een inhoudsopgave voor elk deel vind je op de grijze bladzijde waar elk deel mee begint.



inhoud

zien bewegen

Basisdeel

1. Afbeeldingen onderzoeken
2. Theorie over afbeelden
3. Het fototoestel
4. Bewegingen vastleggen
5. Oefenen

blz. 5
blz. 16
blz. 26
blz. 38
blz. 49

Vervolgdeel

blz. 59

Leesteksten

blz. 103

inhoud

basisdeel

Hoofdstuk 1: Afbeeldingen onderzoeken	blz. 5
Onderzoek 1: afbeelden	blz. 5
Onderzoek 2: lichtbundels	blz. 7
Onderzoek 3: lichtbundels bij afbeeldingen	blz. 9
Onderzoek 4: vergroten en verkleinen	blz. 10
Onderzoek 5: meten aan afbeeldingen	blz. 11
Onderzoek 6: lichtbundels opsplitsen	blz. 13
Hoofdstuk 2: Theorie over afbeelden	blz. 16
2.1 afbeelden met een lens	blz. 16
2.2 lichtbundels	blz. 17
2.3 lichtbundels bij afbeeldingen	blz. 18
2.4 plaats en scherpte van het beeld	blz. 20
2.5 het beeld tekenen	blz. 23
2.6 de grootte van het beeld	blz. 24
Hoofdstuk 3: Het fototoestel	blz. 26
3.1 het fototoestel	blz. 26
3.2 goede foto's	blz. 27
3.3 goede belichting	blz. 29
3.4 een scherp beeld: de beeldafstand	blz. 31
3.5 een scherp beeld: scherpte en diepte	blz. 33
3.6 een scherp beeld: camera stilhouden	blz. 35
3.7 een scherp beeld: bewegende voorwerpen	blz. 35
Hoofdstuk 4: Bewegingen vastleggen	blz. 38
4.1 bewegingen vastleggen met een fototoestel	blz. 38
4.2 snelheid berekenen uit foto's	blz. 39
4.3 gemiddelde snelheid en de snelheid op een bepaald moment	blz. 40
4.4 draaiende beweging en snelheid	blz. 41
4.5 bewegingen vastleggen met een filmcamera	blz. 42
4.6 bewegingen weergeven met de filmprojector	blz. 43
4.7 bewegingen vastleggen met stroboscopische foto's	blz. 44
4.8 vastleggen van de baan van bewegingen	blz. 46
Hoofdstuk 5: Oefenen	blz. 49
5.1 oefenen met afbeelden	blz. 49
5.2 oefenen met snelheid	blz. 53



Onderzoek 1: afbeelden

(theorie bij dit onderzoek: hoofdstuk 2.1 op blz. 16)

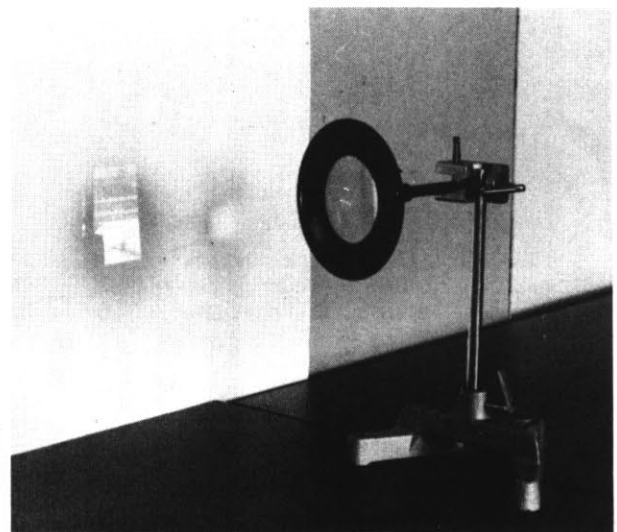
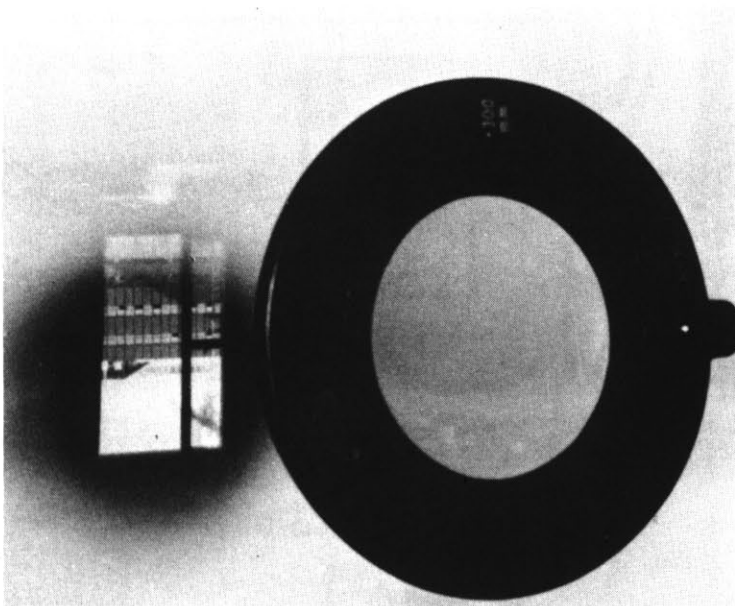
Met behulp van een fototoestel maak je afbeeldingen van mensen, voorwerpen of landschappen op een fotografische film. (zie hoofdstuk 3). In dit onderzoek zie je hoe de lens van het fototoestel voor de afbeelding zorgt. Je gebruikt daarvoor een *bolle lens*.*

Proef 1: de buitenwereld afbeelden

1. Maak de opstelling die hiernaast is getekend.
2. Maak een scherp plaatje op het scherm of de muur.
3. Beweeg de lens van het scherm af.
Hoe verandert het plaatje?
4. Hoe verandert wat je ziet, als je de lens naar het scherm toe beweegt?



Het plaatje op het scherm of op de muur noemen we een afbeelding of een *beeld*. De lens beeldt gebouwen, bomen, enz. die buiten staan, af. Die gebouwen, bomen, enz. worden bij deze proef *voorwerpen* genoemd.



de opstelling van proef 1

beeld van gebouwen buiten, gevormd door een lens

Proef 2: afbeelden met een andere lens

1. Pak een andere lens en beeld daarmee de gebouwen buiten scherp af op het scherm.
2. Moet je de lens op dezelfde plaats houden als in proef 1?
3. Zie je nog andere verschillen in het beeld?
4. Hoe verschilt de vorm van de lens met de vorm van de eerste lens?

* De lenzen van fototoestellen zijn wat ingewikkelder opgebouwd dan een „gewone” bolle lens. Zie leestekst 7 op blz. 124.

Proef 3: een diafragma



1. Maak op dezelfde manier als in proef 1 een scherp beeld.
2. Hang voor de lens een *diafragma*.
Hoe veranderen de grootte, de scherpte en de lichtsterkte van het beeld daarvoor?
3. Verwijder het diafragma.
4. Dek de bovenste helft van de lens af.
Hoe verandert nu het beeld?



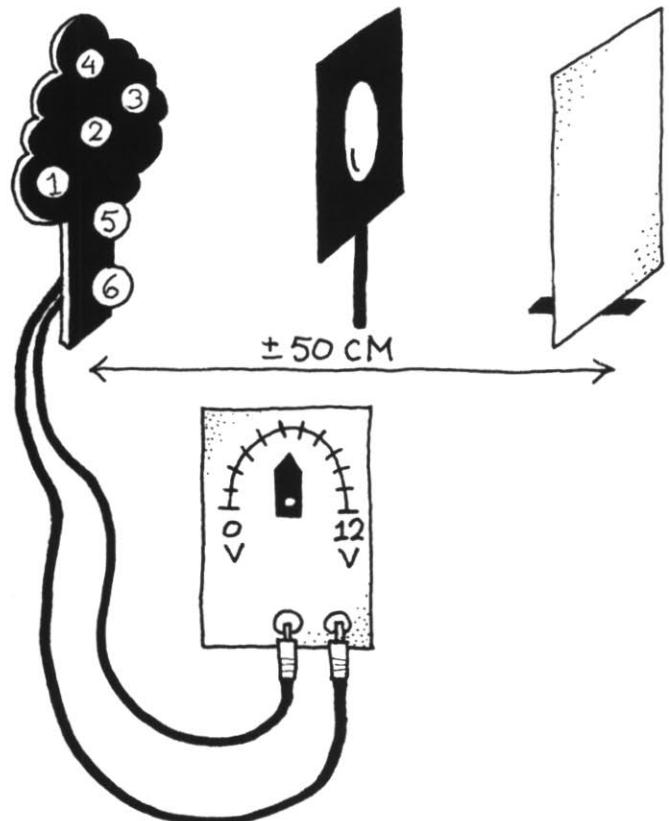
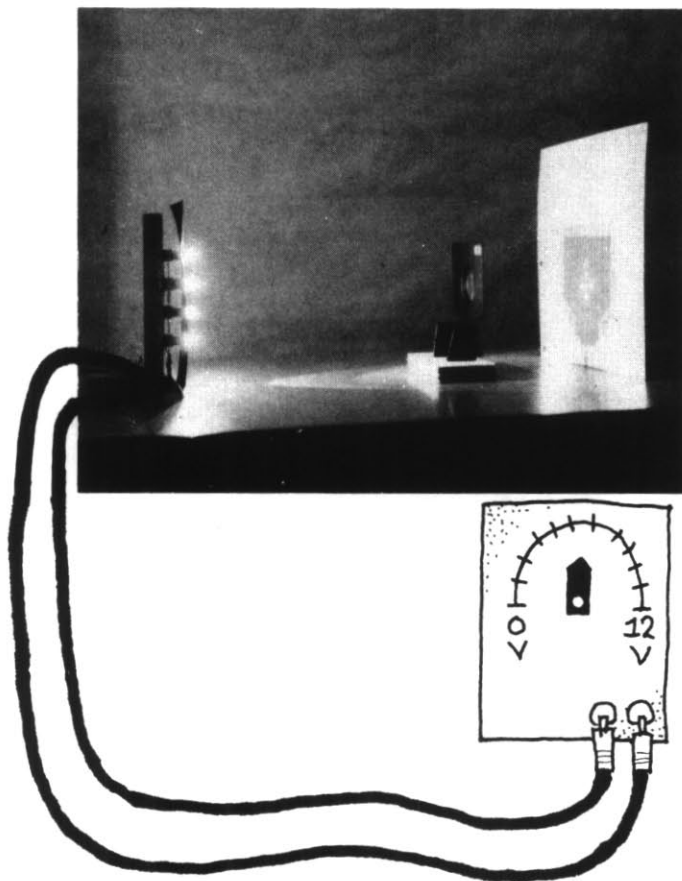
Lens met diafragma

Een diafragma is een stuk karton of metaal met een gat erin. Het hangt zo dat het licht wel door het midden van de lens gaat, maar niet door de randen.

DOE DEZE PROEF IN EEN
IETS VERDUISTERDE
OMGEVING

Proef 4: lampjes afbeelden

1. Maak de volgende opstelling; beeld de lampjes scherp af op het scherm.



Opstelling waarmee je lampjes afbeeldt. In volgende tekeningen van opstellingen laten we de spanningsbron weg.

2. Draai lampje 1 uit. Waar op het scherm verdwijnt een lampje? Wat valt je daaraan op?
3. Herhaal punt 2 voor lampje 3, 4 en 6.
4. Laat alle lampjes weer branden. Hang een diafragma voor de lens. Hoe verandert het beeld op het scherm?

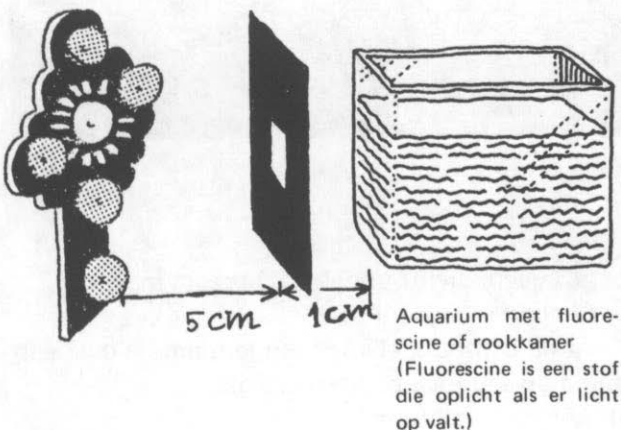
Onderzoek 2: lichtbundels

(theorie bij dit onderzoek: hoofdstuk 2.2 op blz. 17)

Een lens kan van voorwerpen een afbeelding op een scherm maken. De voorwerpen bij proef 1 worden afgebeeld, omdat er licht vanaf komt. Dat is „verstrooid licht”. Zie daarvoor de leestekst „Voorwerpen zenden licht uit” (blz. 122).

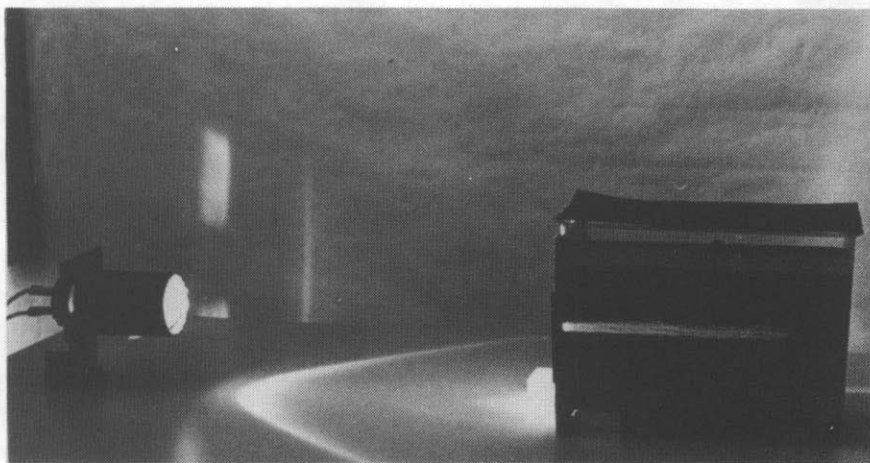
In proef 4 gaat er licht van de lampjes door de lens naar het scherm. De lampjes zenden licht uit in alle richtingen. Een gedeelte van dat licht gaat door de lens. Dat gedeelte van het licht komt op het scherm terecht. In dit onderzoek ga je na langs welke weg het licht van de lampjes bij het scherm komt. Om dat te kunnen begrijpen moet je eerst licht bekijken zonder dat het door een lens gaat.

Proef 5: Een lichtbundel zichtbaar maken 1.



1. Maak de opstelling van hiernaast.
2. Teken hoe het licht in de bak verder gaat.

Je ziet dat in de bak niet overal licht komt. Het karton schermt een gedeelte van het licht van het lampje af. Zo maakt het karton een *lichtbundel*.



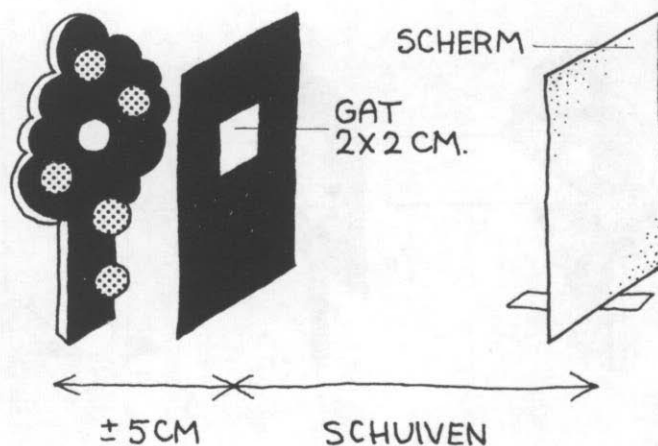
Proef 6: een evenwijdige lichtbundel

Als je het kartonnetje ver van de lamp zet, zie je een *evenwijdige* lichtbundel in de bak.

De begrenzingen lopen evenwijdig. De doorsnede van de bundel is overal even groot.

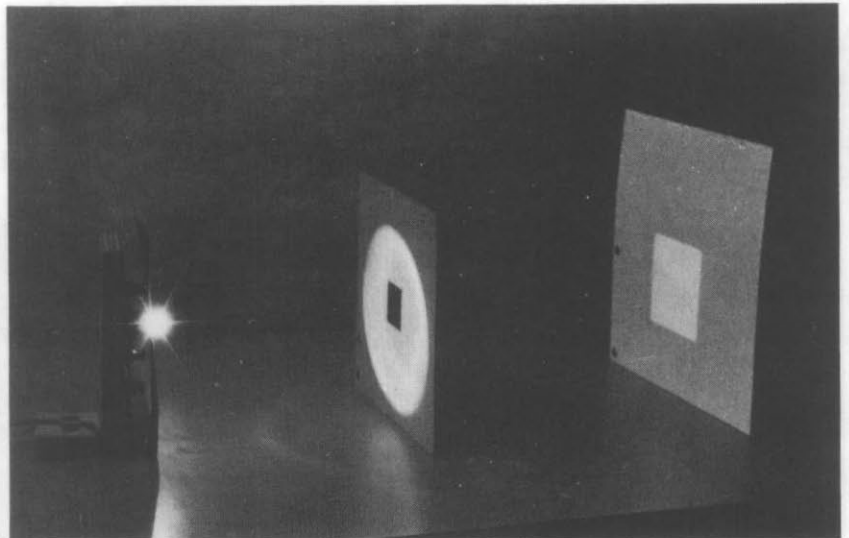
Proef 7: een lichtbundel zichtbaar maken 2.

1. Maak de opstelling van hiernaast.
2. Teken de lichtbundel.
3. Beweeg het scherm naar rechts. Je ziet dat de grootte van het verlichte vierkant op het scherm toeneemt. Teken opnieuw de lichtbundel.





Lichtbundel gemaakt met karton met gat



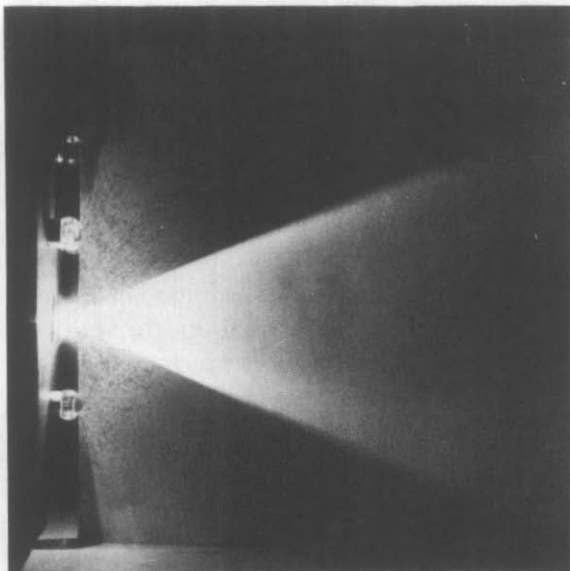
Proef 8: een lichtbundel zichtbaar maken 3;

1. Laat de lichtbundel voor een lenslampje over een bijna horizontaal papiertje strijken.
2. Teken de lichtbundel.

Je kent nu drie manieren om lichtbundels zichtbaar te maken: met een bak met fluoriscine, met een vertikaal scherm en met een horizontaal stuk papier.

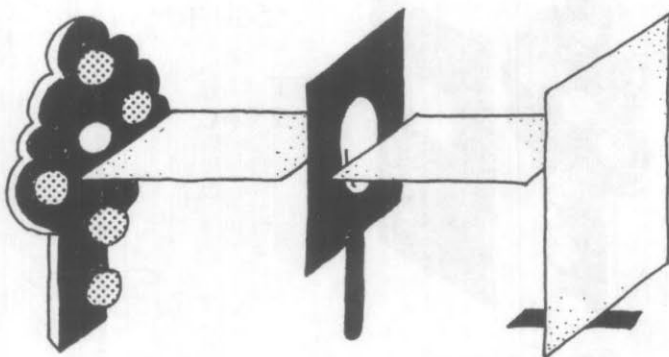
De lichtbundel die je in proef 8 ziet, heet een *divergente* bundel.

De begrenzingen lopen van elkaar weg: de doorsnede van de bundel wordt verder van het lampje af steeds groter.

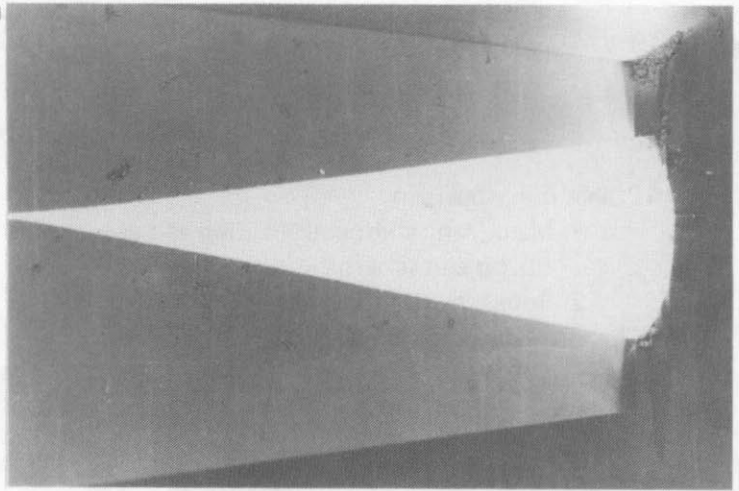


Divergente lichtbundel

Proef 9: Lichtbundels bij een bolle lens



1. Beeld een lampje scherp af op een scherm,
2. Kijk met een horizontaal stuk papier hoe de lichtbundel er vóór de lens uit ziet.
3. Bekijk op dezelfde manier de bundel tussen lens en scherm.



De bundel tussen lens en scherm heet een *convergente* bundel. De begrenzingen lopen naar elkaar toe; de doorsnede wordt verder van de lens af kleiner.

De bolle lens maakt in deze opstelling van een divergerende bundel een convergerende bundel. Hij heeft een *convergerende werking*.

Er bestaat ook een andere soort lenzen: *holle lenzen*. Holle lenzen zijn in het midden dunner dan aan de rand. Bolle lenzen zijn in het midden dikker dan aan de rand.

Proef 10: een holle lens

1. Ga na of je het verschil tussen een holle en een bolle lens kunt voelen.
2. Maak de opstelling van hiernaast.
3. Bekijk de bundels voor en na de lens met een horizontaal stuk papier.



HOLLE LENS

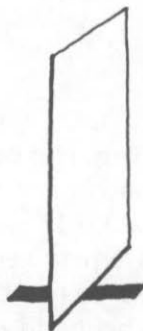
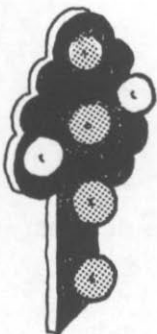
Een holle lens heeft een *divergerende werking*.

Onderzoek 3: lichtbundels bij afbeeldingen

(theorie bij dit onderzoek: hoofdstuk 2.3 op blz. 18)

In onderzoek 2 heb je drie manieren gezien om lichtbundels zichtbaar te maken. Die manieren gebruik je in dit onderzoek om de lichtbundels bij beelden van meer dan één lampje te bekijken.

Proef 11: lampjes afbeelden



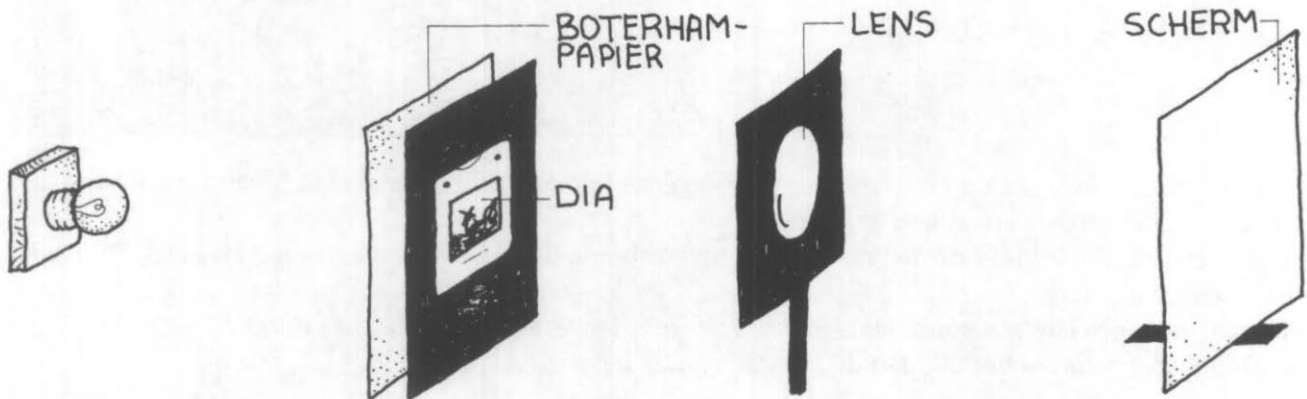
1. Beeld met de opstelling hiernaast de twee lampjes scherp af.
2. Teken de lichtbundels tussen lens en scherm.
3. Beeld nu alle lampjes scherp af en bekijk hoe de bundels lopen.



Wanneer je een dia afbeeldt met een diaprojector, gebeurt er hetzelfde als in proef 11. Alle lampjes van de boom worden afgebeeld. Zo worden bij een dia alle stukjes van de dia door de lens afgebeeld.

Proef 12: een dia afbeelden

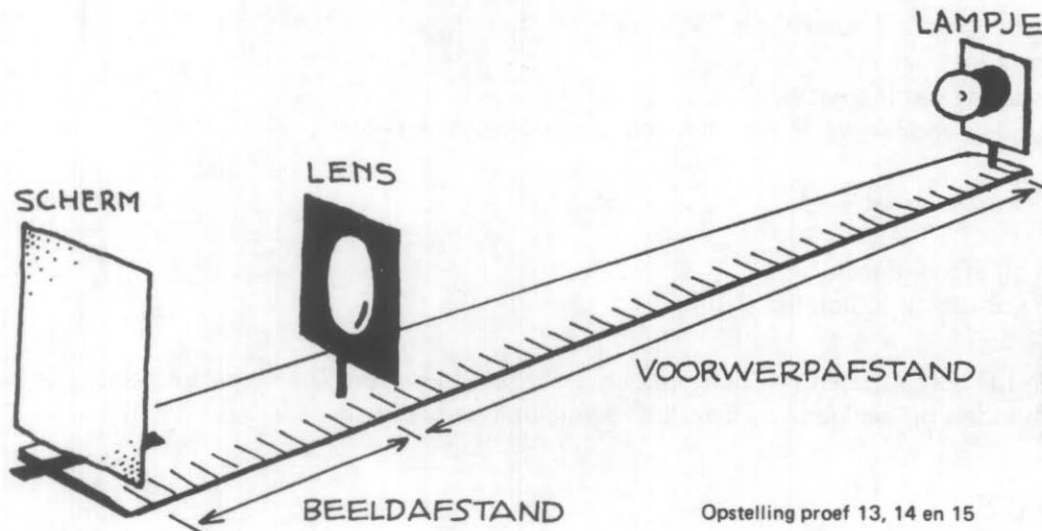
1. Maak een scherpe afbeelding van een dia op een scherm.
2. Bekijk de lichtbundels



Onderzoek 4: vergroten en verkleinen

(theorie bij dit onderzoek: hoofdstuk 2.4 en 2.6 op blz. 20 en 24)

In vorige hoofdstukken heb je al gemerkt dat beelden soms groter zijn dan voorwerpen. In andere gevallen zijn ze weer kleiner. Dit onderzoek gaat over de grootte van het beeld.



De voorwerpaafstand is de afstand tussen het voorwerp (hier het lampje) en de lens.
De beeldafstand is de afstand tussen het beeld (op het scherm) en de lens.

Opstelling proef 13, 14 en 15

Proef 13: vergroten

1. Beeld een lamp scherp af op een scherm.
2. Zet daarna het voorwerp dicht bij de lens. Het beeld wordt dan onscherp.
3. Maak weer een scherp beeld door het scherm te verplaatsen.
Is het beeld groter of kleiner dan het was bij 1?
4. Maak het beeld groter door het voorwerp te verschuiven. Maak het beeld scherp door het scherm te verschuiven. Gebruik eventueel de muur als scherm.
5. Hoe ver staat het lampje van de lens als het beeld zo groot mogelijk is?
6. Zet het lampje dicht bij de lens dan in punt 5. Je kunt nu geen scherp beeld meer vinden.

Proef 14: verkleinen

1. Beeld een lampje scherp af.
2. Zet het voorwerp verder van de lens. Het beeld wordt dan onscherp.
3. Maak weer een scherp beeld door het scherm te verplaatsen.
Is het beeld groter of kleiner dan bij 1?
4. Hoever staat het scherm nu van de lens?
5. Vergelijk de afstand uit punt 4 met de afstand die je vond bij punt 5 van de vorige proef.
6. Hoe ver staat het lampje voor de lens, als het beeld zo klein mogelijk is?

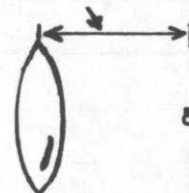
Proef 15: voorwerp en beeld omwisselen

1. Plaats het scherm en het lampje ongeveer op 50 cm afstand van elkaar.
2. Zet de lens er zo tussen dat je een scherp beeld hebt.
3. Meet in deze situatie de voorwerpaafstand en de beeldafstand.
4. Zoek nu een tweede plaats voor de lens waarbij je een scherp beeld hebt.
Meet weer voorwerp- en beeldafstand.

In proef 14 heb je gevonden, dat het beeld zo klein mogelijk is als het voorwerp erg ver van de lens staat. Het beeld wordt dan gevormd in het *brandpunt**. De beeldafstand is dan gelijk aan de *brandpuntafstand*. In alle andere gevallen die je hebt onderzocht, is de beeldafstand groter dan de brandpuntafstand.

ALS HET LAMPJE ERG VER WEG STAAT, DAN :

BEELDAFSTAND = BRANDPUNTAFSTAND



De brandpuntafstand kun je bepalen door een voorwerp ver van de lens te zetten en te meten waar het beeld komt. Je vindt bij één lens steeds dezelfde waarde voor de brandpuntafstand. Het brandpunt is een vaste punt bij de lens. In proef 13 en 14 heb je gemerkt dat het brandpunt ook de plaats is waar je het voorwerp moet zetten om een zo groot mogelijk beeld te krijgen.

Onderzoek 5: meten aan afbeeldingen

(theorie bij dit onderzoek: hoofdstuk 2.4 en 2.6 op blz. 20 en 24)

In de vorige proeven heb je gezien dat de afmetingen van een afbeelding meestal verschillen van de afmetingen van het voorwerp. De verhouding tussen de lengte van het beeld en de lengte van het voorwerp heet de *vergroting*.

Met vergroting bedoelen we: hoeveel maal is het beeld groter dan het voorwerp.

Als bv. het voorwerp een lengte van 2 cm heeft en het beeld een lengte van 5 cm, dan is de vergroting $5/2 = 2\frac{1}{2}$.

Als de lengte van het beeld 1 cm en van het voorwerp 2 cm is, dan is de vergroting $1/2 = 0,5$.

* Waar komt de naam brandpunt vandaan?

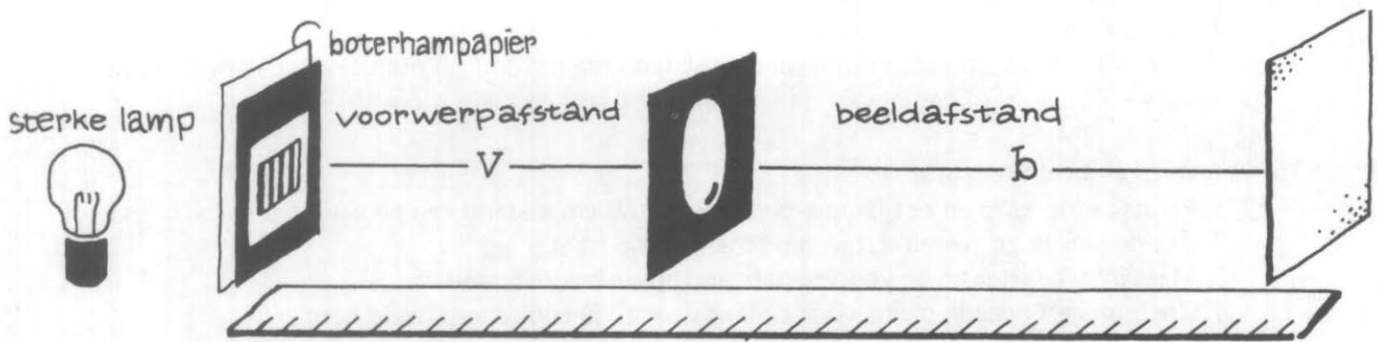
Je hebt misschien wel eens met een brandglas gespeeld. Zo'n brandglas is een lens. Als daarop zonlicht valt, wordt er een beeld van de zon gemaakt, waarmee je bijvoorbeeld een stukje papier in brand kunt steken.

De zon is ver verwijderd. Het beeld komt dus in het brandpunt. Vandaar de naam.



Proef 16: de vergroting meten

Om de uitkomsten van deze proef goed in getallen vast te kunnen leggen, moet je nauwkeurig meten. Vandaar de meetlat in de opstelling.



1. Beeld de dia scherp af op het scherm. Meet de voorwerpafstand, de beeldafstand, de lengte van het voorwerp en de lengte van het beeld. Verzamel je metingen in een tabel.

V	b	LENGTE VOORWERP	LENGTE BEELD	VERGROTING	b/v	$\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ (ZIE PROEF 17)

2. Bereken de vergroting en de verhouding beeldafstand/voorwerpafstand. Zet ze in de tabel.
3. Herhaal de metingen en berekeningen voor 3 andere voorwerpafstanden.
4. Vergelijk de kolom b/v en de kolom vergroting.

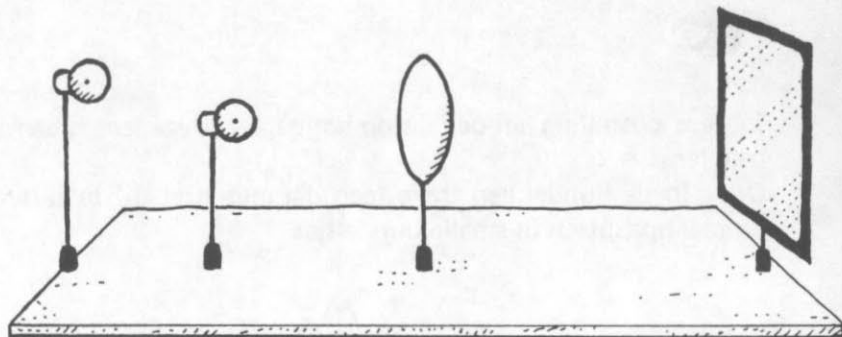
Proef 17: de lenzenformule

1. Bereken voor elk van de vier metingen uit proef 16 $\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ en vul die in de tabel in.
2. Bepaal de brandpuntafstand van de lens uit proef 16. Voor brandpuntafstand mag je de letter f gebruiken. Bereken nu $\frac{1}{f}$.
3. Vergelijk de kolom $\frac{1}{v} + \frac{1}{b}$ met $\frac{1}{f}$.
4. Zet de lens op een vaste plaats. Waar moet je het voorwerp en waar het scherm zetten zodat het scherpe beeld even groot is als het voorwerp.

Het verband dat je in proef 17 punt 3 hebt gecontroleerd is de *lenzenformule*.

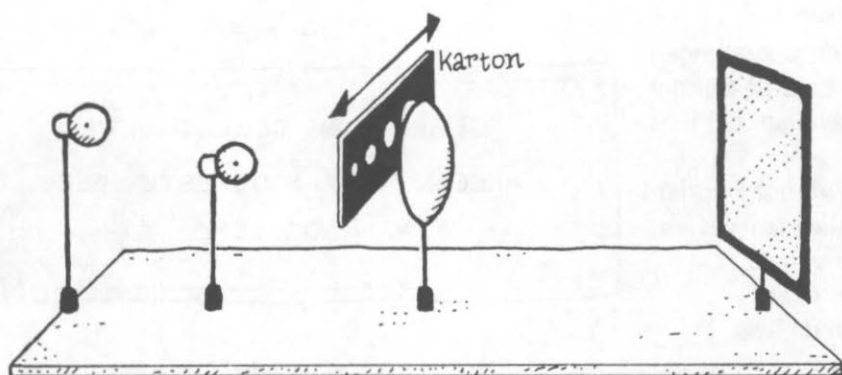
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Tot nu toe heb je steeds één voorwerp tegelijk afgebeeld. Nu ga je een beeld maken van twee voorwerpen op verschillende afstanden van de lens.



Proef 18: een onscherp beeld verscherpen

1. Plaats twee lampjes op verschillende afstand van de lens. Meet voor één lampje de voorwerp-afstand en bereken waar je het scherm moet plaatsen. Zorg dat je een verkleind beeld krijgt.
2. Probeer nu zonder de lampjes te verplaatsen beide lampjes tegelijk scherp af te beelden.
3. Als het niet lukt, plaats het scherm dan zó, dat één van beide scherp op het scherm wordt afgebeeld.

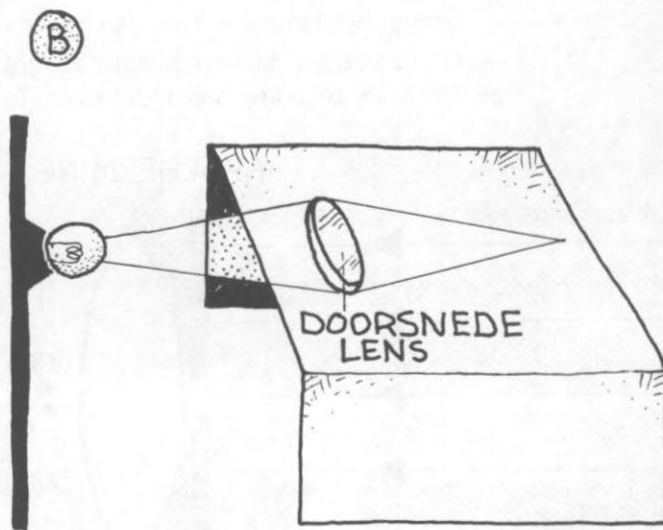
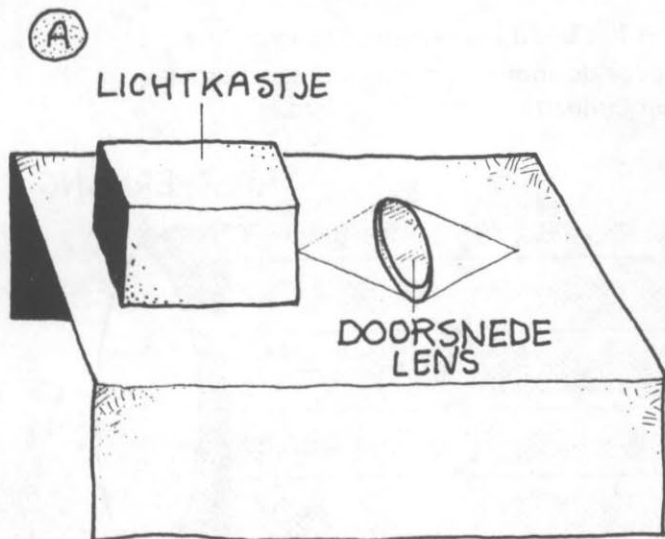


4. Plaats nu een stuk karton met gaatjes tussen de lampjes en de lens, liefst vlak voor de lens: schuif het karton voor de lens langs en let op de afbeelding van de lampjes.
5. Bij welk gaatje worden beide lampjes tegelijk redelijk scherp afgebeeld?
6. Wat verandert er naast de scherpte nog meer aan het beeld op het scherm als je de grootte van het gaatje verandert?

Onderzoek 6: lichtbundels opsplitsen

(theorie bij dit onderzoek: hoofdstuk 2.5 blz. 23)

In dit onderzoek bekijk je de lichtbundels bij een lens nog eens. Om het nauwkeuriger te doen dan in onderzoek 2 en 3 gebruik je één van de volgende opstellingen:

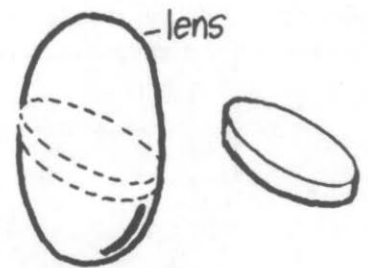
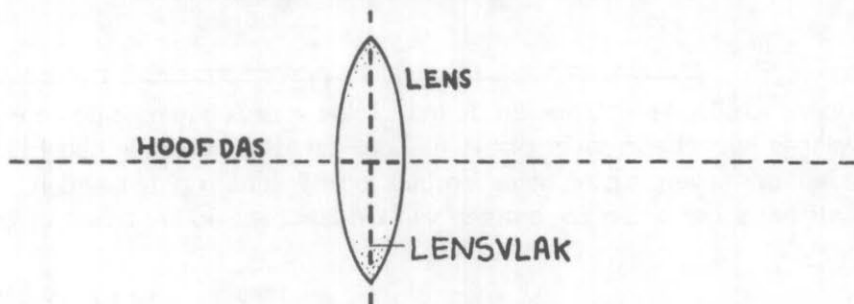


Opstellingen om lichtbundels te onderzoeken



In deze opstelling ligt de lens op het papier. Deze lens is een stuk van een hele lens.

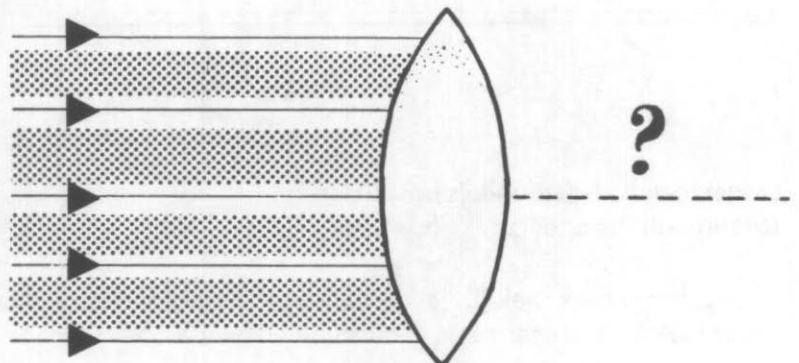
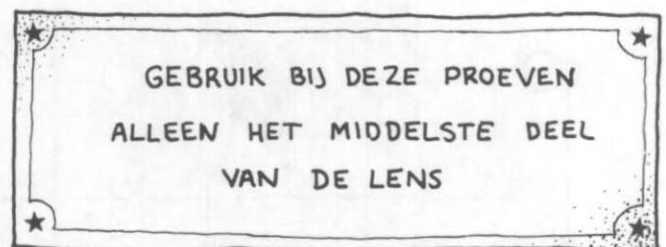
Door in de bundel een tralie (een dia met strepen) te zetten, kun je de bundel opsplitsen in smalle bundeltjes.



DEZE
LIJN STAAT
LOODRECHT
OP HET LENSVLAK.
HIJ HEET
HOOFDAS.

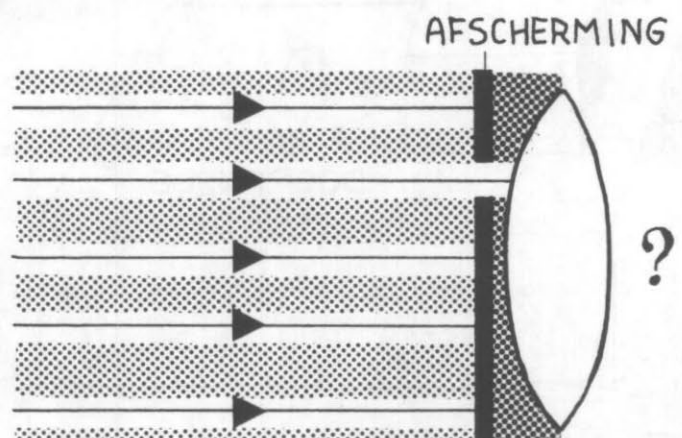
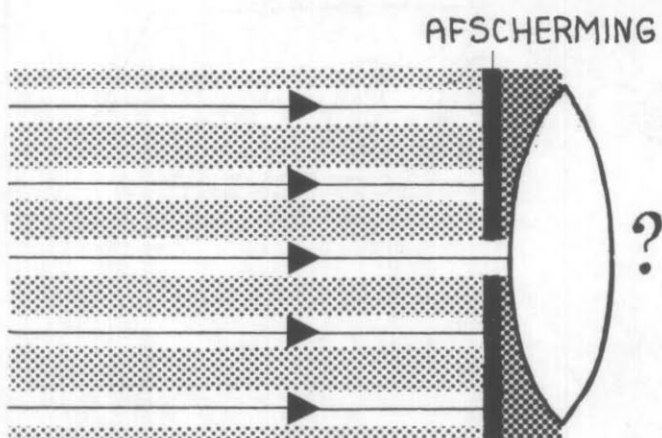
Proef 19: een evenwijdige lichtbundel splitsen

1. Zet het lampje in één van de opstellingen hierboven ver van de lens. Laat de bundel evenwijdig aan de hoofdas van de lens lopen.
2. Splits de bundel op in evenwijdige bundeltjes. Waar moet je de tralie dan zetten, dichtbij het lampje of er ver vanaf?
3. Neem de tekening hieronder over. Teken de bundels rechts van de lens.



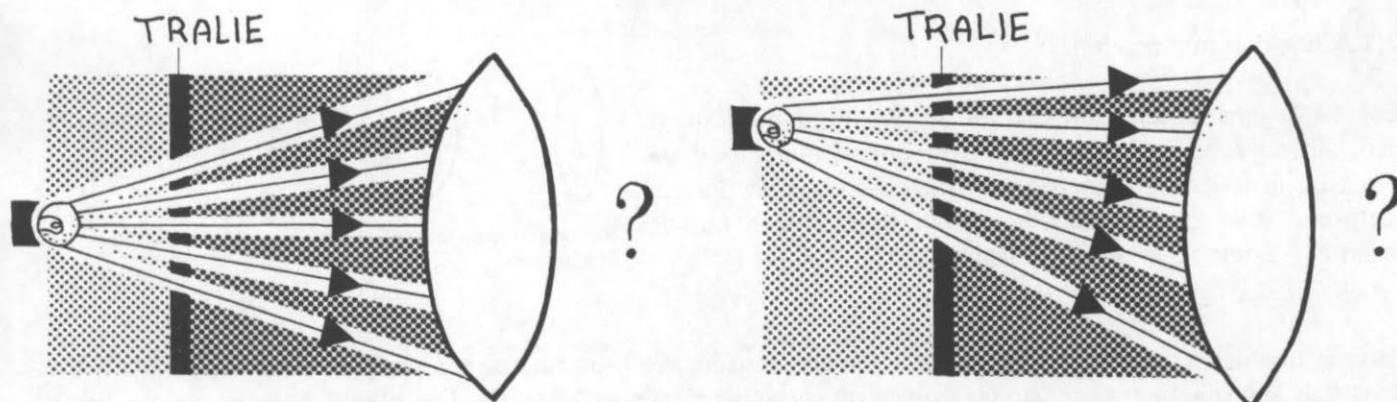
Omdat het lampje erg ver van de lens staat, is het beeld het brandpunt van de lens.

4. Ga na hoe één bundeltje door de lens gaat door de andere bundeltjes af te schermen.
5. Neem de tekening hieronder over. Teken het bundeltje rechts van de lens.



Proef 20: een divergerende lichtbundel opsplitsen

1. Zet het lampje ongeveer 10 cm voor de lens op de hoofdas. Het beeld komt nu niet meer in het brandpunt.
2. Neem de tekening hieronder (links) over en teken de bundeltjes rechts van de lens.



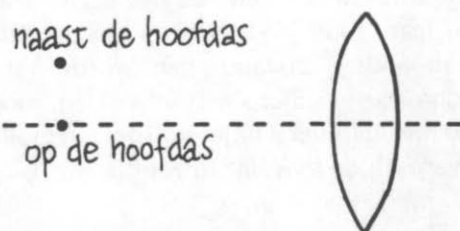
3. Verschuif het lampje zodat het naast de hoofdas staat.
Neem de tekening hierboven (rechts) over en teken de bundeltjes rechts van de lens.

In de proeven 19 en 20 heb je getekend hoe de bundeltjes na de lens verder gaan.

Er is een manier om met tekeningen de plaats van het beeld te bepalen (zie blz. 23). Daarvoor moet je van twee bundeltjes weten hoe ze na de lens verder gaan. Je hoeft dan van de hele bundel die op de lens valt, maar twee bundeltjes te tekenen.

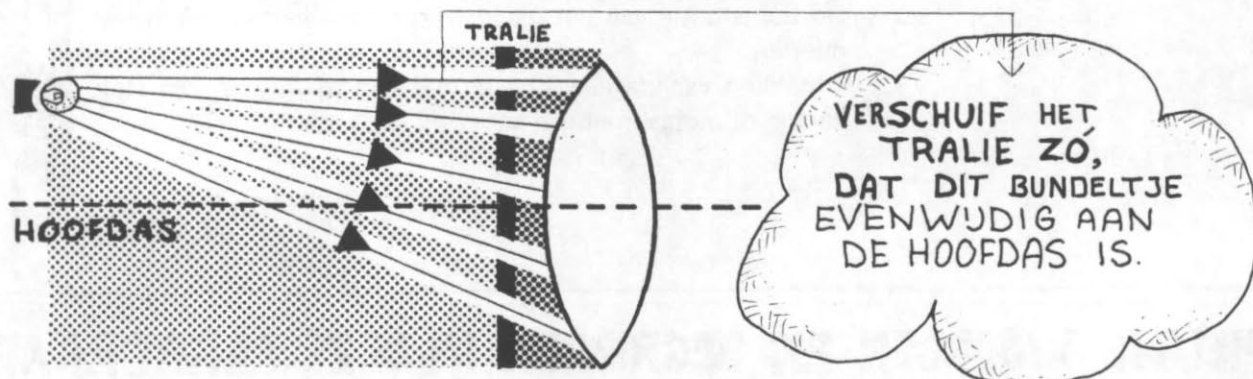
Die twee bundeltjes zijn

1. het bundeltje dat voor de lens evenwijdig aan de hoofdas is.
2. het bundeltje dat door het midden van de lens gaat.

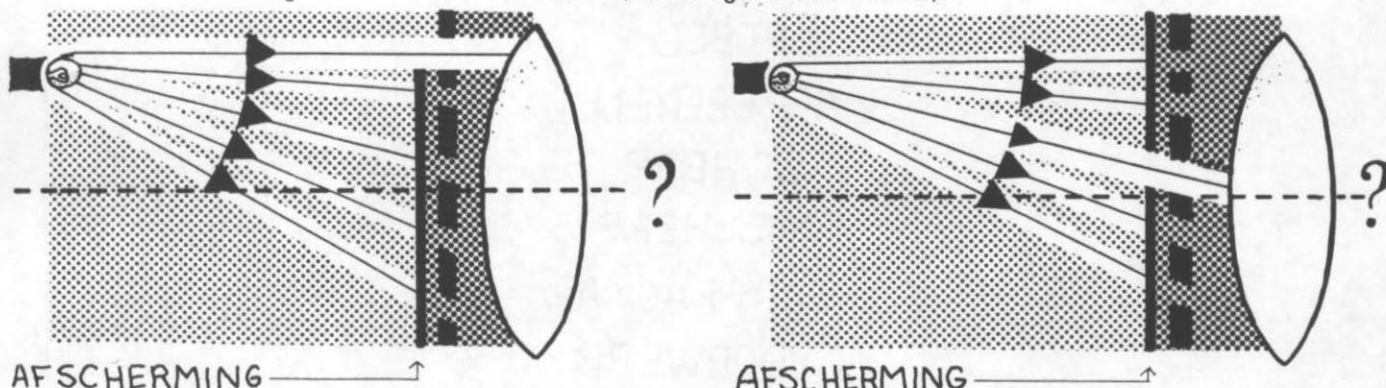


Proef 21: twee bijzondere lichtbundeltjes

1. Leg de doorsnedelens op het papier en geef aan waar het brandpunt is. (bepaal zonodig het brandpunt opnieuw)
2. Zet het lampje zo dat je de volgende situatie krijgt.



3. Scherm nu de bundeltjes af, zodat alleen het eerste bijzondere bundeltje er is.
Hoe gaat het na de lens verder? (tekening hieronder links).



4. Scherm nu de bundeltjes af, zodat alleen het tweede bijzondere bundeltje er is.
Hoe gaat het na de lens verder? (tekening hierboven rechts).



2.1 Afbeelden met een lens

Een *bolle* lens is een stuk glas dat in het midden dikker is dan aan de rand. Hij wordt gebruikt om *af* te *beelden*. Je vindt bolle lenzen o.a. in foto- en filmtoestellen en diaprojectoren. Meer over toepassingen van bolle lenzen kun je lezen in leestekst 3 en 4 (blz. 112 en 118)



Verschillende bolle lenzen. Ze zijn in het midden dikker dan aan de rand.

Hierna noemen we bolle lenzen meestal gewoon lenzen. We gaan na hoe een lens een afbeelding maakt. Een lens kan een plaatje maken van gebouwen op een scherm (proef 1 blz. 5). Dat plaatje noemen we een *beeld*. De lens beeldt de buitenwereld af op het scherm. Wat door de lens wordt afgebeeld, noem je het *voorwerp*. De lens beeldt het voorwerp precies af: elk stukje van het beeld komt overeen met een stukje van het voorwerp.

Het beeld dat de lens op het scherm vormt, staat op zijn kop. Verder zijn links en rechts verwisseld. (proef 4, blz. 6)

De kleuren van het beeld zijn dezelfde als de kleuren van het voorwerp.

De afmetingen van het beeld zijn anders dan de afmetingen van het voorwerp. Om het plaatje in proef 1 te krijgen houd je de lens op een bepaalde afstand van het scherm, zodat het beeld *scherp* is. Houd je de lens op een andere afstand, dan wordt het beeld wazig, *onscherp*. Als je, in plaats van gebouwen buiten, het raamkozijn scherp wilt afbeelden, moet je de lens op een andere afstand van het scherm houden.

Er bestaan verschillende soorten bolle lenzen. Hoe bolter het oppervlak, hoe dichter het beeld van het voorwerp bij de lens ligt. (proef 3, blz. 6)

Als je een gedeelte van een lens afdekt, blijft de vorm van het beeld gelijk. (proef 3 en 4, blz. 6)

De lichtsterkte van het beeld wordt door het afdekken wel minder.

Afdekken van de lens doe je met een *diafragma*, een stuk karton of metaal met een gat erin.



Lens met diafragma

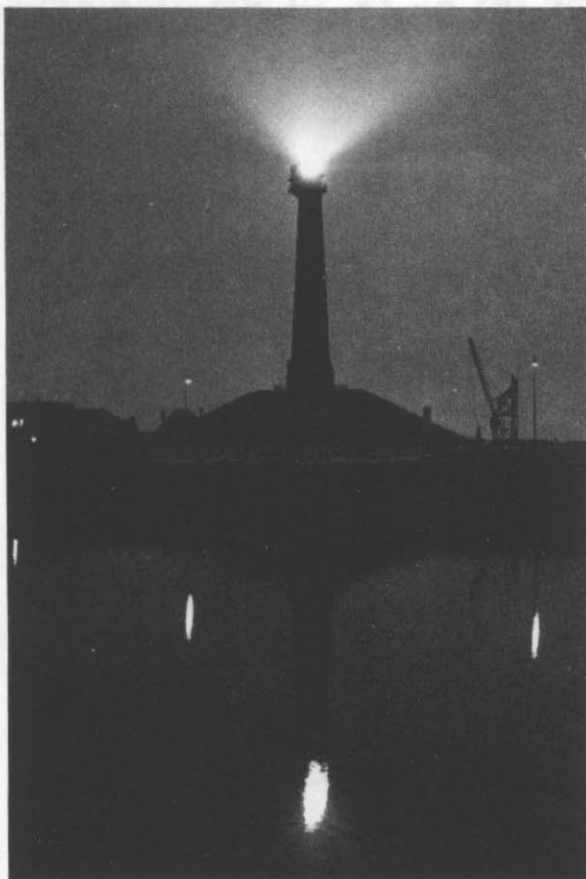
NIEUWE WOORDEN EN BEGRIPPEN IN DEZE PARAGRAAF

LENS
BEELD
AFBEELDEN
SCHERP
ONSCHERP
DIAFRAGMA
VOORWERP

2.2 Lichtbundels

Lampen zenden licht uit. Gewone gloeilampen zenden dat licht in alle richtingen uit. Als een gloeilamp in een spotje zit, wordt het uitgezonden licht begrensd. Het spotje zendt een *lichtbundel* uit.

Je ziet hieronder nog wat gevallen waarin het licht begrensd is tot lichtbundels. Om te begrijpen hoe een lens afbeeldt, moet je eerst meer van lichtbundels weten. Zo'n lichtbundel bestaat eigenlijk uit een heleboel

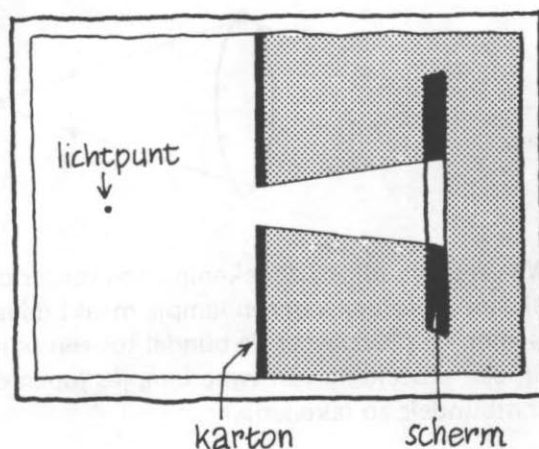


De lichtbundel van een vuurtoren



bundeltjes. De gloeispiraal van een lamp bestaat uit een heleboel stukjes die allemaal lichtbundeltjes uitzenden. In het volgende kijken we steeds naar één puntje van zo'n gloeidraad. Zo'n puntje zendt licht uit in alle richtingen. Door er een kartonnetje voor te zetten kun je een lichtbundel maken. (proef 5, blz. 7)

In de tekening hiernaast geven de lijnen rechts van het karton de begrenzing van de lichtbundel aan. Als je die lijnen naar links doortrekt, komen ze precies op het lichtpunt uit. De begrenzingen van de lichtbundel zijn rechte lijnen.



Er bestaan drie soorten lichtbundels

- *evenwijdige lichtbundel*. Deze bundel heeft evenwijdige begrenzingen. De doorsnede is overal even groot. (proef 6, blz. 7)
- *divergente lichtbundel*. Deze bundel heeft begrenzingen die uit elkaar lopen. De doorsnede wordt steeds groter. (proef 8, blz. 8)
- *convergente lichtbundel*. Deze bundel heeft begrenzingen die naar elkaar toelopen. De doorsnede wordt steeds kleiner. (proef 9, blz. 8)



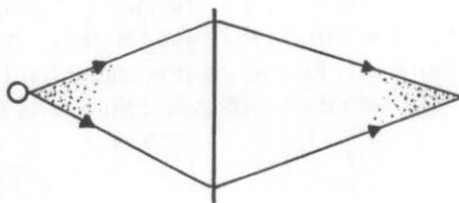
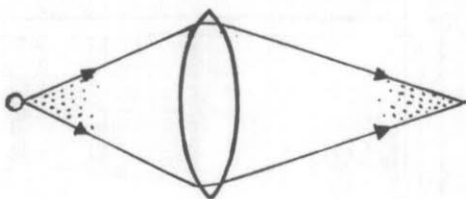
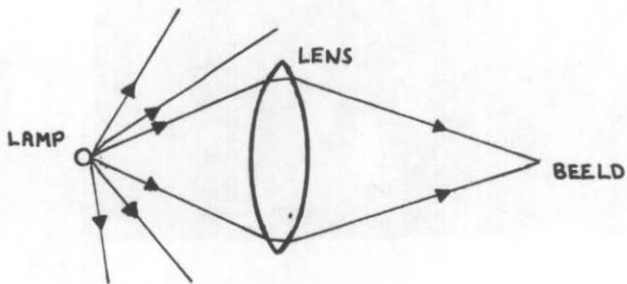
NIEUWE WOORDEN EN BEGRIPPEN IN DEZE PARAGRAAF

LICHTBUNDEL
EVENW'JDIGE LICHTBUNDEL
DIVERGENTE LICHTBUNDEL
CONVERGENTE LICHTBUNDEL
DOORSNEDE VAN EEN LICHTBUNDEL

2.3 Lichtbundels bij afbeeldingen

Bij een afbeelding van één lampje lopen de lichtbundels zoals hiernaast getekend. (proef 9, blz. 8) De bolle lens knijpt de lichtbundel uit één punt voor de lens samen in één punt achter de lens. De lens heeft een „samenknijpende” werking. Van de divergente bundel voor de lens maakt hij een andere: een convergente lichtbundel. We zeggen dat deze lens een *convergerende werking* heeft.

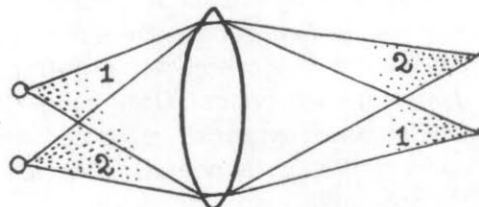
Het licht dat boven en onder de lens doorgaat, wordt natuurlijk niet samengeknepen. In volgende tekeningen laten we dat licht weg: bijvoorbeeld:



We vereenvoudigen de tekening nog verder door de lens als streep te tekenen.

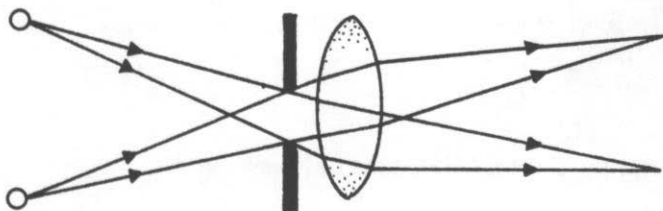
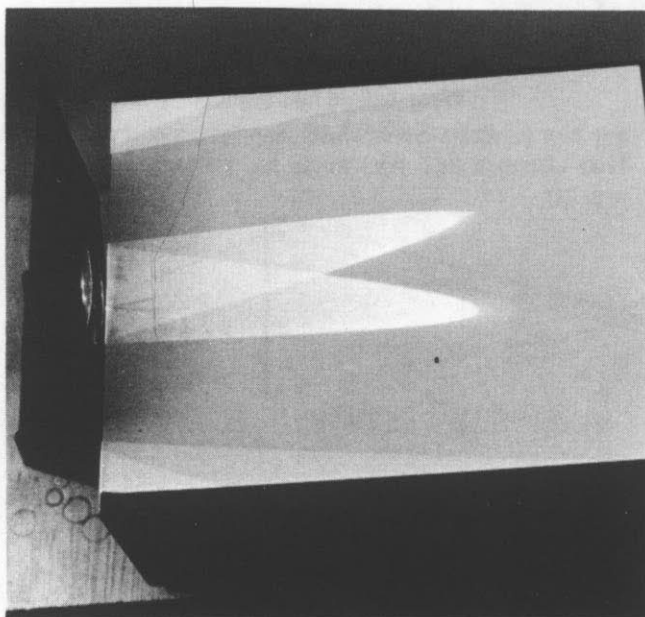
Bij het afbeelden van een lampje maakt de lens van een divergente bundel een convergente. Het beeld bevindt zich op de plaats waar de bundel tot een puntje is samengeknepen.

Bij een afbeelding van twee lampjes lopen de bundels als volgt (proef 11, blz. 9): Schematisch kunnen we de lichtbundels zo tekenen:



Beide lampjes worden achter de lens afgebeeld. Je ziet dat het bovenste lampje in het beeld onder zit. Wanneer je een gedeelte van de lens afdekt, wordt de lichtsterkte van het beeld minder. De vorm blijft gelijk.

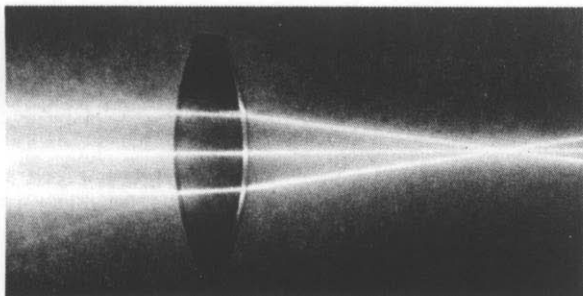
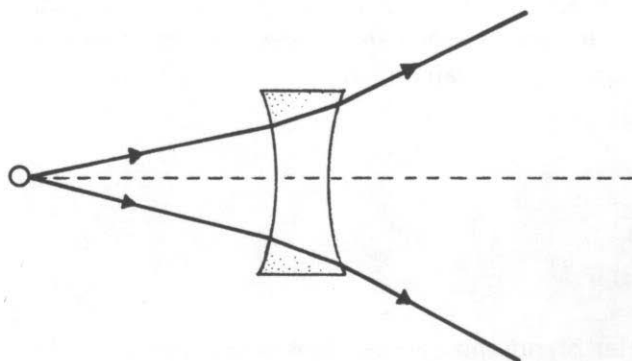
Hoe de bundelbegrenzing bij een diafragma loopt, teken je in opdracht 2 (blz. 49).



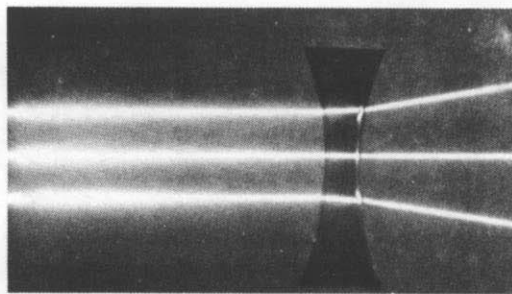
Bij een holle lens is de werking juist andersom (proef 10, blz. 9)

De bundel waaiert verder uit. Een holle lens heeft een *divergerende werking*.

Een holle lens is in het midden dunner dan aan de rand.



De convergerende werking van een bolle lens



De divergerende werking van een holle lens

Bij de afbeelding van een dia (proef 12, blz. 10) lukt het niet om de bundels uit verschillende stukken van de dia zichtbaar te maken. De dia bestaat uit zoveel punten dat je geen bundels kunt onderscheiden. Ze overlappen elkaar.

NIEUWE WOORDEN EN BEGRIPPEN IN DEZE PARAGRAAF

DIVERGERENDE WERKING
CONVERGERENDE WERKING

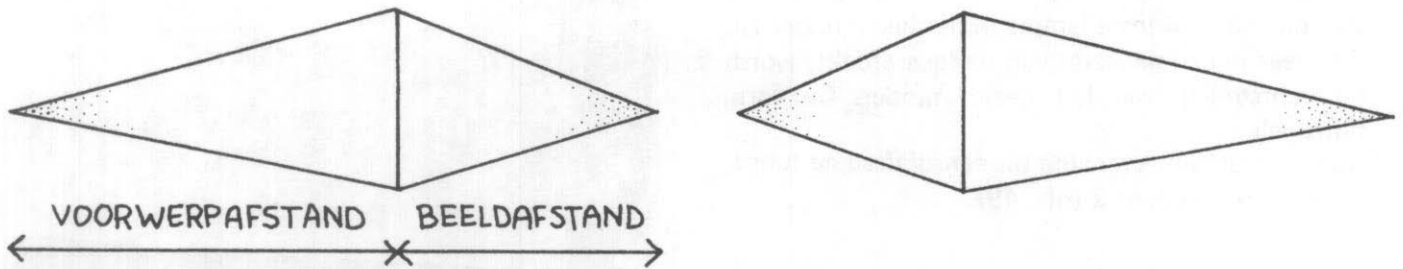


2.4 Plaats en scherpte van het beeld

Waar komt het beeld?

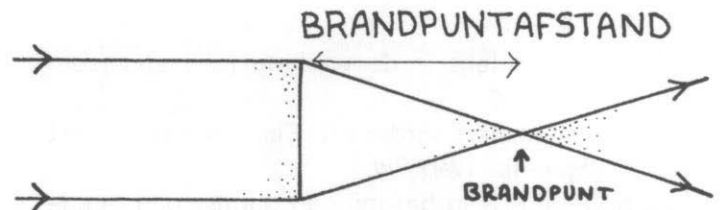
Waar het scherpe beeld door een lens gevormd wordt, is afhankelijk van de plaats van het voorwerp.

1. Hoe dichtter het voorwerp bij de lens staat, hoe verder van de lens het beeld gevormd wordt. (proef 13, blz. 10).

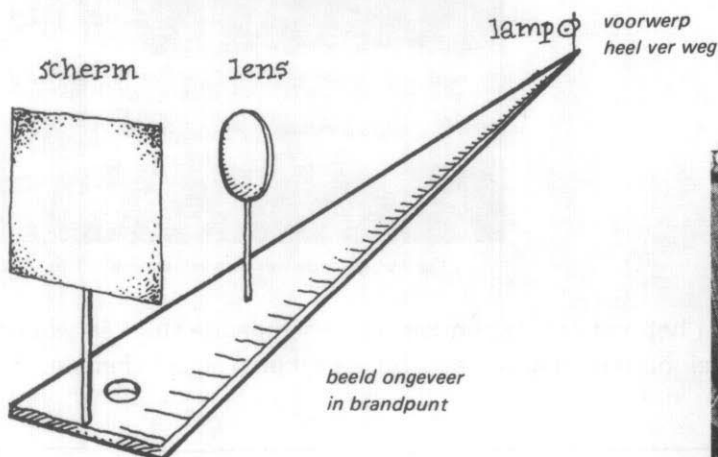


Als het scherm op beeldafstand van de lens staat, zie je een scherp beeld. Zet je het scherm op een andere afstand, dan is het beeld wazig of onscherp.

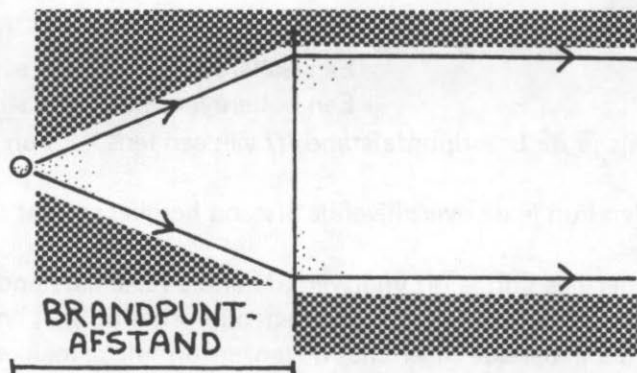
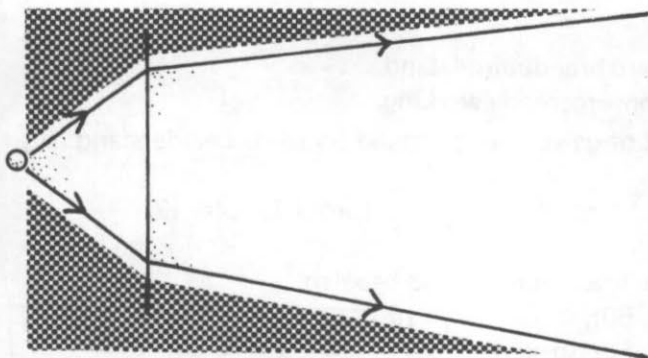
2. En andersom: hoe verder het voorwerp van de lens staat, hoe dichtter bij de lens het beeld komt.
3. Als je het voorwerp steeds verder van de lens plaatst, hoef je op het laatst het scherm niet meer te verplaatsen om het beeld te krijgen. De plaats waar dan het beeld komt, heet het *brandpunt* van de lens.*



Het brandpunt van een lens is een vast punt. Het beeld van een voorwerp kan op allerlei plaatsen gevormd worden. Het komt alleen in het brandpunt als het voorwerp ver weg is. In andere gevallen komt het beeld verder van de lens dan het brandpunt.



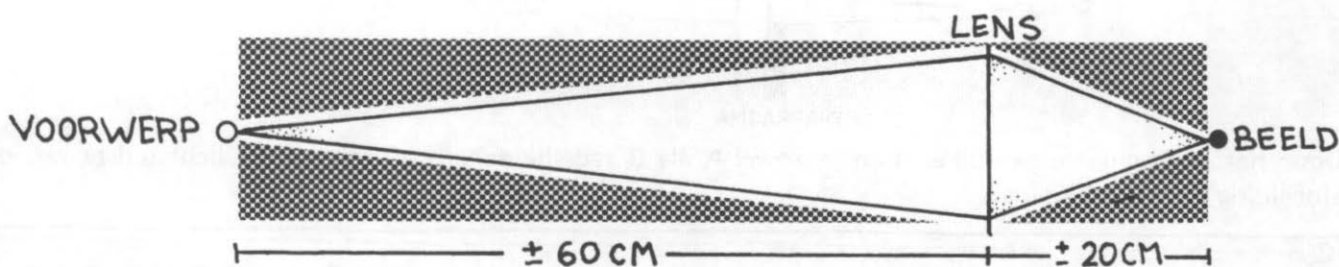
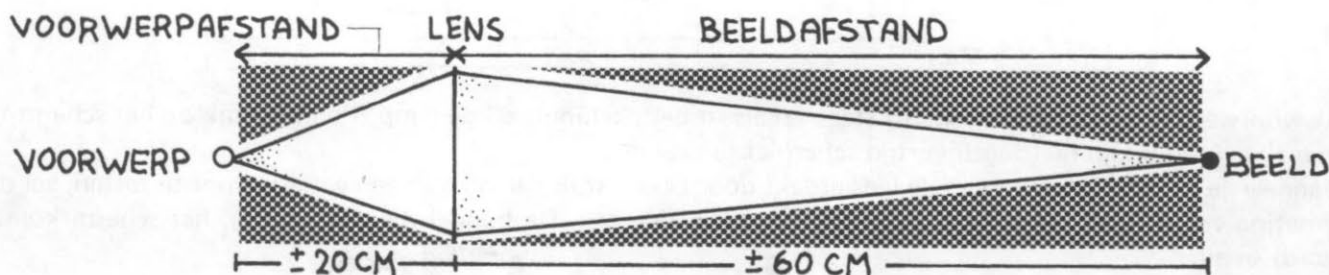
* Waar komt de naam brandpunt vandaan? Je hebt misschien wel eens met een brandglas gespeeld. Zo'n brandglas is een lens. Als daarop zonlicht valt, wordt er een beeld van de zon gemaakt, waarmee je bijvoorbeeld een stukje papier in brand kunt steken. De zon is ver verwijderd. Het beeld komt dus in het brandpunt. Vandaar de naam.



4. Als een lamp dichtbij de lens staat dan de brandpuntafstand, dan is er geen beeld. De bundels die dan uit de lens komen zijn divergent, maar minder divergent dan voor de lens. (proef 13, blz. 10)

5. Als je het voorwerp op brandpuntafstand van de lens zet, wordt het beeld erg ver van de lens gevormd.

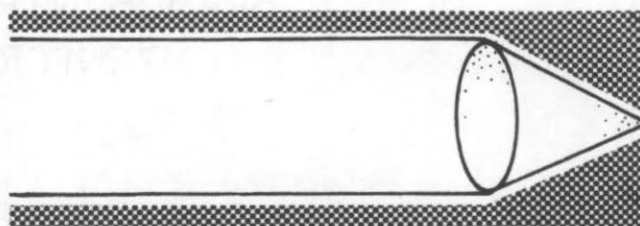
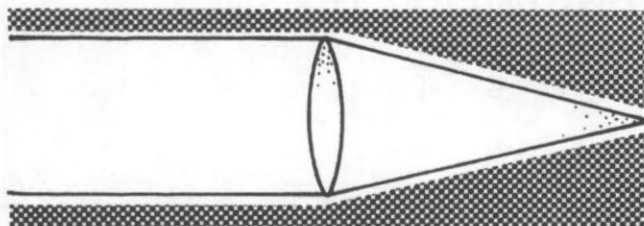
6. Als je een beeld hebt gevonden bij een bepaalde afstand tussen voorwerp en scherm, vind je een tweede plaats voor de lens om een scherp beeld te krijgen. De voorwerpafstand in het tweede geval is dan even groot als de beeldafstand in het eerste geval. (proef 15, blz. 11).



De plaats van voorwerp en beeld zijn verwisselbaar

Rekenen aan afstanden

De plaats waar het beeld van een voorwerp gevormd wordt, is ook afhankelijk van de brandpuntafstand van de lens. Hoe boller de lens, hoe dichtbij de lens het beeld gevormd wordt. Dat geldt ook als je het voorwerp ver van de lens zet. (proef 2, blz. 5).





Een bollere lens heeft dus een kleinere brandpuntafstand.

Een bollere lens heeft een sterker-convergerende werking.

Als je de brandpuntafstand (f) van een lens kent en je weet of de voorwerpafstand (v) of de beeldafstand (b),

dan kun je de overblijvende afstand berekenen met de *lenzenformule*: $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ (proef 17, blz. 12)

Hiermee kun je uit voorwerpafstand en beeldafstand ook de brandpuntafstand bepalen.

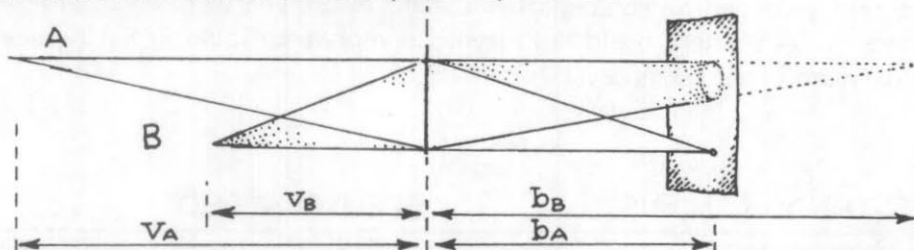
Met deze formule kun je oefenen in proef 5, 6, 7, en 8 (blz. 50).

Hoe je berekeningen met de lenzenformule gemakkelijk kunt controleren, vind je in leestekst 11, blz 134.

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

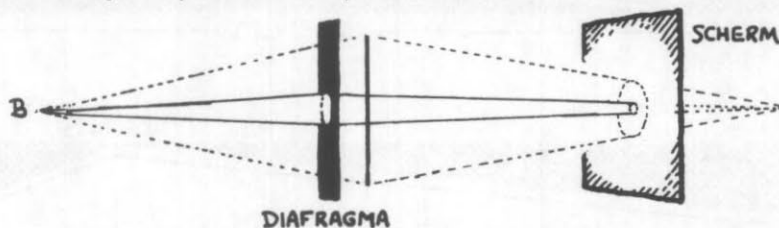
Twee voorwerpen tegelijk scherp afbeelden.

Als de lampjes A en B op verschillende afstand van de lens staan, moet je hun afbeelding op een scherm ook op verschillende plaatsen achter de lens zoeken. (proef 18, blz. 13).



Als voorwerp A goed op het scherm staat (zoals in de tekening), zal de lamp B onduidelijk op het scherm te zien zijn. A en B zijn niet tegelijkertijd scherp af te beelden.

Wanneer je nu een gedeelte van de lens afdekt door er een stuk karton met een gat erin voor te zetten, zal de afmeting van de vlek die bij een punt B hoort, ook afnemen. De bundel die vanuit B op het scherm komt, wordt smaller.



Door het diafragma te gebruiken kun je zowel A als B redelijk scherp afbeelden. De lichtsterkte van de afbeelding wordt wel kleiner.

NIEUWE WOORDEN EN BEGRIPPEN IN DEZE PARAGRAAF

VOORWERPAFSTAND (SYMBOOL v)

BEELDAFSTAND (SYMBOOL b)

BRANDPUNT

BRANDPUNTAFSTAND (SYMBOOL f)

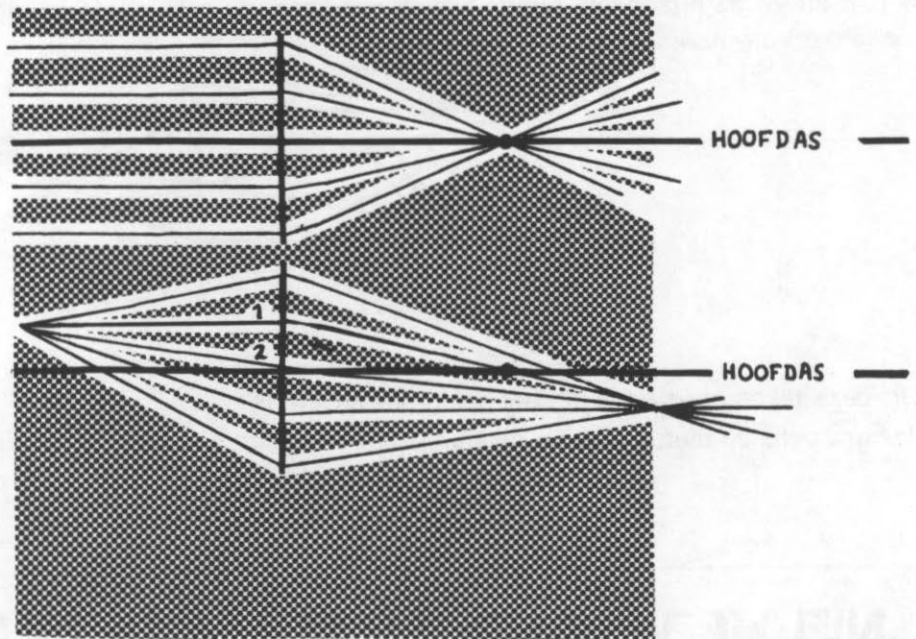
LENZENFORMULE $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

2.5 Het beeld tekenen

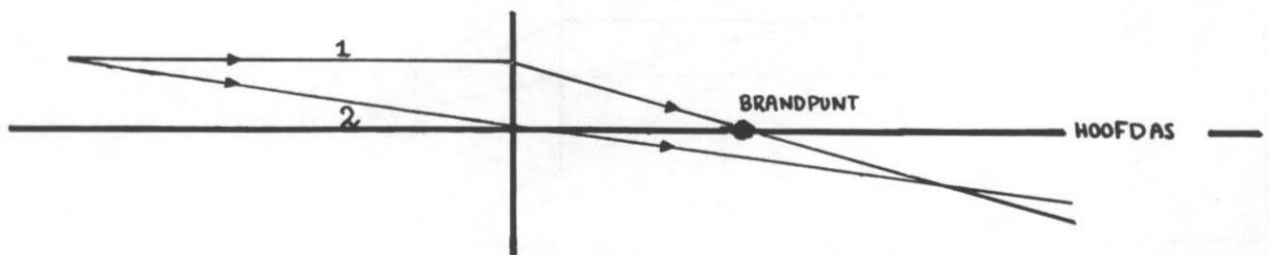
Met behulp van een tekening, kun je nagaan waar het beeld van een voorwerp gevormd wordt. Je kunt ook de grootte van het beeld met zo'n tekening bepalen.

Om de tekening te kunnen maken moet je het brandpunt van de lens weten.

Hieronder zie je een evenwijdige lichtbundel getekend, opgesplitst in 5 bundeltjes. De lens convergeert de bundeltjes in één punt. Omdat de bundel evenwijdig is, gaat hij na de lens door het brandpunt. Het brandpunt ligt op de *hoofdas*. Dat is een lijn loodrecht op de lens, door het midden van de lens.

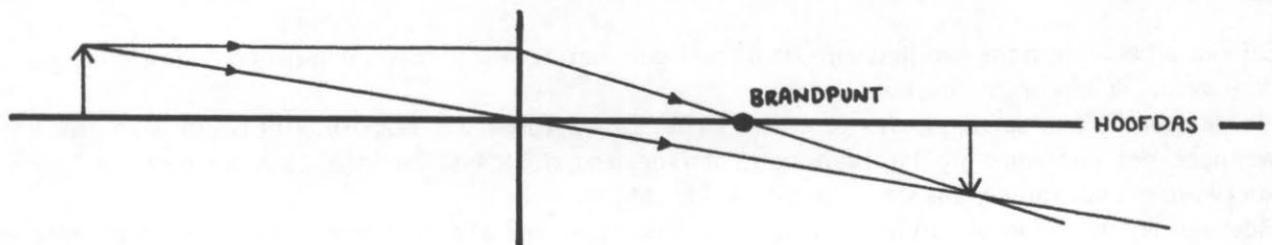


Hierboven zie je hoe een bundel van een voorwerp (lampje) door de lens wordt geconvergeerd. Van de bundel zijn 5 bundeltjes aangegeven. Met behulp van de vorige tekening kun je voorspellen hoe bundeltje 1 na de lens verder gaat. Hij gaat door het brandpunt (proef 19 en 20, blz. 14). Bundel 2, door het midden van de lens, gaat rechtdoor. (proef 20, blz. 14).

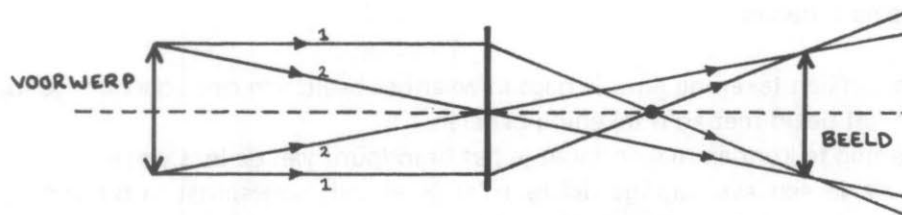


Je weet nu hoe je van een klein voorwerp het beeld kunt vinden.

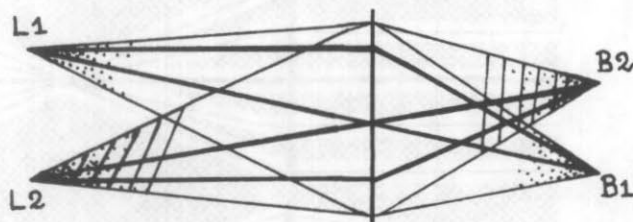
Hieronder zie je hoe het bij een groter voorwerp gaat. (in de tekening hebben we daarvoor een pijl genomen):



Je tekent met behulp van de twee bijzondere bundeltjes vanuit de top van het voorwerp, het beeld van die top. De pijl, loodrecht op de hoofdas, geeft je het gehele beeld.



Hierboven is nog eens hetzelfde gedaan voor een voorwerp dat aan beide zijden van de hoofdas uitsteekt. Als je niet alleen de bijzondere bundeltjes tekent, maar de gehele bundel die tot de beeldvormige bijdraagt, dan zie je het volgende:

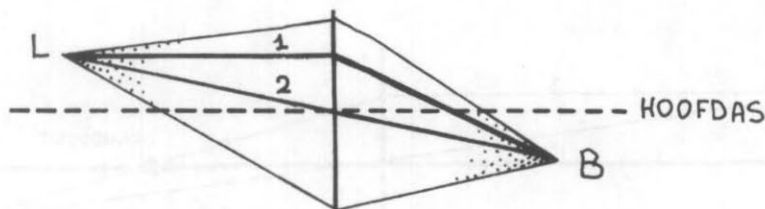


Uit deze tekeningen zie je dat het beeld omgekeerd is.

Je kunt oefenen met dergelijke tekeningen in opdracht 3, 4, 5 en 6 op blz. 51.

NIEUWE WOORDEN EN BEGRIPPEN IN DEZE PARAGRAAF

HOOFDAS
BIJZONDERE LICHTBUNDELTJES



2.6 De grootte van het beeld

Bij een afbeelding door een lens zijn de afmetingen van het beeld meestal anders dan de afmetingen van het voorwerp. De lens vergroot of verkleint.

Hoe groter de beeldafstand, des te groter is het beeld. (proef 13, blz. 10). Het beeld is zo groot mogelijk wanneer het voorwerp in het brandpunt van de lens staat. Het beeld is zo klein mogelijk wanneer het voorwerp erg ver van de lens staat. (proef 14, blz. 11).

Hoeveel de lens vergroot, druk je uit in de vergroting. Wordt een gloeilampje met lengte 1 cm afgebeeld tot 8 cm, dan is de vergroting $8/1$ is 8 keer.

Wordt een gebouw van 8 m hoog afgebeeld op een scherm tot 2 m hoog, dan is de vergroting $2/8 = 1/4$ keer. De vergroting is groter dan 1 als het beeld groter is dan het voorwerp.

De vergroting is kleiner dan 1 als het beeld kleiner is dan het voorwerp.

Je kunt de vergroting op twee manieren berekenen: (proef 16, blz. 12)

$$\text{vergroting} = \frac{\text{beeldafstand}}{\text{voorwerpafstand}}$$

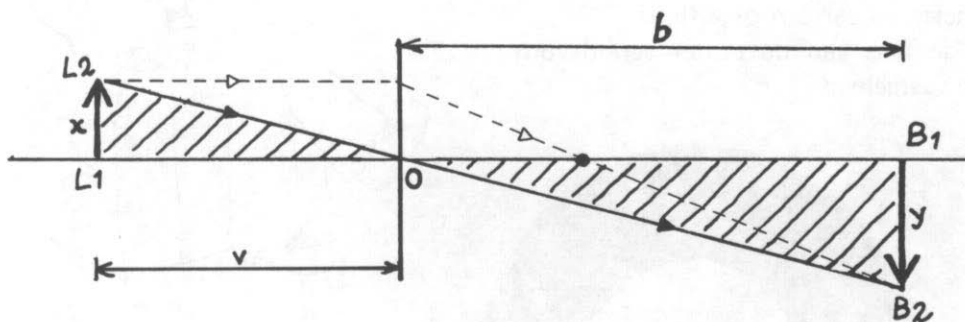
òf

$$\text{vergroting} = \frac{\text{lengte (of breedte) beeld}}{\text{lengte (of breedte) voorwerp}} = \frac{b}{v}$$

Je kunt met deze regels oefenen in proef 1, 2, 3 en 4 op blz. 49 en 50.

Met een tekening kun je inzien waarom de vergroting gelijk is aan $\frac{b}{v}$.

We tekenen een voorwerp dat vergroot wordt afgebeeld.



Omdat één van de bundels (door het middelpunt van de lens 0) rechtdoor gaat, krijg je twee gelijkvormige driehoeken nl. L_1L_2O en B_1B_2O .

En dan weet je dat

$$\frac{y}{x} = \frac{b}{v}.$$

Dus:

$$\text{vergroting} = \frac{\text{de grootte van het beeld}}{\text{de grootte van het voorwerp}} = \frac{y}{x} = \frac{b}{v}.$$

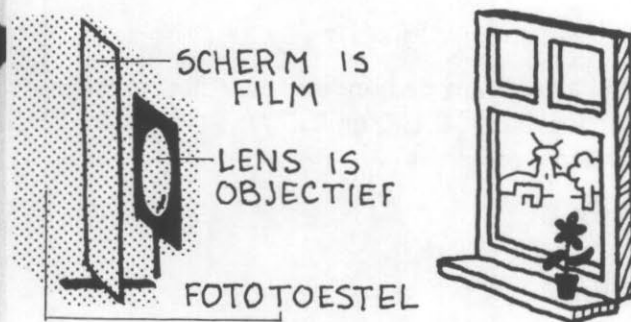
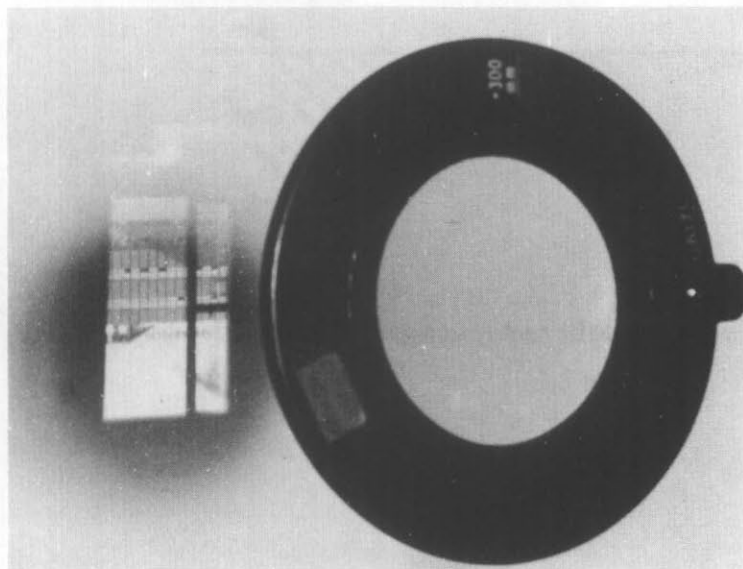
NIEUWE WOORDEN EN BEGRIPPEN IN DEZE PARAGRAAF

$$\text{VERGROTING} = \frac{\text{LENGTE BEELD}}{\text{LENGTE VOORWERP}} = \frac{b}{v}$$



3.1 Het fototoestel

Met een lens kun je een afbeelding maken van de buitenwereld op een scherm (zie proef 1 op blz. 5). Dat gebeurt ook in een fototoestel. De lens noemen ze meestal een objectief (zie leestekst 7 op blz.124). Op de plaats van het scherm zit een strookje film. Het plaatje dat de lens van de buitenwereld vormt, wordt op die film vastgelegd.



Er valt alleen licht op de film als je de ontspanknop indrukt (met de rechterwijsvinger)

De sluiters voorkomt dat er voortdurend licht valt op de film. Alleen als de ontspanknop wordt ingedrukt, is de sluiters geopend en wordt een opname gemaakt.

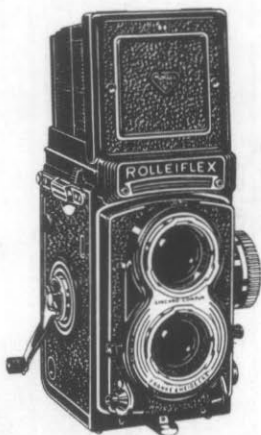
Na wat bewerkingen van de film (ontwikkelen en afdrucken; zie leestekst 10 op blz.131, en onderzoek 6 op blz. 77) is je foto klaar.

Fototoestellen bestaan er in vele soorten en prijsklassen.

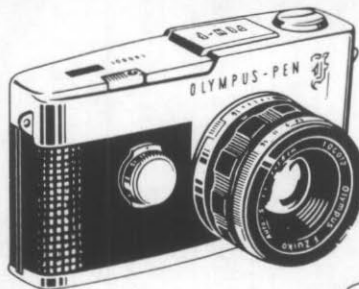
Allemaal maken ze beelden volgens hetzelfde principe.



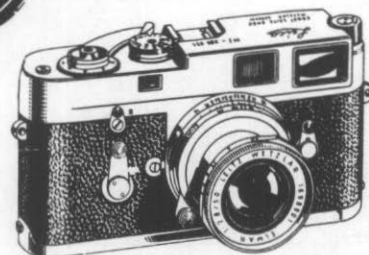
miniatuurcamera



tweeogige spiegelreflexcamera



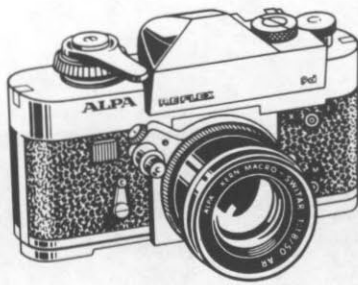
halfkleinbeeldcamera



kleinbeeldcamera



boxcamera



kleinbeeld spiegelreflexcamera



cassette-camera voor „altijd scherpe” foto's (geen afstandsinstelling)

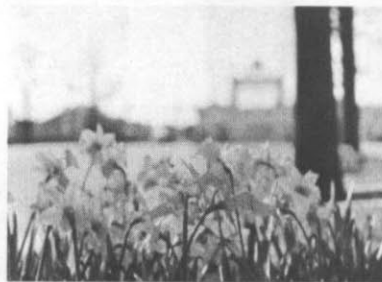


te licht
te donker



3.2 Goede foto's

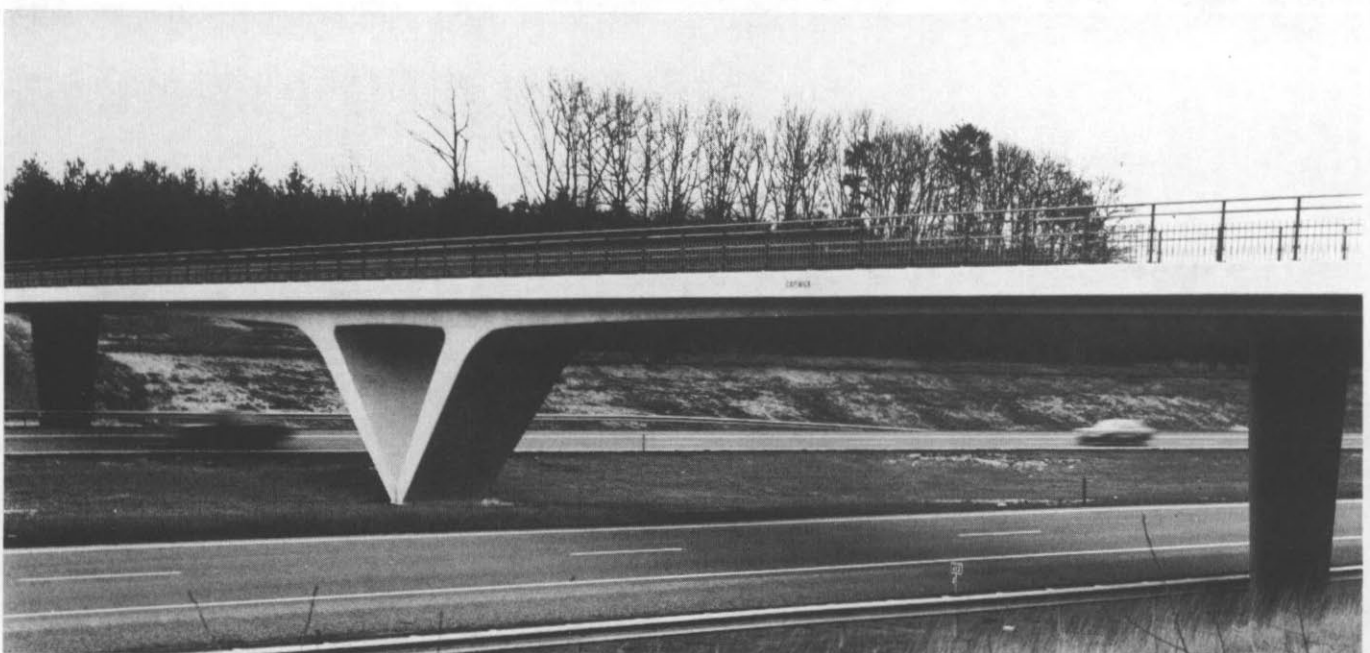
Soms is het moeilijk een foto zo te krijgen als jij hem hebben wilt. De opname kan te licht of te donker zijn. (foto's hierboven). Of je hebt alleen de bloemen scherp op de foto en je wilt ook een scherpe achtergrond (foto's hiernaast). Op de foto hieronder is het viaduct wel scherp, maar de auto's niet.



De bloemen op de voorgrond zijn scherp; de achtergrond niet



Bloemen en achtergrond scherp



Het viaduct is scherp, maar de auto's zijn onscherp

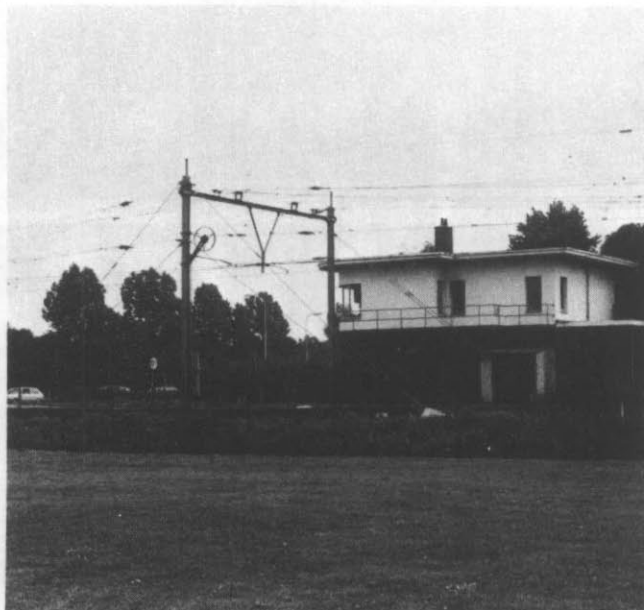
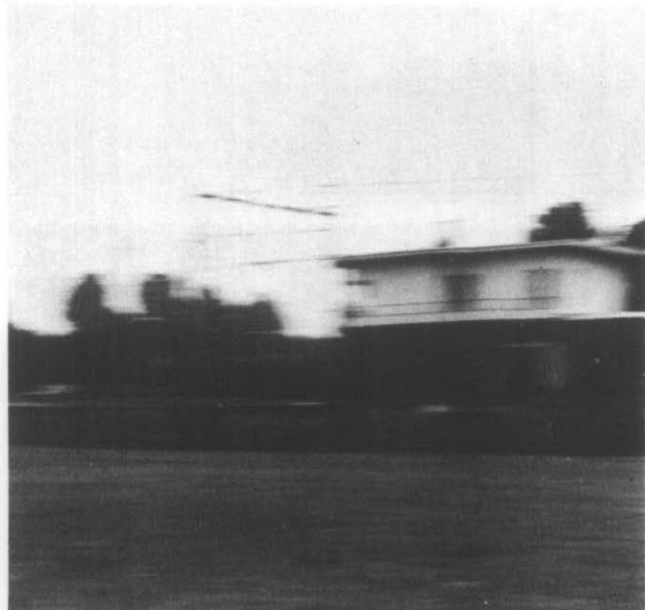


Links is het meisje op de voorgrond scherp, maar de vrouw achter de klavecimbel niet. Rechts is het net andersom.

Op de linker foto is de vrouw achter de klavecimbel onscherp afgebeeld. Op de foto rechts komt zij beter uit, maar daar is de voorgrond weer onscherp.

Soms is er helemaal niets scherp, zoals op de linker foto hieronder. Hij had eruit moeten zien zoals de foto rechts.

We zullen nagaan wat we bij de opname kunnen doen om een foto goed belicht en zo scherp mogelijk te krijgen.





Belichtingsmeter



De hoeveelheid licht die op de film valt kun je regelen door de sluitertijd te variëren. Het getal 1000 betekent: sluitertijd 1/1000 sec.; het getal 500: 1/500 sec. enz.

3.3 Goede belichting

Een duidelijke foto is niet te donker of te licht. Tijdens je opname moet precies de juiste hoeveelheid licht op de film terecht komen. Hoeveel licht je nodig hebt voor je foto, hangt vooral af van de gebruikte film en van de omstandigheden waaronder je fotografeert. De hoeveelheid licht kun je meten met een belichtingsmeter. Op veel camera's kan de hoeveelheid licht die op de film valt automatisch geregeld worden. Bij die toestellen kun je de lichthoeveelheid meestal ook zelf regelen. Bij andere camera's regel je de lichthoeveelheid altijd zelf.

Je kunt de hoeveelheid licht die op je film valt vaak op twee manieren regelen:

1. door te tijd te regelen dat de film belicht wordt (de sluitertijd).

Bij een sluitertijd van $\frac{1}{500}$ seconde staat de sluiters veel korter open dan bij een sluitertijd van $\frac{1}{30}$ seconde; daardoor valt er bij $\frac{1}{500}$ seconde veel minder licht op de film.

Proef 1: de sluitertijd

Neem een camera zonder film.

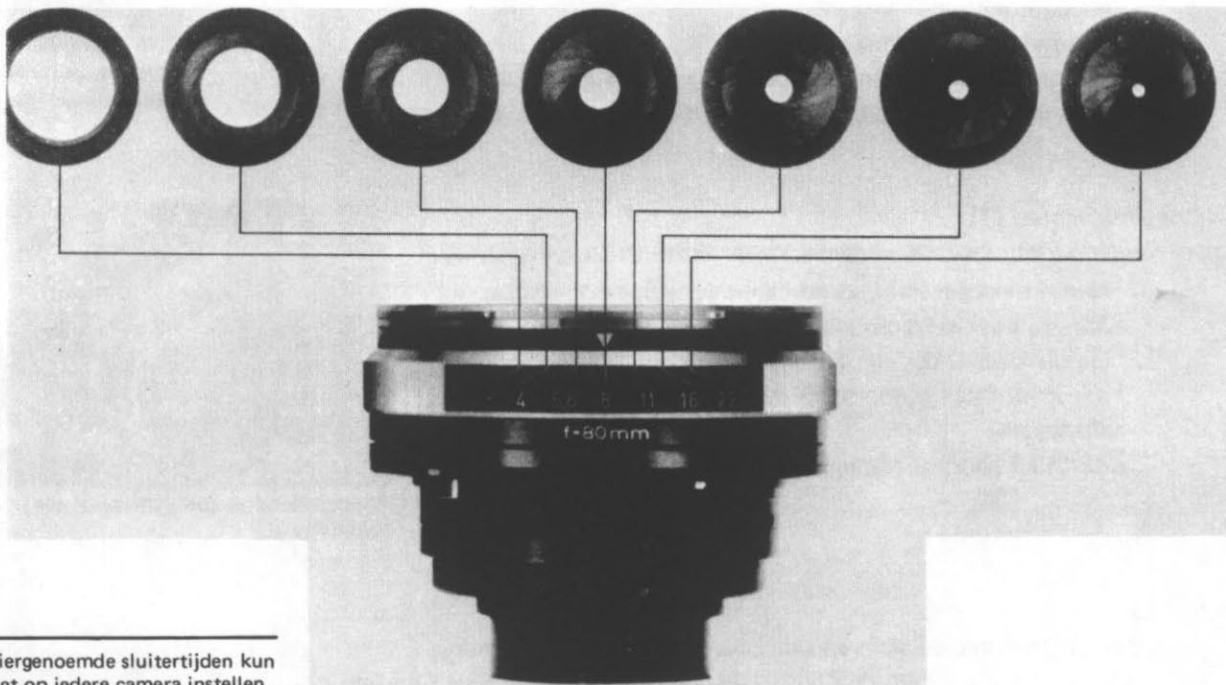
Stel de sluitertijd in op $\frac{1}{250}$ seconde* en de druk ontspanknop in. Doe hetzelfde bij een sluitertijd van 1 seconde.*
Hoor je het verschil?

2. door een geschikt diafragma te kiezen.

Het begrip diafragma kwam je al tegen in proef 3 op blz. 6.

Door een kleine opening gaat minder licht dan door een grote opening.

Het gedeelte van de lens dat gebruikt wordt, kun je gewoonlijk variëren door aan de diafragma-ring te draaien. Meestal staan op deze ring de getallen 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22. Soms staan er wat minder; soms ook nog andere. Een klein aantal betekent een grote lensopening en omgekeerd.

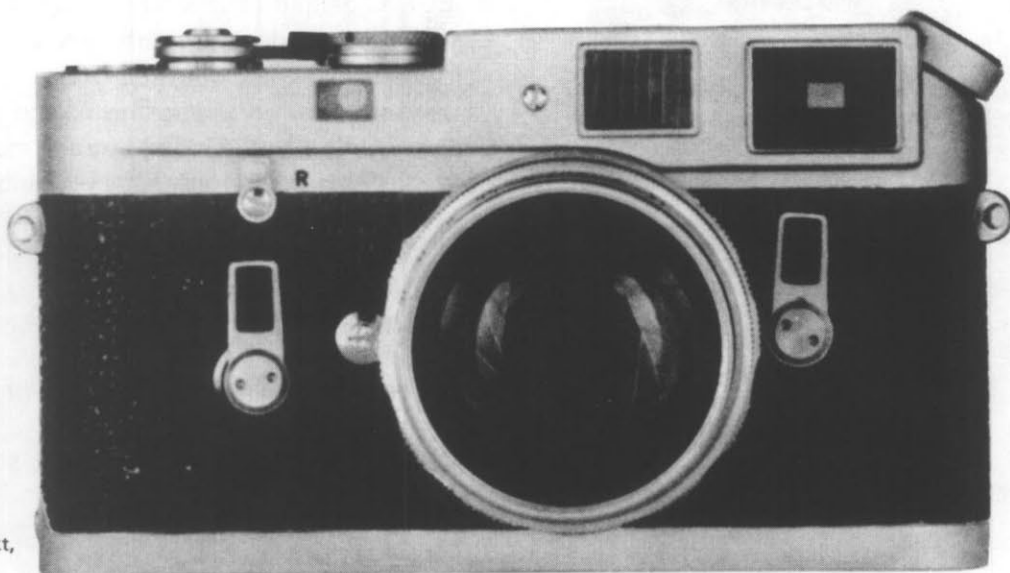


* de hiergenoemde sluitertijden kun je niet op iedere camera instellen



Proef 2: het diafragma (1)

1. Kijk in de lens van een camera. Kun je het diafragma zien zitten?



Als je in de lens van een fototoestel kijkt, zie je het diafragma soms zitten.

2. Ga na met welke ring je het diafragma kunt regelen. Kijk in de lens bij verschillende standen van het diafragma. Ga naar de volgende proef als je het diafragma niet ziet.
3. Als er geen film in de camera zit, kun je ook de camera openen en van achteren door de lens kijken. Je kunt het diafragma dan weer duidelijk zien.
Probeer proef 3 of proef 4 als deze proef niet gelukt is:

Proef 3: het diafragma (2)

Deze proef alléén doen:

- * als op de tijdstelling van je camera een B voorkomt,
- èn * als de vorige proef niet lukte,
- èn * als er geen film in je toestel zit.

1. Stel de sluitertijd in op B. De sluitertijd staat dan net zo lang open als de ontspanknop wordt ingedrukt.
2. Kijk, terwijl je de ontspanknop ingedrukt houdt, in de lens van de camera.
Kun je het diafragma zien zitten?
3. Ga na met welke ring je het diafragma kunt regelen.
Kijk in de lens bij verschillende standen van het diafragma.



Als de sluitertijd is ingesteld op B, staat de sluitertijd net zolang open als de ontspanknop wordt ingedrukt.



Kijk in de lens terwijl de ontspanknop is ingedrukt.

Proef 4: het diafragma (3)

Deze proef alléén doen met een camera met verwisselbaar objectief.

1. Neem het objectief van de camera. Kijk door het objectief.
Kun je het diafragma zien zitten?
2. Ga na met welke ring je het diafragma kunt regelen.
Kijk door het objectief bij verschillende standen van het diafragma.
3. Zet na afloop het objectief weer op de camera.



Het objectief van spiegelreflexcamera's kan er makkelijk af.

Opdracht 1:

Bekijk de donkere foto van de bloem op blz. 27 nog eens.
Wat had de maker van de foto kunnen doen om een beter belichte opname te krijgen?

3.4 Een schern beeld: de beeldafstand

De film zit in een fototoestel op een vaste plaats.



De film in een fototoestel zit op een vaste plaats.

Proef 5: de plaats van de film

Ga bij een fototoestel, waar geen film in zit, na waar de film hoort te zitten.

Bij het maken van een foto wil je meestal op een bepaalde afstand van het voorwerp de opname maken, omdat je dan de leukste foto krijgt.

Proef 6: de afstand waarop je een foto maakt

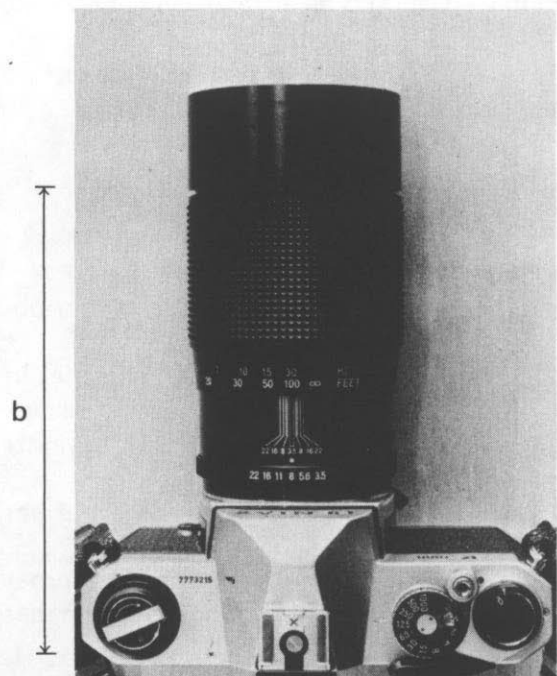
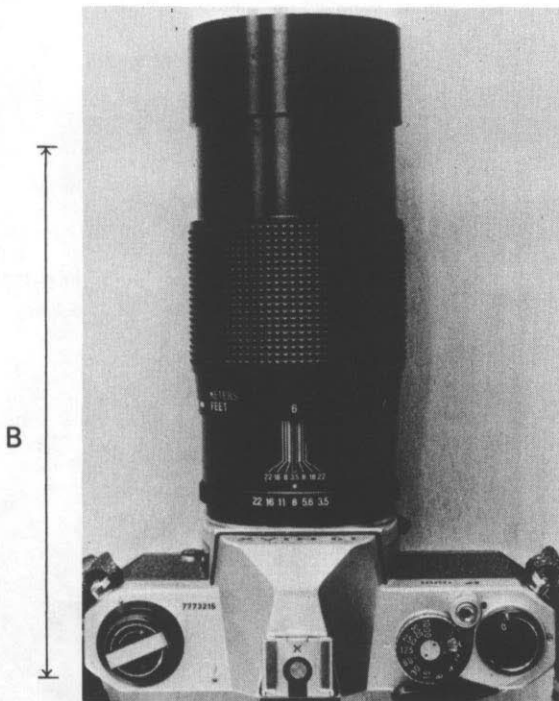
1. Op elke camera zit een „zoeker”. Als je daardoorheen kijkt, zie je wat er op de foto komt. Ga bij jouw camera na waar de zoeker zit.
2. Je wilt iemand zo groot mogelijk rechtopstaand van top tot teen op de foto zetten. Onderzoek met een camera op welke afstand van hem je moet gaan staan.



Kijken door de zoeker van een camera

Als je een foto maakt, kies je voor een bepaalde plaats vanwaar je gaat fotograferen. Verder zit bij een camera de film op een vaste plaats.

Dit lijkt op de opstelling van proef 4 op blz. 6. Daar hadden voorwerp en scherm ook een vaste plaats. Je kon een scherp beeld krijgen door de lens op een geschikte plaats te zetten. Net zo kun je bij de meeste fototoestellen* het objectief op de juiste afstand van de film zetten.



Door te draaien aan de ring „afstandsinstelling” kun je het objectief op de juiste afstand van de film zetten. Links is een voorwerp scherp op 1,80 m van de lens; rechts is de afstand ingesteld op 30 m. In dit geval is op de camera een objectief gemonteerd met een lange brandpuntafstand. Daardoor is heel duidelijk te zien dat het objectief meer uitsteekt als je op een voorwerp dichtbij scherp instelt. Bij de meeste objectieven is het verschil kleiner.

* niet altijd; bijvoorbeeld niet bij de „altijd scherpe” fototoestellen



Als de afbeelding scherp is, geldt de volgende relatie tussen voorwerpafstand (v), beeldafstand (b), en brandpuntafstand (f): (zie proef 17 op blz. 12)

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

Opdracht 2:

ga na of de relatie $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ geldt voor de resultaten van jouw proef.

Opdracht 3:

Toen wij de proef deden, kregen we een scherp beeld bij twee verschillende standen van de lens:

	VOORWERPAFSTAND	BEELDAFSTAND	VERGROTING
SCHERP BEELD I	50 CM	12,5 CM	0,25
SCHERP BEELD II	12,5 CM	50 CM	4

- Hoe groot is de brandpuntafstand van de lens?
- Welke stand van de lens komt het best overeen met de stand bij een fototoestel?
Geef twee argumenten voor je antwoord.

Opdracht 4:

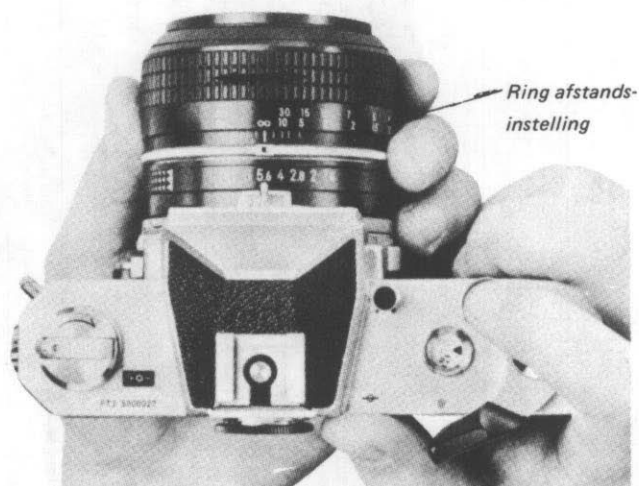
Met een objectief kun je verafgelegen voorwerpen op de foto zetten, maar ook voorwerpen vlakbij.

In welk geval is de afstand van het objectief tot de film het grootst?

Proef 7: de afstandinstelling

Bij de meeste camera's vind je op het objectief een afstandinstelling (zie foto).

1. Vergelijk de lengte van het objectief in de stand ∞ (foto scherp als het onderwerp zich op grote afstand bevindt) met de lengte in de stand 0,5 m. In welke stand steekt het objectief het meest uit?
2. Vergelijk je resultaten van deze proef met je antwoord op opdracht 4 en met de foto's op blz. 31.



Het instellen van de voorwerpafstand

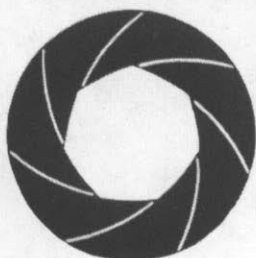
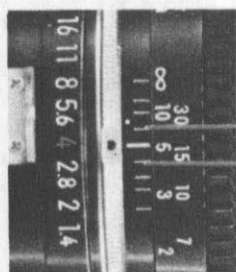
Opdracht 5:

Bekijk de foto van de vrouw achter de klavecimbel (links op blz. 28) nog eens. Wat heeft de fotograaf gedaan om de vrouw op de rechter foto scherp te krijgen?

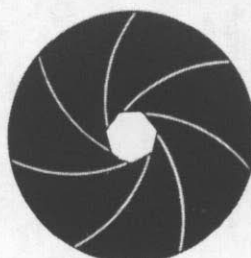
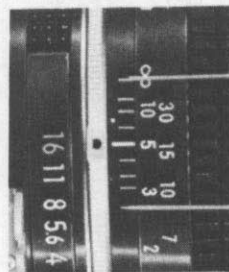
3.5 Een scherp beeld: scherptediepte

De foto links werd genomen met een grote lensopening; de foto rechts met een kleine.
Op de linkerfoto is de scherptediepte kleiner dan op de rechterfoto.*

Grote lensopening dia-
fragmaring op 4



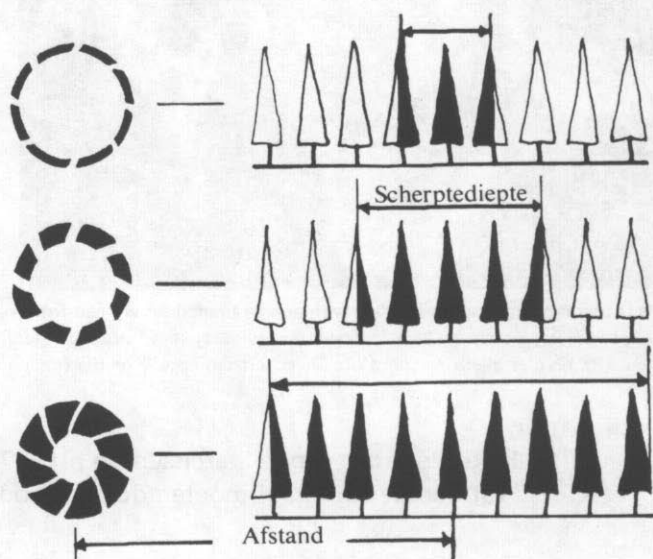
Kleine lensopening dia-
fragmaring op 16



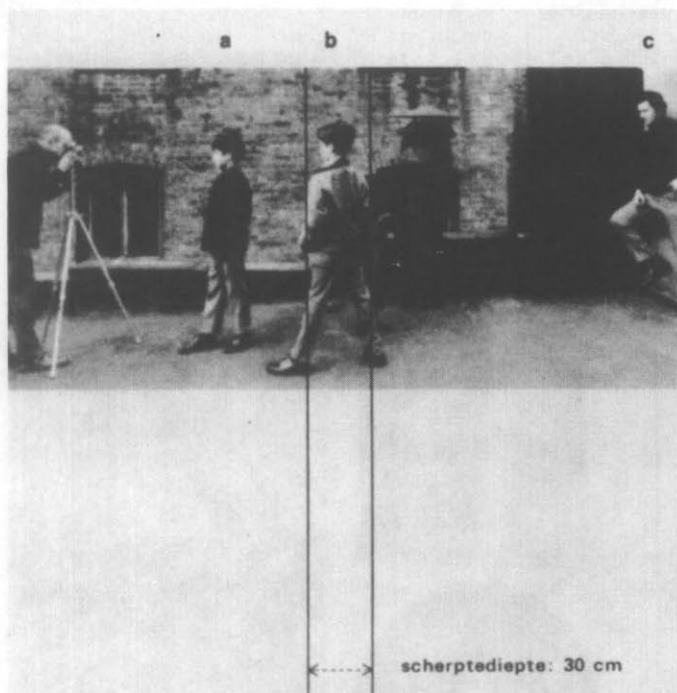
Op de foto's links is alleen het gebied tussen de zwarte lijnen scherp afgebeeld. Rechts zijn ook de voorgrond en de achtergrond scherp.

De scherptediepte is het grootst bij de kleinste lensopening. Vergelijk dit met je resultaten bij proef 18 op blz. 13 en met de theorie op blz. 22.

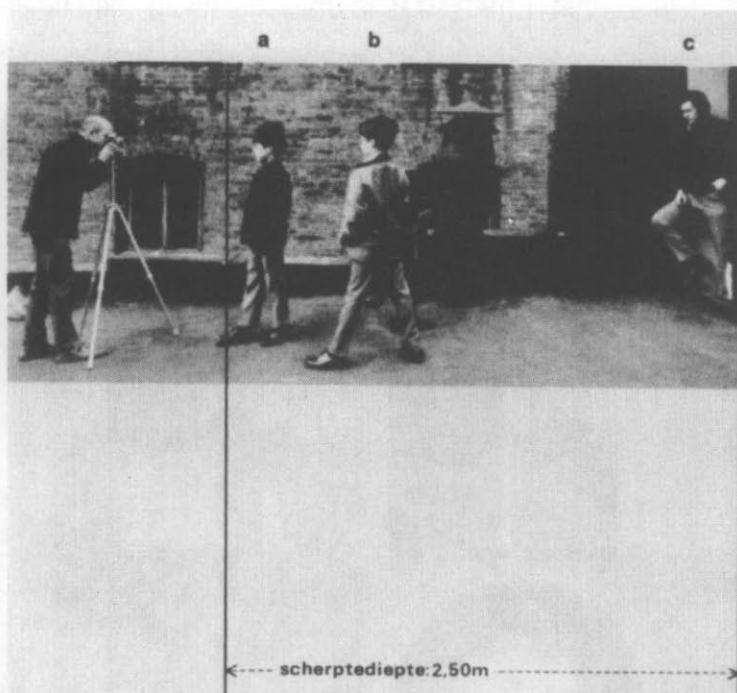
De scherptediepte is het kleinst bij de grootste lensopening.



* zie ook leestekst 8 op blz. 127



diafragmaopening: 2



diafragmaopening: 16



De fotograaf (links op de foto's boven aan de bladzijde) wil een foto maken van de drie jongens a,b, en c. Hij stelt scherp op b. Bij een grote lensopening (diafragma-opening 2) is het resultaat teleurstellend (links). Alleen b staat er scherp op. Bij een kleine lensopening (diafragma-opening 16) komen a, b, en c er alledrie scherp op. De scherptediepte is rechts (kleine lensopening) veel groter dan links (grote lensopening).

Opdracht 6:

Bekijk de foto van de narcissen op blz. 27 (links) nog eens.

Wat had de fotograaf moeten doen om ook de achtergrond scherp te krijgen?

Opdracht 7:

Bekijk de foto's van de vrouw achter de klavecimbel op blz. 28 nog eens.

Wat had de fotograaf moeten doen om zowel de vrouw als het meisje op de voorgrond scherp op de foto te krijgen?

3.6 Een scherp beeld: camera stilhouden

Voor een scherp beeld is de juiste instelling van de beeldafstand niet voldoende. Het scherpe beeld moet zich tijdens de opname steeds op precies dezelfde plaats op de film bevinden. Anders wordt alles op de foto wazig, zoals bij de foto hieronder.

Om bewegingen van de camera te voorkomen, moet je hem stevig vasthouden of op een statief zetten. (zie foto hiernaast). De bewegingen van de camera hebben de minste invloed als je een kleine sluitertijd kiest.

Opdracht 8: waarom is dat zo?



Als de camera tijdens de opname van een geparkeerde auto beweegt, krijg je een wazige foto.

3.7 Een scherp beeld: bewegende voorwerpen

Bewegende voorwerpen (zoals de trein hieronder) krijg je moeilijk scherp op de



Om bewegen van de camera tijdens een opname te voorkomen, plaatst men hem op een stevig statief.

De bewegende trein komt onscherp op de foto; de masten en draden van de bovenleiding scherp.



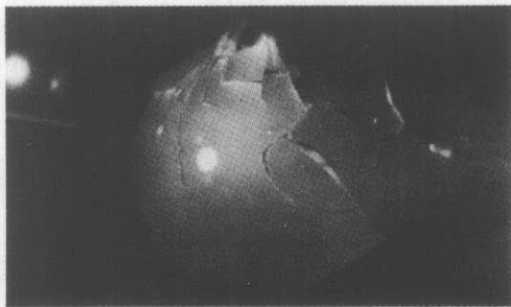


foto. Als een voorwerp beweegt, beweegt ook zijn afbeelding op de film. In de vorige paragraaf zagen we reeds dat voor een scherpe foto de afbeelding zich tijdens de opname steeds op precies dezelfde plaats op de film moet bevinden. Snel bewegende voorwerpen kun je toch scherp op de foto krijgen.

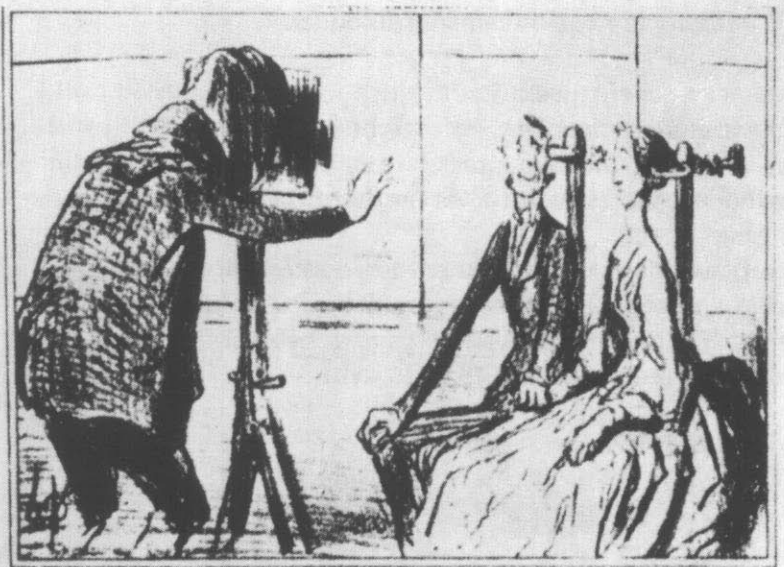
Je moet dan wel een kleine sluitertijd kiezen.



Een kogel snijdt een speelkaart in tweeën.

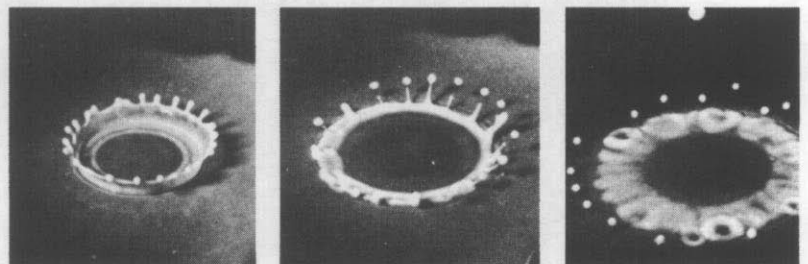
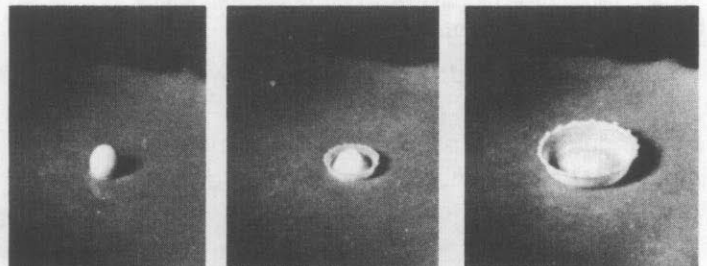


Een metalen kogel valt op een gloeilamp.



Vroeger moest men altijd werken met lange sluitertijden. De ouderwetse camera's staan altijd op een statief. Om onscherpte door hoofdbewegingen tegen te gaan, gebruikte men hoofdklemmen.

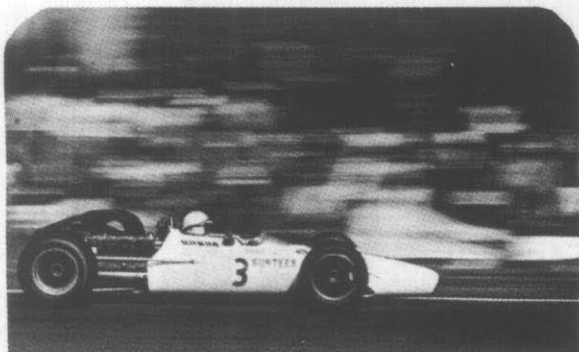
Hiernaast en hieronder zie je wat voorbeelden van foto's die met zeer korte belichtingstijden gemaakt werden.

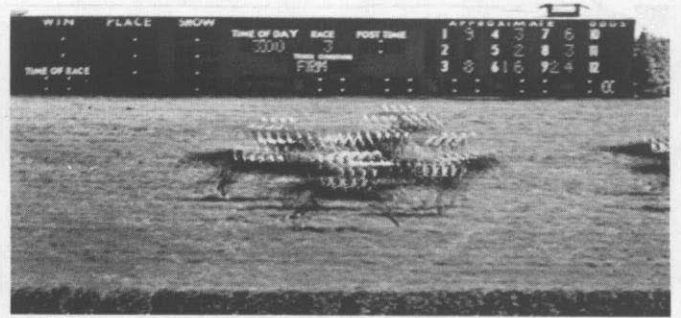


Een melkdruppel spat stuk op een tafel. De foto's werden gemaakt met een zeer korte belichtingstijd.

Opdracht 9:

Ga bij de zes volgende foto's na wat er bewogen is tijdens de opname, en waaruit je dat afleidt.







4.1 Bewegingen vastleggen met een fototoestel

Een fototoestel kun je gebruiken om bewegingen vast te leggen.

De sluitertijd mag dan niet te groot zijn, omdat je voor het vastleggen van bewegingen scherpe foto's nodig hebt.

sluitertijd 1/500 sec.



sluitertijd 1/15 sec.



Als je een bewegend voorwerp scherp op de foto wilt zetten, moet je een kleine sluitertijd kiezen.

Met twee of meer foto's die kort na elkaar gemaakt zijn, kun je vaak al wat over de bewegingen zeggen.

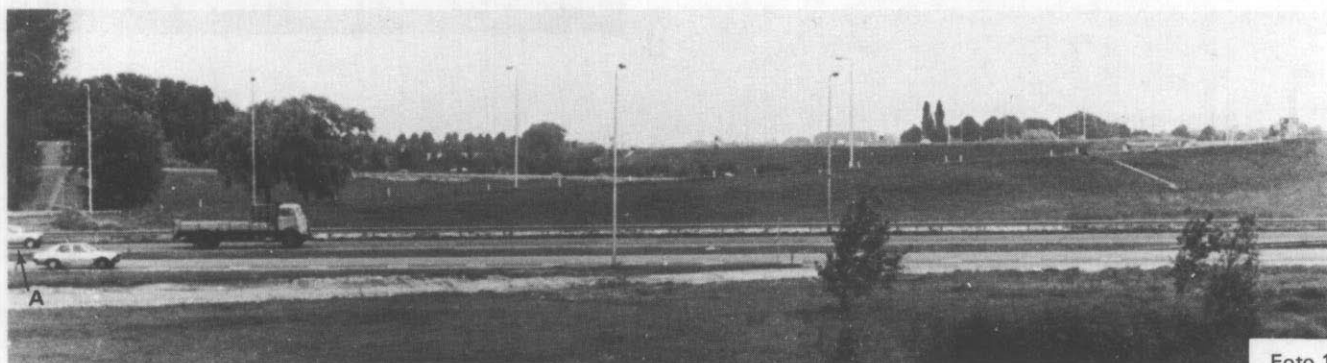


Foto 1

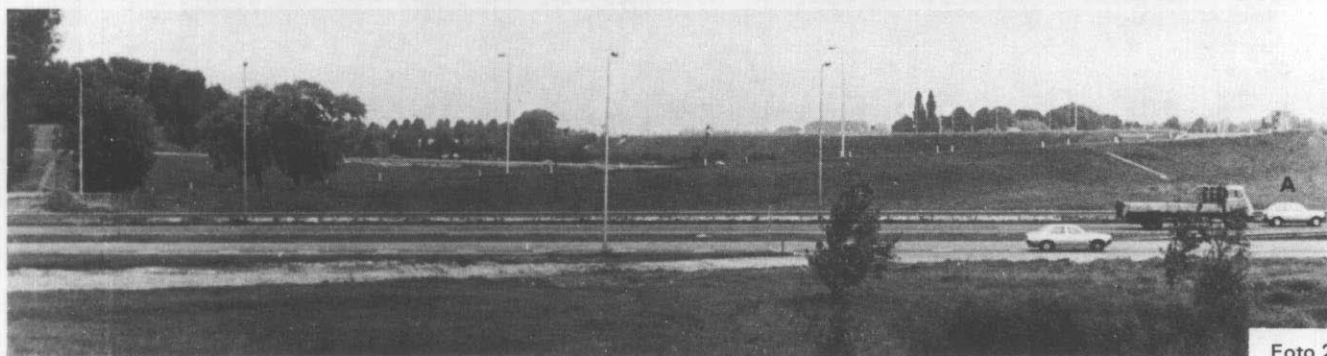
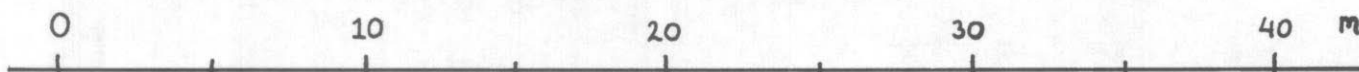


Foto 2



Auto's op de weg. Foto 2 werd genomen 2,0 sec. na foto 1. De schaal onder de foto's geeft afstanden in meters voor de weg waarop auto A en de vrachtauto rijden.

Opdracht 1:

Wie rijdt het snelst, auto A of de vrachtauto?

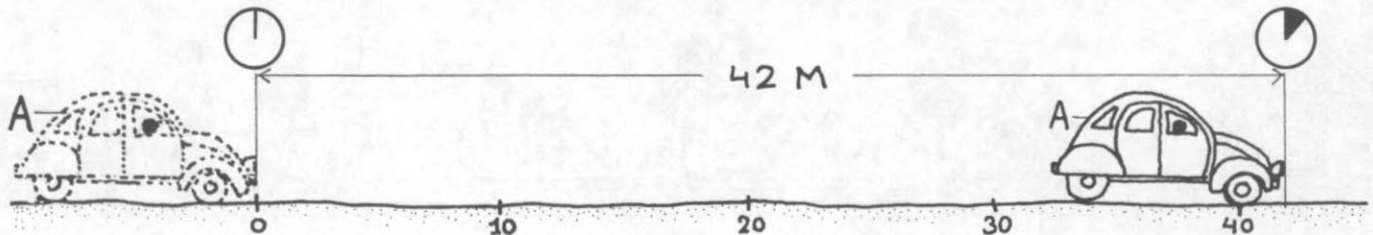
Met de gegevens bij de foto's kun je ook berekenen hoe hard de auto en de vrachtauto rijden.

4.2 Snelheid berekenen uit foto's

We geven nu een voorbeeld hoe je uit de twee foto's kunt berekenen hoe hard de auto's rijden.

Dit wordt uitgedrukt in de *snelheid* van de auto's. Hoe harder een auto rijdt, des te groter is zijn snelheid. Als een auto stilstaat, is de snelheid 0.

Hoe groter de snelheid, des te korter is de tijd die nodig is om bijvoorbeeld 100 m af te leggen.



De voorbumper van auto A bevindt zich op foto 1 bij 0 m en op foto 2 bij 42 m. Hij legde dus 42 m af in 2,0 seconde. Zijn snelheid is dus 42 m in 2,0 s. Dat is in elke seconde 21 m of 21 m/s.

Opdracht 2: bereken de snelheid van de vrachtauto

Meestal staat onder bij de foto's waaruit je snelheden gaat berekenen geen afstandschaal.

Je kunt vaak zelf een afstandschaal maken, bijvoorbeeld:

- als je weet wat de lengte is van auto A,
- als je weet hoever de paaltjes van de vangrail uit elkaar staan.

Als maat voor de snelheid gebruiken we: m/s

Opdracht 3:

Met welke maat geeft de snelheidsmeter van een auto de snelheid aan?



De snelheidsmeter van een auto

Een snelheid die is gegeven in m/s kun je omrekenen in km/h.

Als voorbeeld berekenen we van een auto, die 20 m/s rijdt, de snelheid in km/h.

In een uur zitten 60 minuten, van elk 60 seconden, dus in totaal 3600 s.

De auto legt iedere 20 m af; in 3600 s legt hij dus $3600 \times 20 \text{ m} = 72.000 \text{ m} = 72 \text{ km}$ af.

Zijn snelheid bedraagt dus 72 km/uur.

Omgekeerd betekent 72 km/u een afstand van 72.000 m per 3600 s, dus weer 20 m in 1 s of 20 m/s.

Opdracht 4:

Hoeveel m/s is 72 km/h?

Opdracht 5:

Bereken de snelheid van auto A en van de vrachtauto in km/uur.

Andere omrekeningsoefeningen staan op blz. 53 van het oefendeel (opdracht 1 en 2).

In leestekst 11 op blz. 134 vind je hoe je je berekeningen makkelijk kunt controleren. Het meten van snelheid vind je terug in de vervolgonderzoeken „snelheden meten in het verkeer” (blz. 95), „werken met stroboscopische foto's” (blz. 87 en „werken met films” op blz. 94).



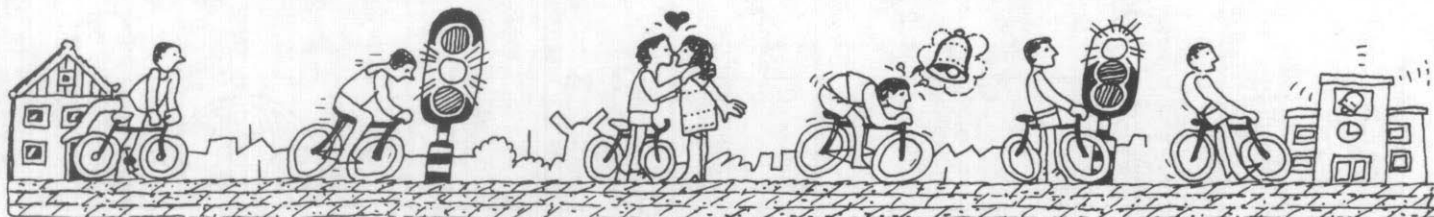
4.3 Gemiddelde snelheid en de snelheid op een bepaald moment

In de voorbeelden van de vorige paragraaf was de snelheid steeds:

de door de auto afgelegde weg
de tijd die daarvoor nodig was

Dat is niet altijd zo. Kijk maar eens naar het volgende voorbeeld. Iemand woont 4 km van school. Hij fietst er 15 minuten over, ofwel 0,25 uur.

Dan is zijn snelheid dus $\frac{4 \text{ km}}{0,25 \text{ h}} = 16 \text{ km/h}$.



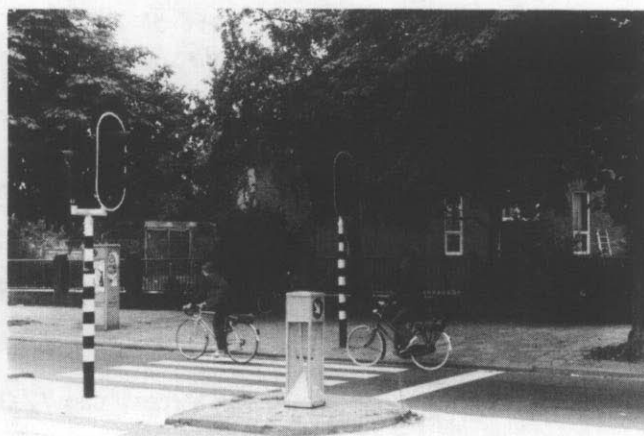
Is dat ècht zo? Waarschijnlijk niet, want:

- toen hij opstapte, reed hij zeker langzamer
- toen hij dat stoplicht nog wilde halen, reed hij zeker harder
- toen zijn vriendin hem inhaalde, stopte hij even
- vlakbij school ging hij extra hard rijden om vóór de bel binnen te zijn
- en hij moest vlak voor school tòch weer remmen

Toch zegt die 16 km/h wel iets. Het is de *gemiddelde snelheid* over die afstand geweest.

Maar hoe zit het nu met de snelheid op het moment dat hij het stoplicht passeerde?

De foto's hieronder werden bij dat stoplicht gemaakt, met een tussentijd van 0,9 seconde.



Opdracht 6:

Met welke snelheid passeerde de fietser het stoplicht?
De fiets is 1,75 m lang.

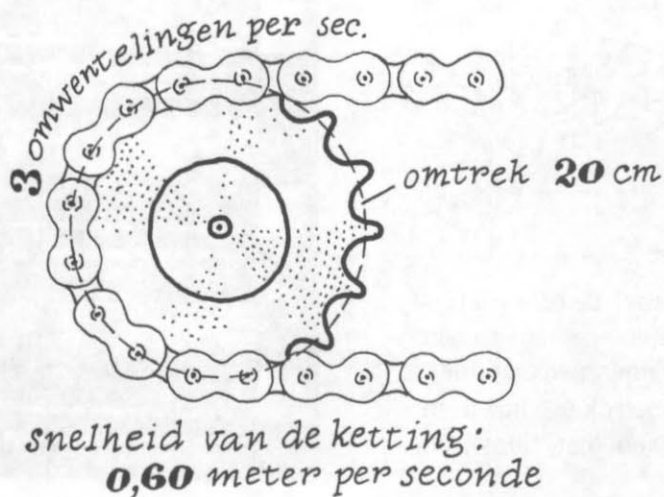
Je kunt de snelheid op een bepaald moment uitrekenen door de gemiddelde snelheid over een klein tijdje (of een klein afstandje) uit te rekenen.



Opdracht 7: Ga dat na.
De omwentelingsnelheid is 2 omwentelingen per seconde.

Opdracht 8: Wat is de omwenteling-snelheid van het fietswiel (omtrek 2,25 m) van een fiets die een snelheid heeft van 6,75 m/s?

Opdracht 9: Wat is de omwenteling-snelheid van het fietswiel (omtrek 2,00 m) van een fiets die 18 km/h rijdt?



4.4 Draaiende beweging en snelheid

Ook bij draaiende bewegingen kom je het begrip snelheid tegen. Bij een platenspeler wordt de draaisnelheid aangegeven in omwentelingen per minuut. Bij een singletje stel je hem in op 45 omwentelingen per minuut (45 „toeren per minuut”), bij een l.p. op 33 omwentelingen per minuut.

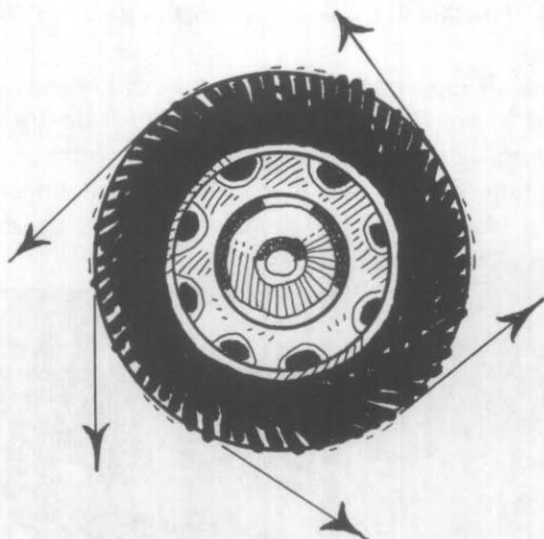


De aarde draait rond met een snelheid van 1 omwenteling per 24 uur.

Hoe snel draait een fietswiel rond? De fietser op de foto heeft een snelheid van 4 m/s. De omtrek van het fietswiel is 2 m. Het fietswiel maakt dan 2 omwentelingen per seconde.



Omgekeerd kun je ook uit omwenteling-snelheden de snelheid van een punt op de rand berekenen. Zoals in het volgende voorbeeld: Een tandrad van een fiets heeft een omwentelingsnelheid van 3 omwentelingen per seconde. De omtrek van het tandrad is 0,20 m (20 cm). De snelheid van de ketting die erover heen loopt is dan 0,60 m/s. Ga dat na.



De omtreksnelheid van een wiel is dus eigenlijk de „rechtlijnige snelheid” van de rand van dat wiel. Die snelheid is overal op de rand even groot. De richting van de beweging is echter overal verschillend. (zie de pijltjes in de tekening)

4.5 Bewegingen vastleggen met een filmcamera

In de vorige paragrafen bepaalden we uit foto's de snelheid van een beweging. Eén van de manieren om dat te doen, was het vergelijken van twee of meer foto's, die kort na elkaar genomen zijn.

Een filmcamera maakt ook opnamen kort na elkaar. Hij is zo geconstrueerd dat je achter elkaar bijvoorbeeld 24 foto's van iets kunt maken. Tijdens de opname staat de film stil. Tussen twee opeenvolgende foto's schuift de film door; ondertussen dekt de vlinder de film af, zodat er geen licht op de bewegende film valt.

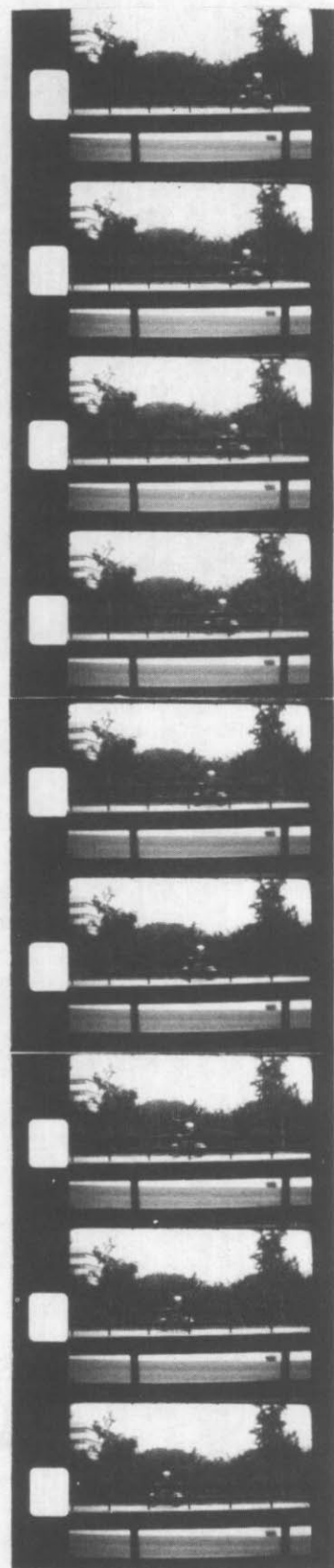
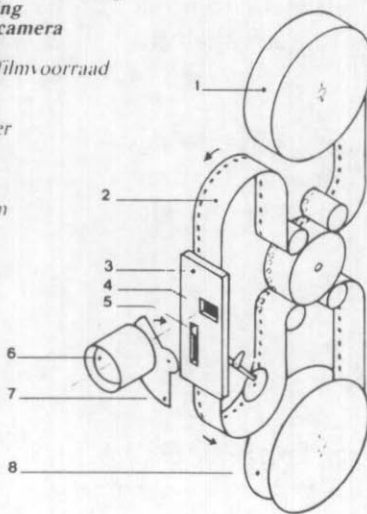
Als we in de opname over een afstandschaal beschikken, kunnen we uit een filmstrook snelheden bepalen.



Filmcamera

Schematische voorstelling van de werking van een filmcamera

1. onbelichte filmvoorraad
2. film
3. filmkanaal
4. beeldvenster
5. gripper
6. lens
7. vlinder
8. belichte film



Opdracht 10:

De omtrek van een langspeelplaat is 95 cm. Hoe snel beweegt een punt op de rand van de langspeelplaat?

Opdracht 11:

De afstand tussen de palen van het hek waar de bromfietser langs rijdt, is 1,45 m. Bepaal de gemiddelde snelheid tussen het eerste en het laatste beeldje. (24 opnamen per seconde).

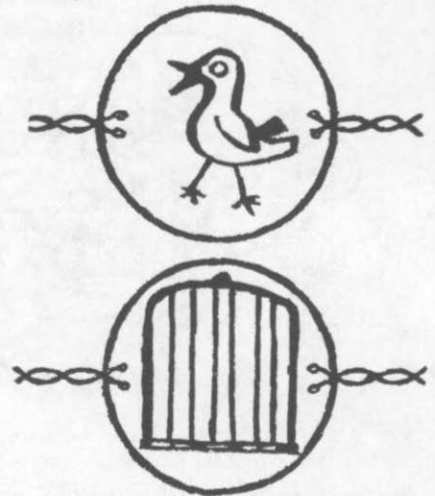
Andere opdrachten om snelheden te bepalen met filmstroken vind je in het oefendeel op blz. 56 en in het onderzoek „Werken met films” op blz. 94.

4.6 Bewegingen weergeven met de filmprojector

Als je een filmstrook afdraait met een filmprojector, zie je het beeld weer bewegen zoals tijdens de opname. Dat komt door de zgn. „traagheid van ons oog“.

Proef 1: de traagheid van ons oog

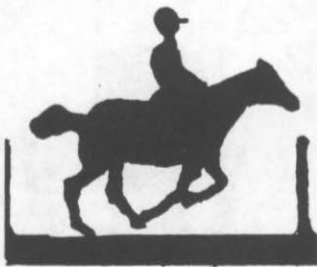
1. Teken op een stuk karton (5 cm bij 5 cm) op de voorkant een vogel en op de achterkant een kooi.
(niet te veel details tekenen; daar merk je straks toch niet veel van).
Maak vier gaatjes in de rand, tegenover elkaar, en doe daar touwtjes doorheen (zoals op de tekening).
2. Wind de touwtjes om elkaar heen door het kartonnetje te draaien.
Daarna kun je de twee plaatjes snel achter elkaar bekijken door aan de touwtjes te trekken.
3. Trek aan de touwtjes. Schrijf op wat je ziet.



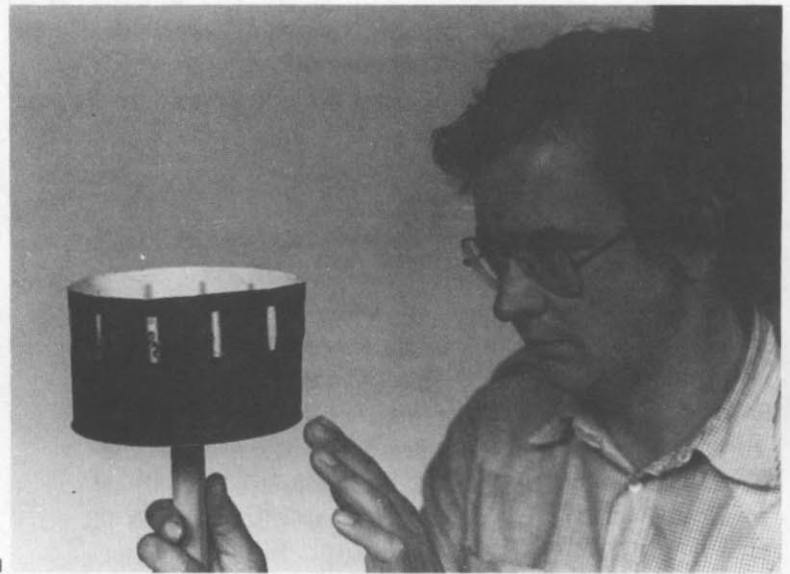
Beeldjes die elkaar snel opvolgen, zien we als het ware in elkaar overlopen. We noemen dit de traagheid van ons oog. (zie de leestekst over het oog op blz. 105).

Proef 2: „de wondertrommel“

Maak een wondertrommel volgens de aanwijzingen op de bouwplaat en probeer hem uit.

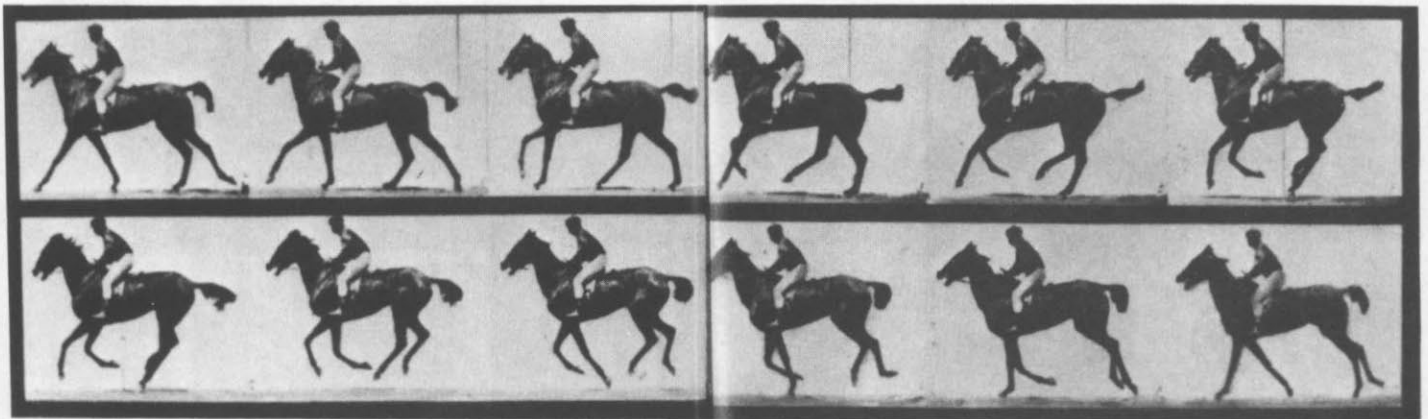


de wondertrommel



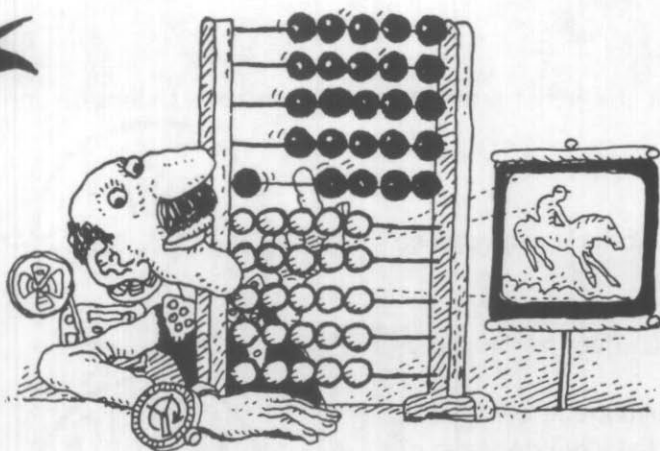
Het paard van de „wondertrommel“ zie je bewegen. Maar eigenlijk zie je steeds een stilstaand plaatje als er een opening voor je oog komt. Tussen twee plaatjes door wordt het beeld afgeschermd door de zwarte buitenkant van de wondertrommel, daarna volgt een volgend plaatje enz.

De plaatjes volgen elkaar zo snel op dat je oog ze niet als aparte beelden kan onderscheiden: je ziet een vloeiende beweging.



Opnamen van een galopperend paard, gemaakt door Muybridge in 1880!

Voor onze tekenaar leverden ze de inspiratie voor het paard van de wondertrommel (zie proef 2)



... 24 beeldjes per seconde! ...



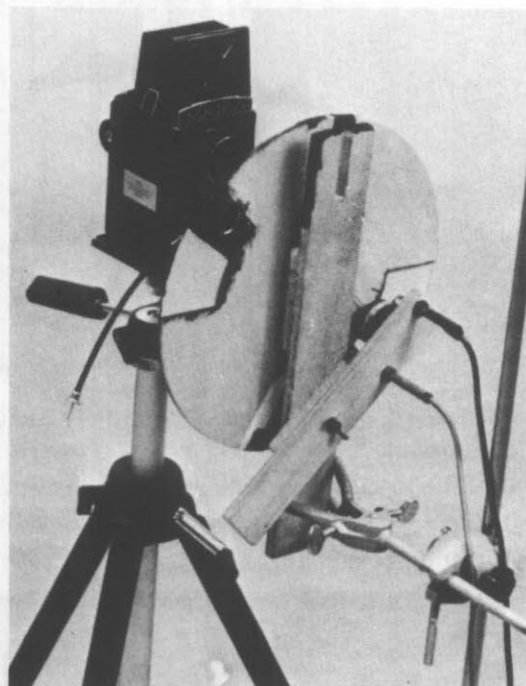
Filmprojektor

Als je een film afdraait met een filmprojektor, gebeurt er net zo iets. Hetzelfde gebeurt met de vogel linksboven op de even bladzijden als je deze bekijkt volgens de aanwijzingen op de binnenkaft achterin. Het plaatje dat je ziet, staat eigenlijk steeds stil. Dan wordt het licht even afgeschermd, terwijl het volgende plaatje op de juiste plaats gezet wordt. Daarna zie je dat tweede plaatje weer even, enz. Meestal zie je bij filmprojectie 24 plaatjes per seconde.

De plaatjes volgen elkaar zo snel op dat je oog ze niet als aparte beelden kan onderscheiden: je ziet een vloeiende beweging.

4.7 Bewegingen vastleggen met stroboscopische foto's

Een filmstrook bestaat uit een reeks momentopnamen. Er wordt niet voortdurend opgenomen. Steeds wordt „even kijken” afgewisseld door „even afschermen”. Op die manier wordt de beweging in stukjes geknipt. Ditzelfde principe kun je toepassen met een gewoon fototoestel. Je kunt hem ook steeds „even laten kijken” en „even afschermen”. Je hebt dan de verknipte beweging op één filmbeeldje staan. De foto's die je zo krijgt, heten stroboscopische foto's. Met de opstelling van hiernaast kun je zulke foto's maken. In de schijf voor het fototoestel zit een opening. Als je het motortje aansluit op een spanningsbron, gaat de schijf draaien. Als de opening voor de lens zit, kan de camera „even kijken”; verder is de lens afgeschermd.



Opstelling voor het maken van stroboscopische foto's



Stroboscopische foto van een vallend balletje

Een voorbeeld van een foto die werd gemaakt met deze opstelling, zie je hiernaast.



Lichtstroboscoop

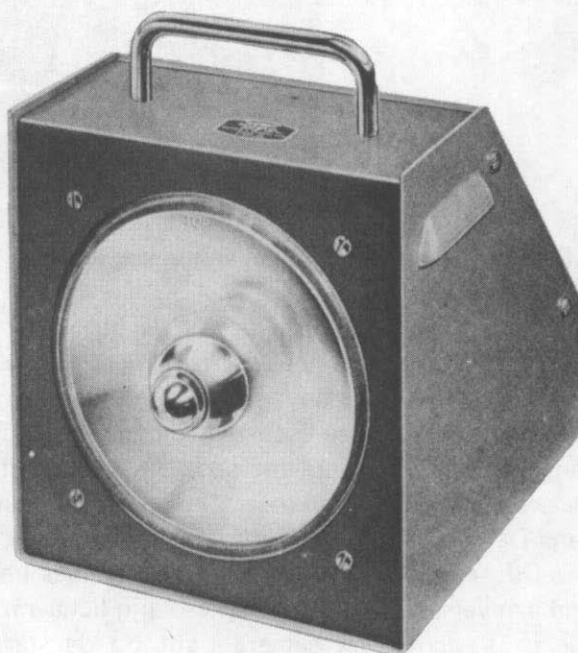
Een andere manier om het „even kijken” van de camera af te wisselen met „even niet kijken” is de volgende:

Je doet het licht aan als de camera even mag kijken; je doet het licht weer uit als hij even niet mag kijken.

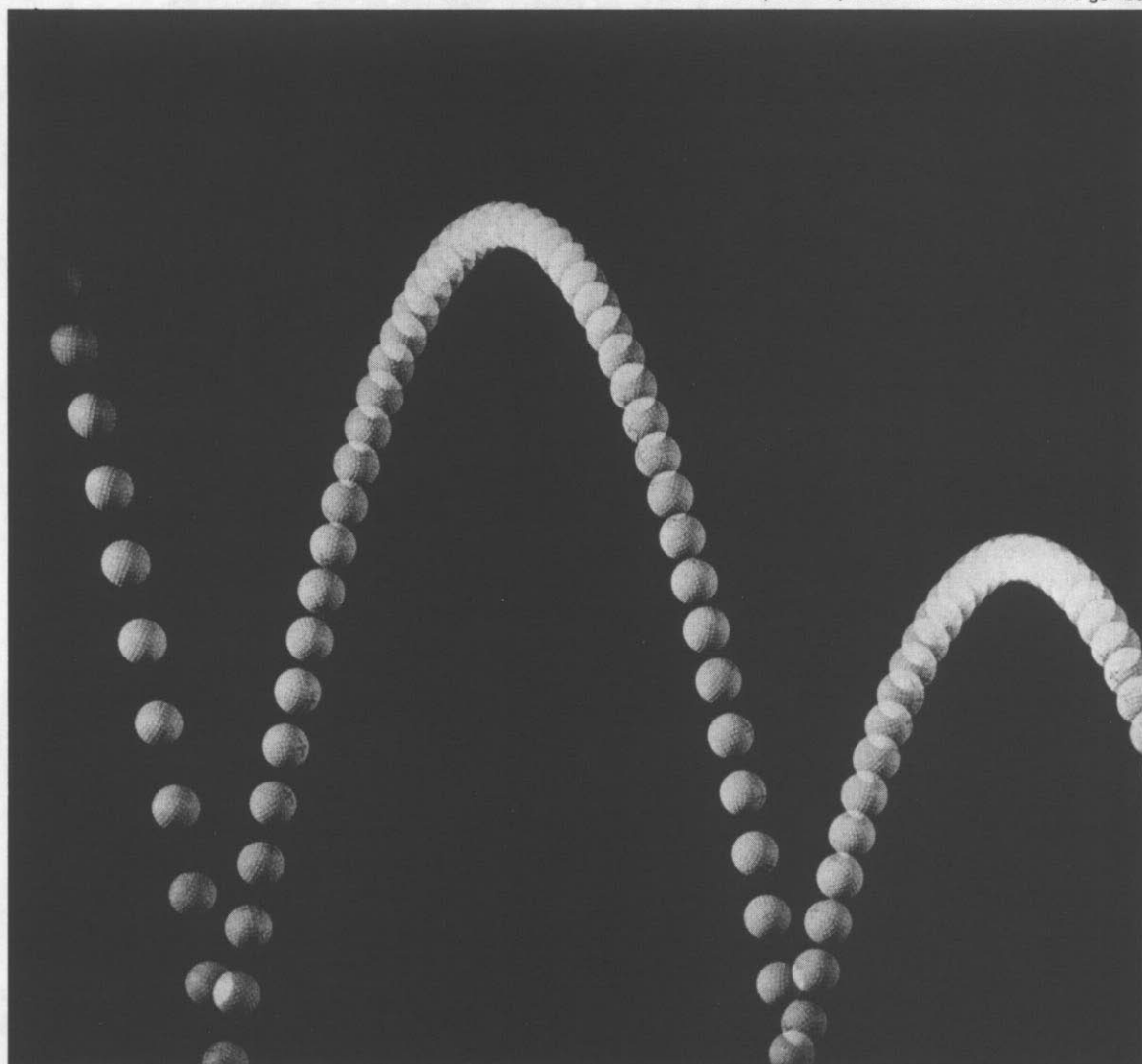
Voor snelle bewegingen heb je korte lichtflitsen nodig, die vlak na elkaar komen. Die krijg je met een lichtstroboscoop.

Het tempo waarmee de lichtflitsen elkaar opvolgen, kun je op het apparaat instellen.

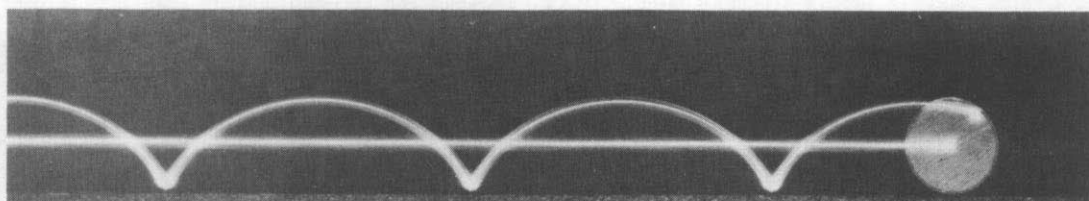
Een voorbeeld van een foto, gemaakt met een lichtstroboscoop, geeft de foto van het stuitende balletje.



Stroboscopische opname van een stuitende golfbal



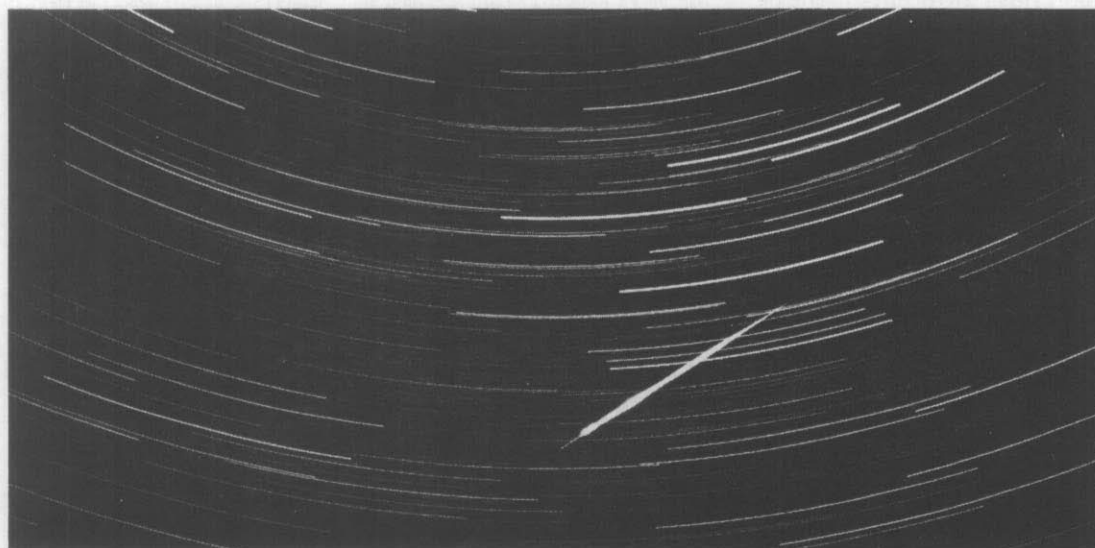
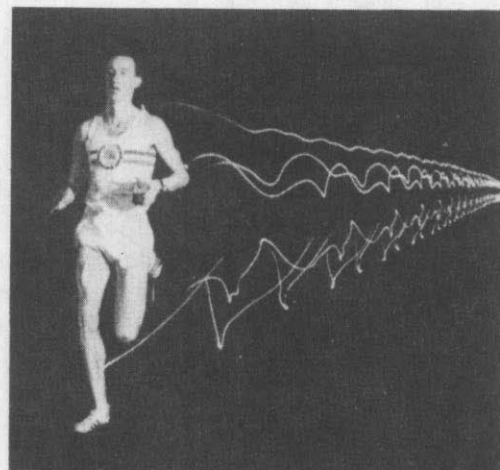
Meer stroboscopische foto's vind je in het onderzoek „werken met stroboscopische foto's” op blz. 87. Kies het onderzoek „stroboscopische foto's maken” (blz. 84) als je zelf zo'n foto wilt maken.



4.8 Vastleggen van de baan van bewegingen

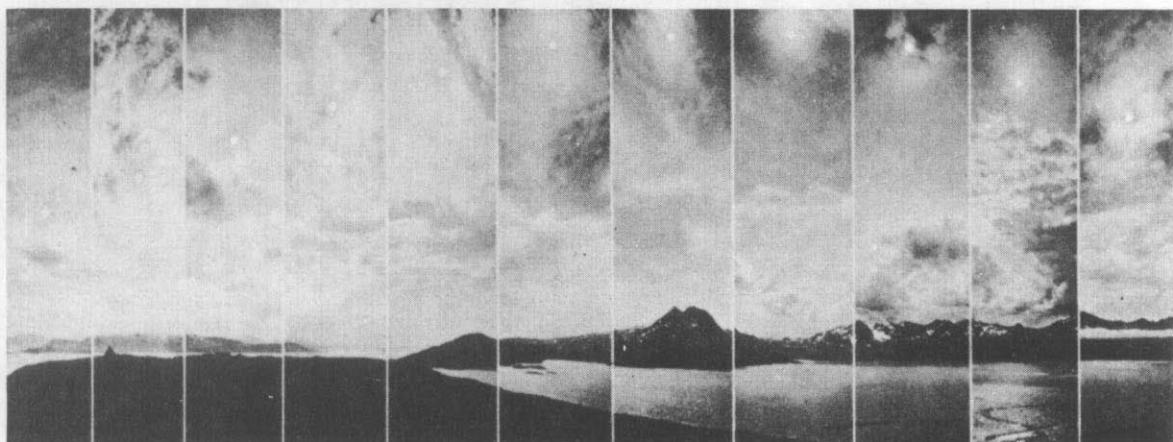
Met foto's en films kun je ook de baan van een beweging vastleggen. Op de foto hierboven is de baan vastgelegd van een lampje aan de rand van een draaiend wiel. Ook de baan van een lampje op de as van het wiel zie je op de foto. De foto werd gemaakt door de ontspanknop lang ingedrukt te houden. De foto van de hardloper hiernaast werd op dezelfde manier gemaakt. Hij heeft lampjes bevestigd aan verschillende plaatsen van zijn lichaam.

Als je 's nachts een camera richt op de sterrenhemel en lang belicht, krijg je de baan van de sterren op de foto.



De baan van sterren. Er is ook een „vallende ster” te zien.

De middernachtzon gefotografeerd in Noord-Scandinavië. De tijd tussen twee opnamen bedraagt 1 uur.



Opdracht 12:

De sterren aan de hemel draaien rond in 24 uur.
Hoe lang werd de onderstaande foto belicht?



De baan van sterren langs de hemel. De foto werd gemaakt met een grote sluitertijd.

Je kunt de baan van een beweging ook vastleggen door achter elkaar wat foto's te maken. Vooral bij heel snelle of zeer langzame bewegingen is dat erg handig.

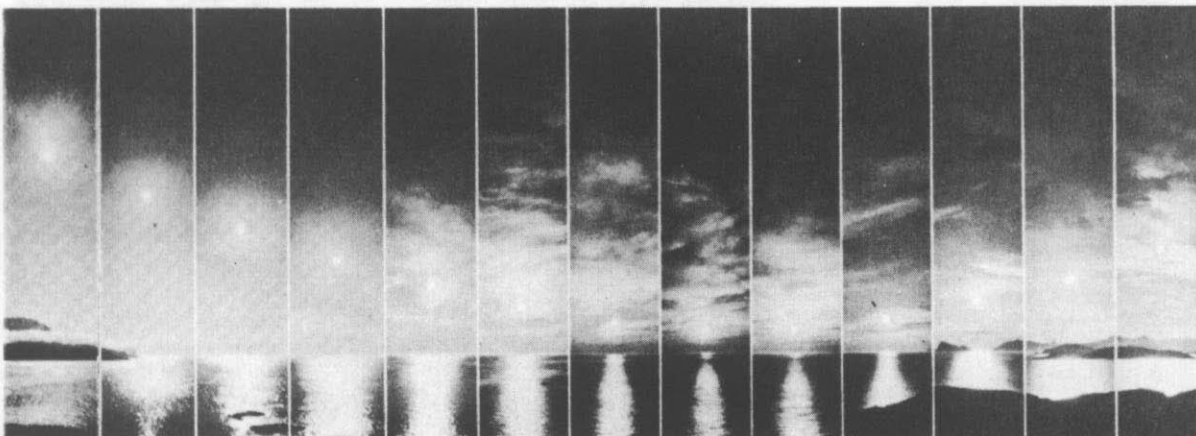
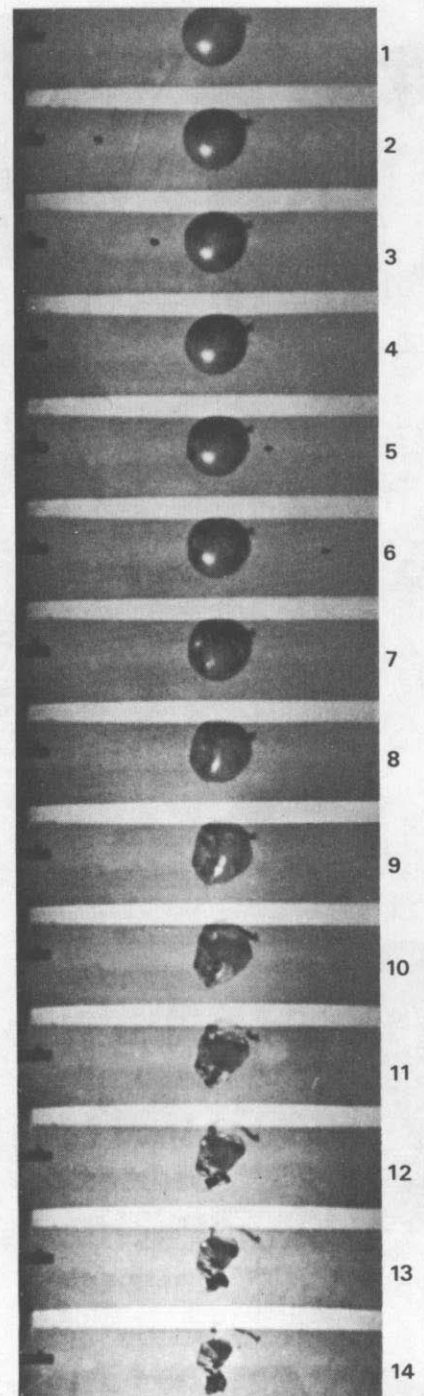
Uit de foto's van de middernachtzon bijvoorbeeld kun je de baan van de middernachtzon halen, zoals je die ziet in Scandinavië.

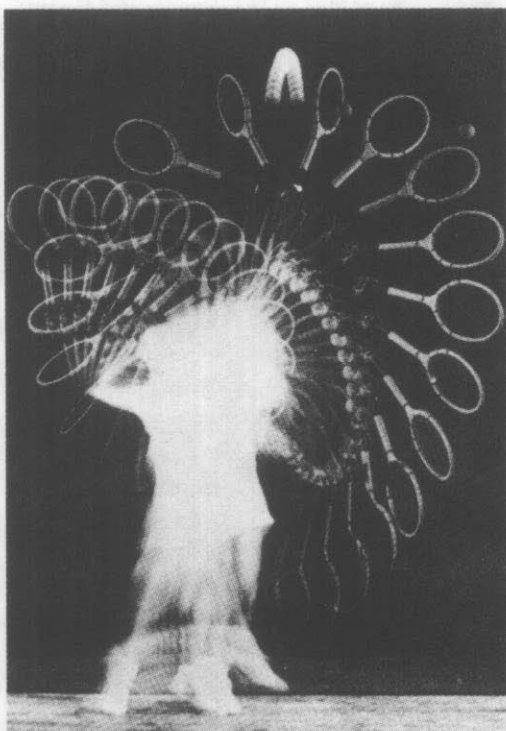
Met de opname van de film hiernaast kun je de baan van de kogel precies bepalen. Het is een rechte lijn.

Ook kun je uit de filmbeeldjes halen waar de kogel zich bevond op een bepaald tijdstip.

Opdracht 13:

Op beeldje 1, 4 en 7 kun je de kogel niet zien. Geef precies aan waar de kogel zit.

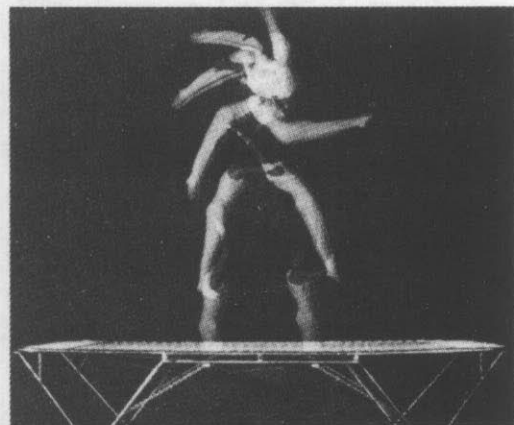




Stroboscopische opname van een tennisser

Door de film vertraagd af te draaien, kun je de beweging van de kogel zichtbaar maken. Bij langzame bewegingen (bijvoorbeeld zoals van de zon op de foto van blz. 46) moet je juist versneld afdraaien om de beweging zichtbaar te maken.

Op stroboscopische foto's kun je meestal ook goed de baan van de voorwerpen die bewegen, volgen. Kijk maar eens naar de baan van het vallende balletje (blz. 44), de baan van het stuiterende balletje (blz. 45) en de bewegingen van sportlieden.



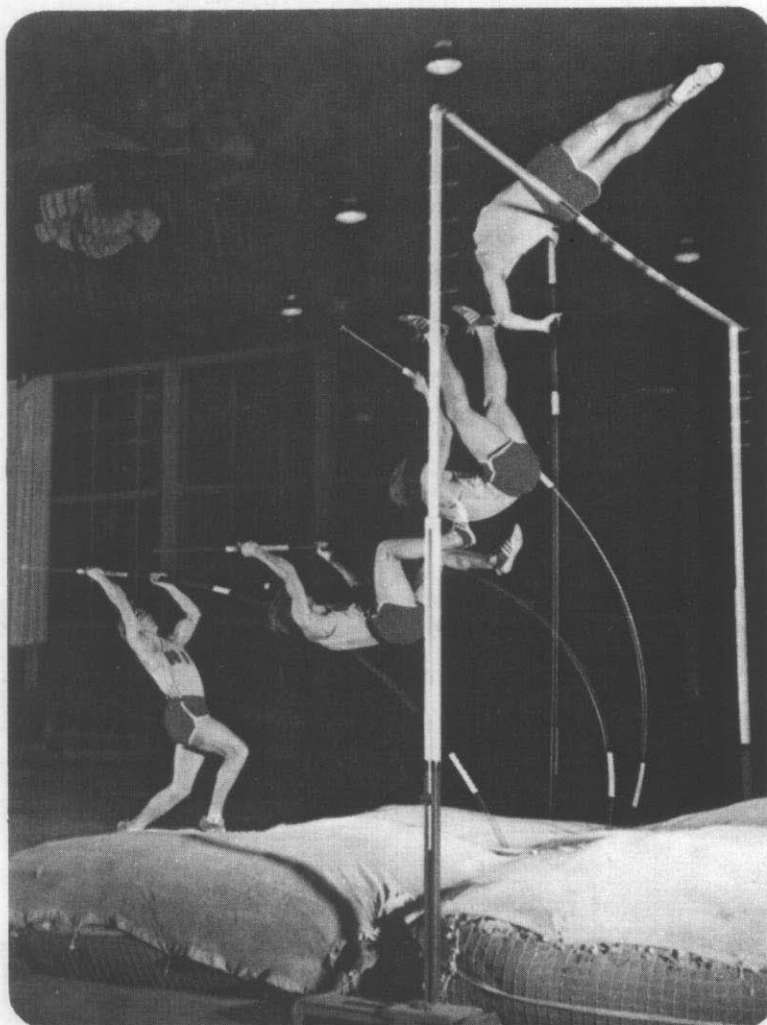
Stroboscopische opname van een trampolinespringer



Stroboscopische opname van een kogelstoter



Stroboscopische opname van een kunstrijdschaatser op de schaats.

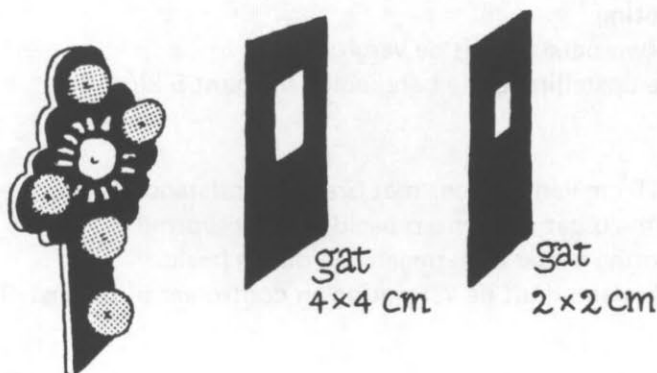


Stroboscopische opname van een polsstokhoogspringer

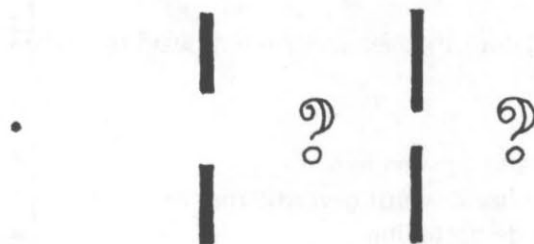
Dit hoofdstuk is bedoeld om te oefenen met de theorie uit de voorgaande hoofdstukken.

5.1 Oefenen met afbeelden

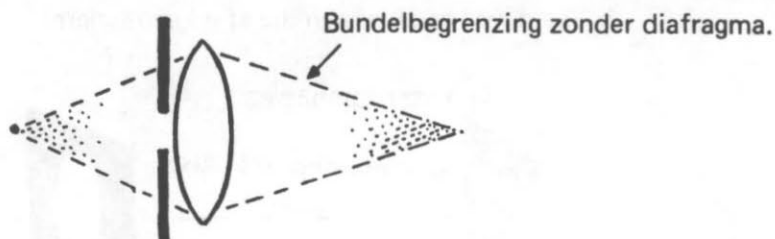
Opdracht 1: Je ziet hier een opstelling van een lampje met twee kartonnetjes.



Teken schematisch de lichtbundel die uit het tweede kartonnetje komt.



Opdracht 2: Teken de lichtbundel als er bij de lens een diafragma wordt gebruikt.



DOE DE VOLGENDE PROEVEN IN EEN
IETS VERDUISTERDE RUIMTE

Proef 1:

1. Beeld met een lens een dia scherp af op de muur.
2. Meet de grootte van het beeld en van het voorwerp.
3. Meet de beeldafstand b en de voorwerpaafstand v .
4. Controleer of de formule: vergroting = $\frac{b}{v}$ hier klopt.

Proef 2:

1. Gebruik de lens uit proef 1 om een dia af te beelden op een scherm, zodat de vergroting 10 is.
2. Bepaal nu de beeldafstand en de voorwerpaafstand.
3. Controleer of de formule: vergroting = $\frac{b}{v}$ hier klopt.



Proef 3:

1. Zet een lens met brandpuntafstand 10 cm op 1,5 m van de muur.
2. Ontwerp een scherp beeld van een dia.
3. Meet de afmetingen van de dia en van het beeld.
4. Bepaal de vergroting.
5. Bereken de voorwerpafstand uit de vergroting.
6. Controleer in de opstelling of de berekening uit punt 5 klopt.

Proef 4:

1. Zet een dia op 15 cm van een lens met brandpuntafstand 10 cm.
2. Plaats een scherm zo dat een scherp beeld wordt gevormd.
3. Bepaal de vergroting uit de afmetingen van dia en beeld.
4. Bereken de beeldafstand uit de vergroting en controleer in de opstelling of de afstand klopt.

Proef 5:

1. Zet een dia op afstand $1\frac{1}{2} f$ van een lens.
2. Bereken waar het scherpe beeld wordt gevormd met de formule:
3. Controleer de berekening door met een scherm het beeld te zoeken.

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

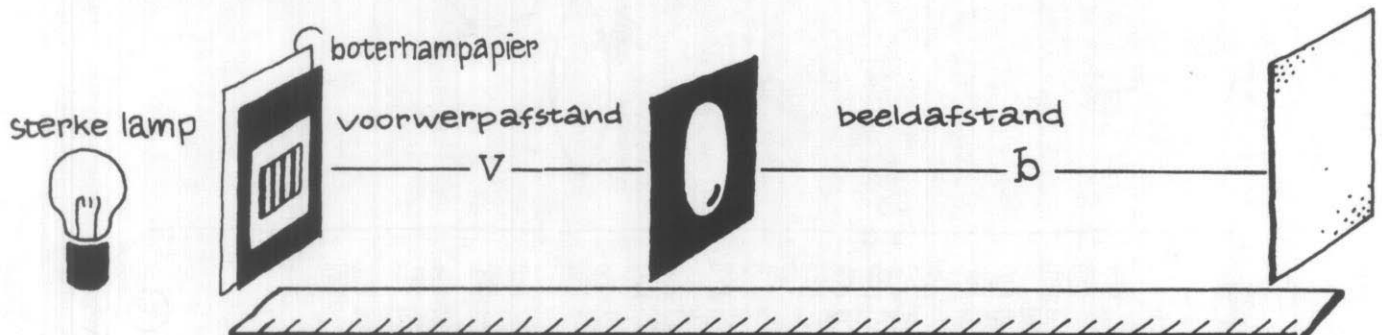
Proef 6:

1. Zet een lamp op 2 m afstand van een lens.
2. Bereken waar het scherpe beeld wordt gevormd met de formule:
3. Controleer je resultaat in de opstelling.

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

Proef 7:

1. Beeld met een lens een dia af op een scherm.



2. Meet de voorwerpafstand en de beeldafstand.
3. Bereken uit deze metingen de brandpuntafstand.
4. Controleer het resultaat door de brandpuntafstand „gewoon” te bepalen.

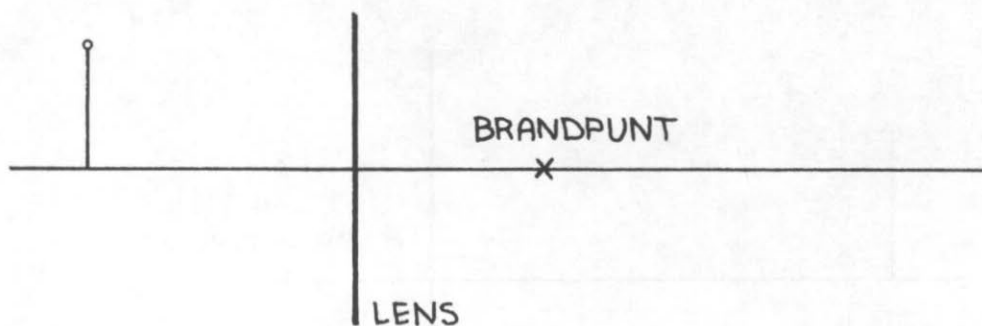


Proef 8:

1. Projecteer een dia met een diaprojector op een scherm.
2. Meet zo goed mogelijk de afstand van de dia tot het middelpunt van de lens.
3. Bepaal de afstand van de lens tot het scherm.
4. Bereken uit deze metingen de brandpuntafstand van de lens.
5. Controleer het resultaat door de brandpuntafstand „gewoon” te bepalen.

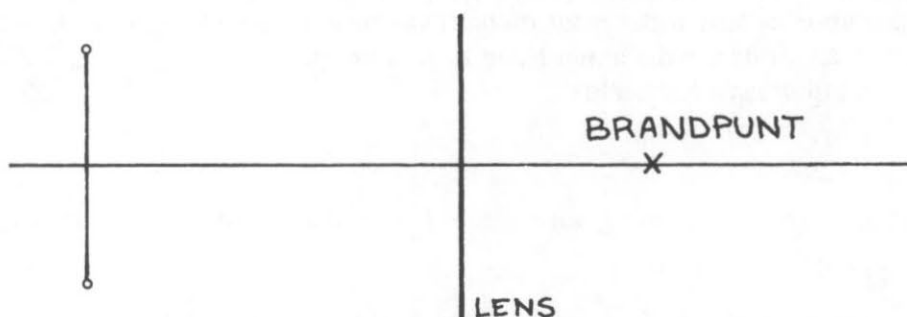
Je vind nog meer oefeningen over de theorie van vergroting en lenzenformule op opdracht 7 t/m 11.

Opdracht 3: Teken het beeld van het voorwerp hieronder door gebruik te maken van de bijzondere bundeltjes vanuit de top van het voorwerp.

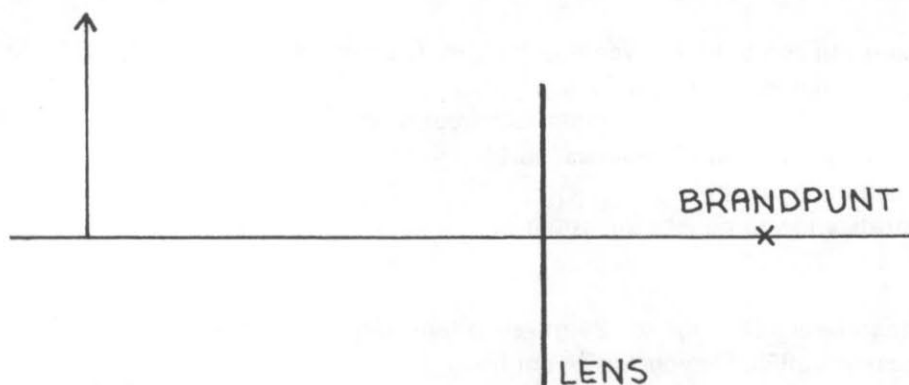


Teken de begrenzing van de bundel die vanuit de top van het voorwerp in het beeld komt.

Opdracht 4: Teken het beeld van het voorwerp hieronder met behulp van de bijzondere bundeltjes.



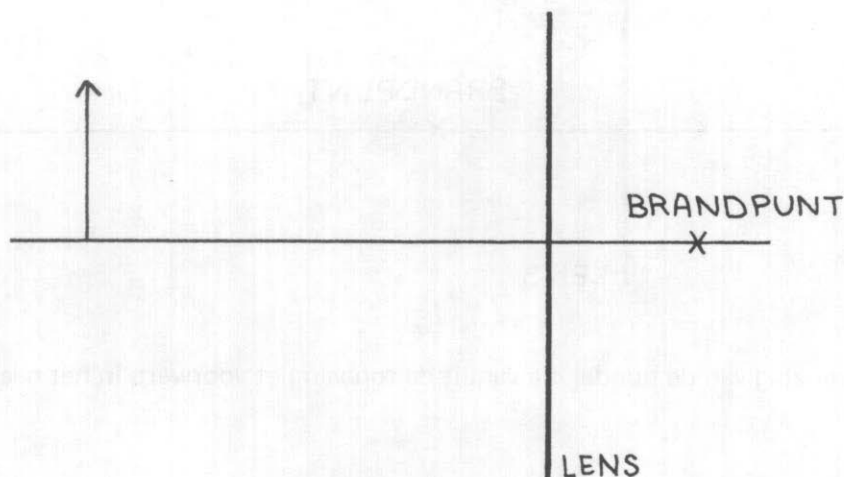
Opdracht 5: Teken het beeld dat de lens van het voorwerp hieronder vormt met behulp van de bijzondere bundeltjes.





Opdracht 6:

1. Teken het beeld dat de lens van het voorwerp hieronder vormt.



2. Teken de begrenzingen van de bundel die vanuit de top in het beeld komt.
3. Teken een diafragma voor de lens zodat maar de helft van de lens gebruikt kan worden. Teken nu ook de begrenzing van de bundel uit de top die in het beeld terecht komt.
4. Hoe verandert door het diafragma het beeld?

Bestudeer eerst hoofdstuk 3 (het fototoestel), voor je aan de volgende opdrachten gaat werken.

Opdracht 7:

In een fototoestel wordt, wat je fotografeert, afgebeeld op een stukje fotografische film van 24 mm x 36 mm.* Je maakt een foto van een boom op 50 m afstand. De boom is 24 mm hoog op de film en in werkelijkheid 24 m hoog.

Bereken de vergroting.

Bereken de afstand tussen lens en film.

Opdracht 8:

Je wilt een foto maken van een schilderij van 4 m bij 6 m. Omdat het in een zaal van een museum hangt, kun je niet verder dan 6 m van het schilderij gaan staan.

Om een zo goed mogelijke foto te maken, moet je zoveel mogelijk van het negatief gebruiken. Bereken de vergroting als het schilderij het negatief helemaal vult.

Hoe groot moet de beeldafstand zijn?

Bereken de brandpuntafstand van de lens die nodig is.

Opdracht 9:

Je wilt een vogel fotograferen. De vogel zit 24 m van je lens. Om een zo goed mogelijke foto te maken, moet het beeld het hele negatief vullen. De vogel is 24 cm hoog.

Hoe groot moet de vergroting zijn?

Hoe groot moet de beeldafstand zijn?

Bereken de brandpuntafstand van de lens die nodig is.



Is het maken van zo'n foto op deze manier wel mogelijk?

* dit geldt alleen voor kleinbeeldcamera's

Opdracht 10:

Het afgebeelde fototoestel heeft een lens met een brandpuntafstand van 50 mm.

Wat is de beeldafstand als de voorwerpen erg ver weg staan?

Je wilt een huis op 100 m afstand afbeelden. Bereken de vergroting.

Als je een groter beeld wilt hebben (zodat meer van het negatief wordt gebruikt), kun je twee dingen doen:

- de voorwerp afstand veranderen
- een lens met een andere brandpuntafstand nemen

Moet de voorwerpafstand groter of kleiner worden?

Moet de brandpuntafstand groter of kleiner worden?



Opdracht 11:

Met een fototoestel met een lens van 40 mm kun je tot ongeveer 40 cm van een voorwerp scherp fotograferen.

Hoe groot is dan de beeldafstand?

Hoe groot is dan de vergroting?

5.2 Oefenen met snelheid

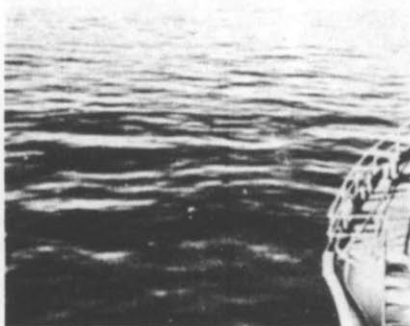
Opdracht 1:

In de leestekst „hoe snel” op blz. 142 komt een groot aantal snelheden voor (in km/uur). Kies er vijf uit en reken ze om in m/s.

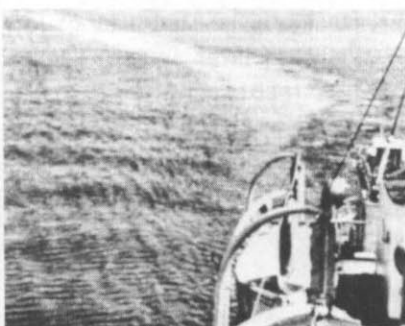
Opdracht 2:

In het weerbericht wordt de windsnelheid opgegeven in m/s of met de zgn. „schaal van Beaufort” (bijvoorbeeld: windkracht 7). Sommige mensen zegt dat niets. Zij willen de windsnelheid graag weten in km/uur.

Reken de gegeven windsnelheden in km/uur om in m/s. Reken de gegeven windsnelheden in m/s om in km/uur. Vul de berekende waarde in onder de foto's.



Windkracht 1 (zwakke wind)
ca. 1 m/s; ca. . . . km/uur



Windkracht 2 (zwakke wind)
ca. . . . m/s; ca. 8 km/uur



Windkracht 3 (matige wind)
ca. 4,5 m/s; ca. . . . km/uur



Windkracht 4 (matige wind)
ca. . . . m/s; ca. 24 km/uur



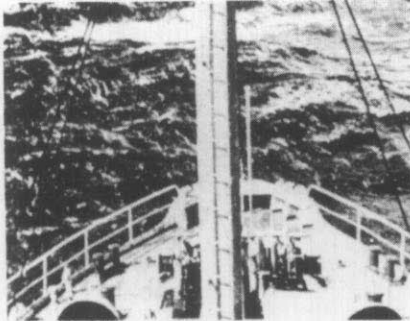
Windkracht 5 (vrij krachtige wind)
ca. 9 m/s; ca. . . . km/uur



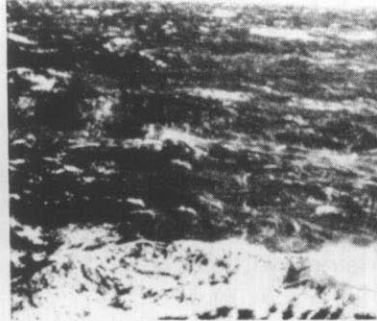
Windkracht 6 (krachtige wind)
ca. . . . m/s; ca. 44 km/uur



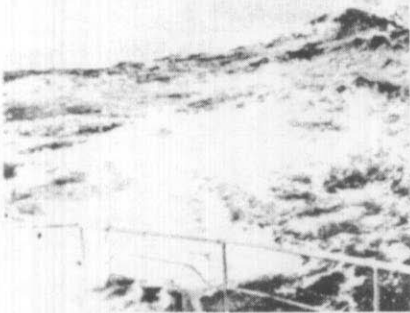
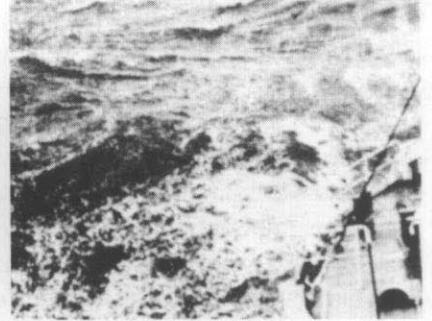
Windkracht 7 (harde wind)
ca. 16 m/s; ca. . . . km/uur



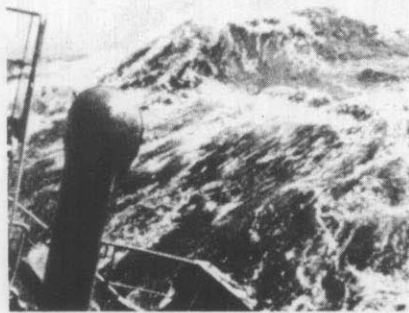
Windkracht 8 (stormachtig)
ca. . . . m/s; ca. 68 km/uur



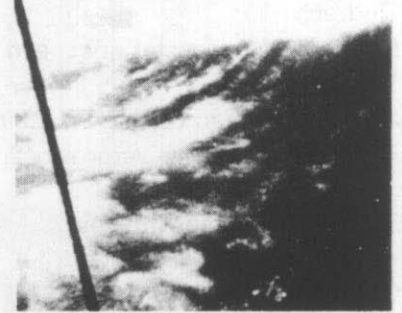
Windkracht 9 (storm)
ca. 22 m/s; ca. . . . km/uur



Windkracht 10 (zware storm)
ca. . . . m/s; ca. 95 km/uur



Windkracht 11 (zeer zware storm)
ca. 30 m/s; ca. . . . km/uur



Windkracht 12 (orkaan
meer dan . . . m/s; meer dan
117 km/uur



Opdracht 3:
De foto links werd ge-
nomen vlak nadat de
kaars was aangestoken.
De kaars is 15 cm lang;
2½ uur later werd de
foto rechts genomen.
Wat is de snelheid waar-
mee de kaars opbrandt?



Opdracht 4:

Foto 2 werd 17 uur na foto 1 genomen. Foto 3 werd nog eens 33 uur later gemaakt.

1 cm

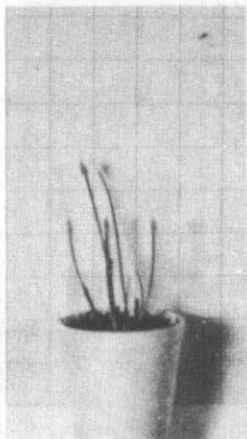


Foto 1

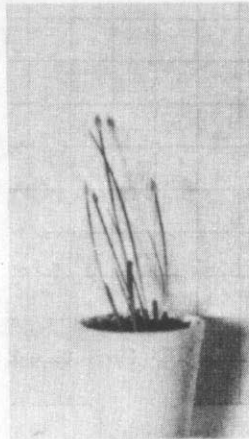


Foto 2

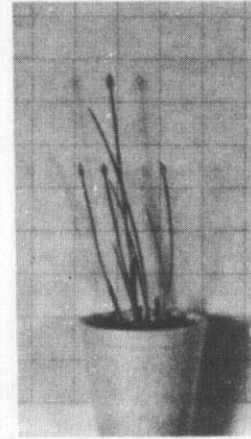
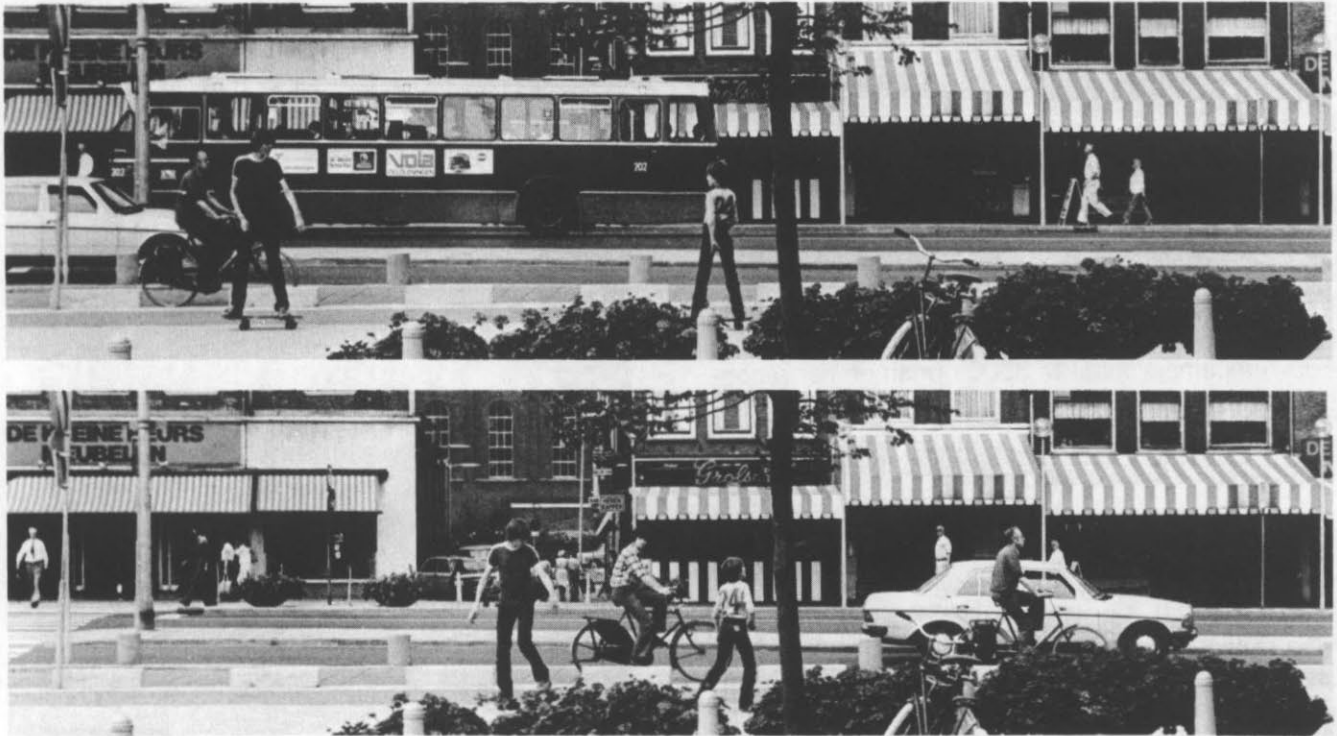


Foto 3

Bereken de gemiddelde groeisnelheid tussen foto 1 en foto 3.
Wanneer groeit de plant het snelst, tussen foto 1 en 2 of tussen foto 2 en 3?

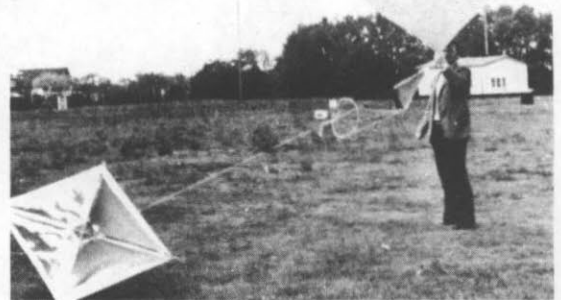
Opdracht 5:

De onderstaande foto's werden na elkaar genomen met een tussentijd van 2 seconden.
Bereken de snelheid van de fietser met de fietstassen. Zijn fiets is 1,80 m lang.



Opdracht 6:

Tweemaal per dag wordt op het KNMI te De Bilt een ballon opgelaten. Men bepaalt hoe lang de ballon zichtbaar is, voor hij in de wolken verdwijnt. Daaruit kan men de hoogte van de (onderkant van de) wolken berekenen. Zo'n ballon stijgt omhoog met een snelheid van 5 m/s. Hoe hoog ligt de onderkant van het wolkendek boven het aardoppervlak als de ballon na 42 seconden in de wolken is verdwenen?



Het oplaten van een weerballon op het KNMI.

20 | e > vervolg >

km	trainnummer	213	4025	825	9625
		2321			
0	Amsterdam CS	7 13	7 16	7 31	7 27
4	Amsterdam MP		7 22		7 32
6	Amsterdam Amstel	7 21	7 27	7 39	7 35
10	Amsterdam Bijlmer		7 32		7 39
15	Abcoude		7 37		7 47
27	Braukelen		7 45		7 55
32	Maarsse				7 59
35	Utrecht CS	7 43		8 00	8 06
	trainnummer	5225	6123		
39	Utrecht CS	7 52		8 02	8 10
57	Culemborg	8 07			8 21
65	Geldermalsen	8 14			8 27
65	Geldermalsen				8 28
74	Zaltbommel				8 35
87	's-Hertogenbosch			8 31	8 44
87	's-Hertogenbosch			8 33	8 48
91	Vught				8 53
99	Boxtel				8 59
99	Boxtel	8 34			8 59
109	Best	8 41			9 06
119	Eindhoven Beukenlaan	8 47			9 13
119	Eindhoven	8 50		8 53	9 16

naar Dordrecht O 7 05;
(zie tabel 22)
Rheingold >:
van 1 okt.—31 maart

van 22 mei—24 sept. 1977
dagelijks;
van 25 sept. 1977—27 mei 1978
niet op zon- en feestdagen

Opdracht 7:

Op de spoorlijn tussen Utrecht en Geldermalsen rijden onder anderen:

- diesel-electrische treinstellen (bijvoorbeeld de stoptrein van 7.52 uur uit Utrecht),
- elektrische treinstellen (bijvoorbeeld de stoptrein van 8.10 uur uit Utrecht),
- elektrische locomotieven met personenwagens (bijvoorbeeld de intercity van 8.02 uur uit Utrecht).

a. Bereken de gemiddelde snelheid van deze treinen op het traject Utrecht-Geldermalsen. (Neem



hiervoor bij de intercity
van 8.02 uur de gemid-

delde snelheid op het traject Utrecht-Den
Bosch).

- b. Maak een schatting hoe laat de intercity het
station Geldermalsen passeert.

Opdracht 8:

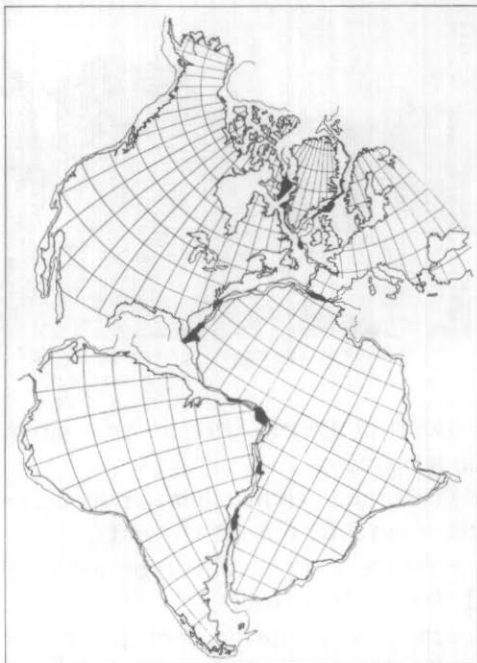
Op de filmstrook hiernaast is vastgelegd hoe een
vlo wegspringt van een platform. Het onderste
beeldje werd het eerst gemaakt; het bovenste beeld-
je het laatst.

Bereken de gemiddelde snelheid van de vlo tussen
het eerste en het laatste beeldje met de volgende
gegevens:

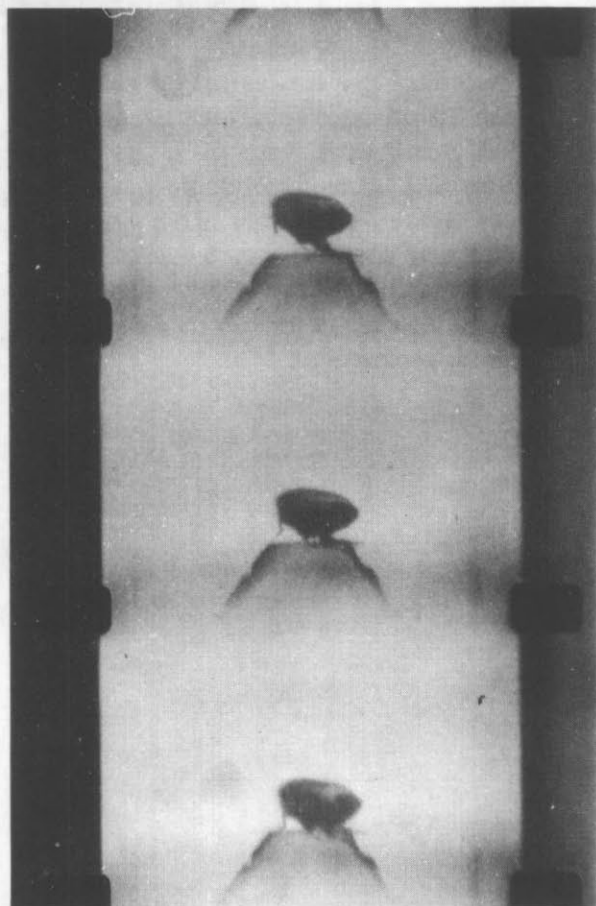
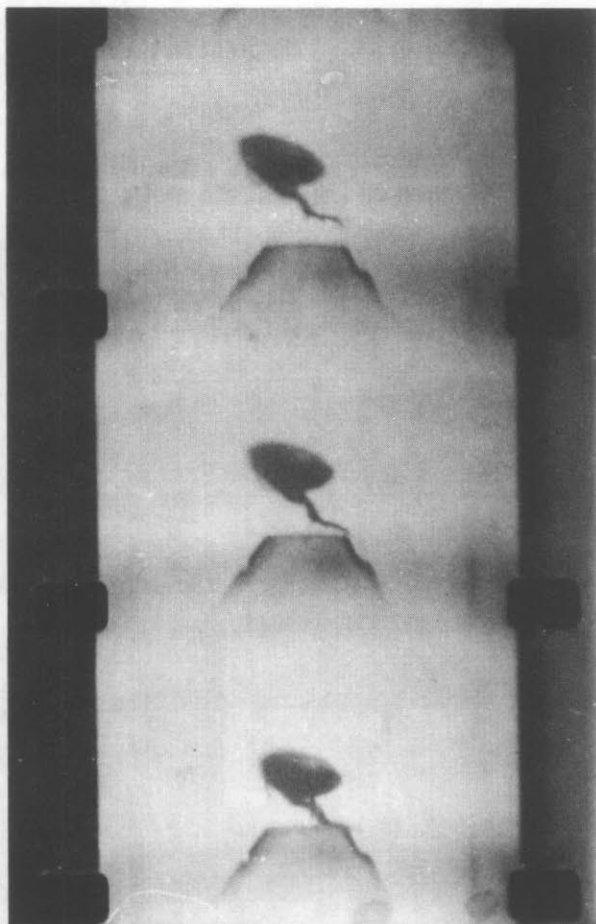
- de filmcamera maakte 3500 opnamen per secon-
de.
- de breedte van de bovenkant van het platform is
1,46 mm.

Opdracht 9:

Volgens een theorie over de beweging van de conti-
nenten hebben de werelddelen vroeger op een
andere plaats gelegen dan nu; 225 miljoen jaar gele-
den lagen de werelddelen tegen elkaar aan zoals op
de tekening is aangegeven. Op de tekening is te zien
dat de vormen van de kustlijnen van Zuid-Amerika
en Afrika mooi in elkaar passen. Dat doen ze nu
nog steeds, maar ze liggen wel ruim 5000 km uit
elkaar. Bereken de gemiddelde snelheid waarmee
Zuid-Amerika en Afrika volgens deze theorie uit
elkaar gedreven zijn.



225 miljoen jaar geleden lagen de werelddelen tegen elkaar aan. Ter
vergelijking: de ouderdom van de aarde is meer dan 20 maal 225 mil-
joen jaar; 225 miljoen jaar is 50 maal zo lang als er mensen op de
aarde wonen.



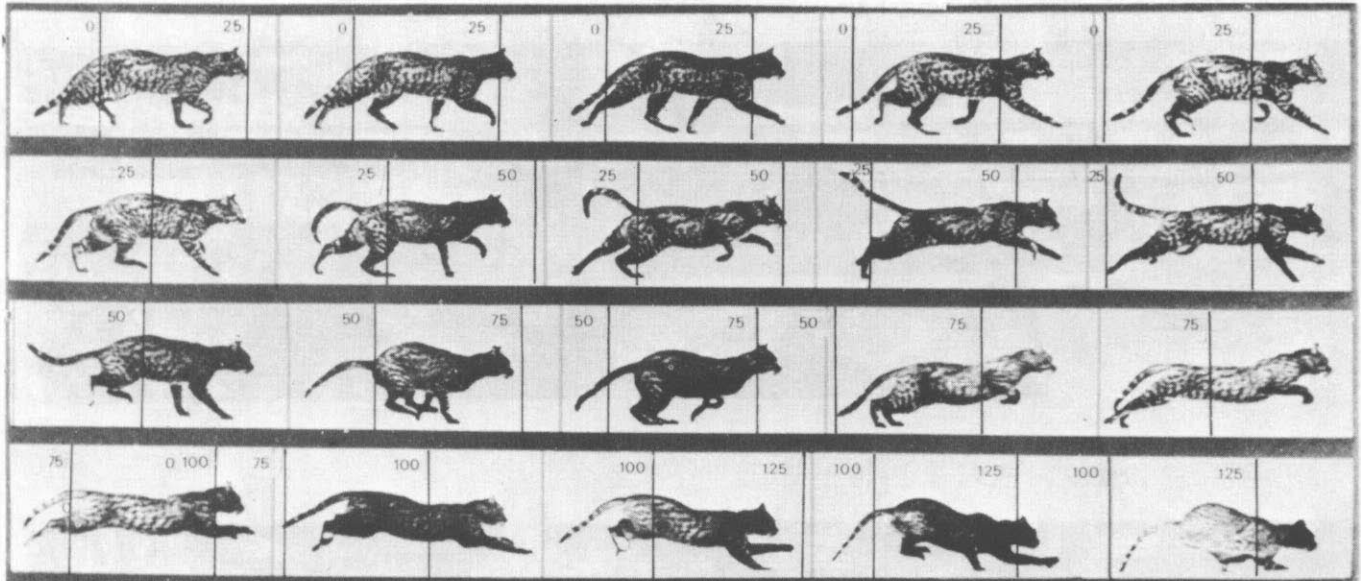
Filmopnamen van een wegspringende vlo; 3500 opnamen per
seconde (zie opdracht 8)

Opdracht 10:

Onderstaande foto's laten de beweging zien van een kat. De opnamen werden gemaakt met een tussentijd van 0,03 s. De afstand tussen twee merkstrepen is 25 cm.

Bereken de gemiddelde snelheid tussen

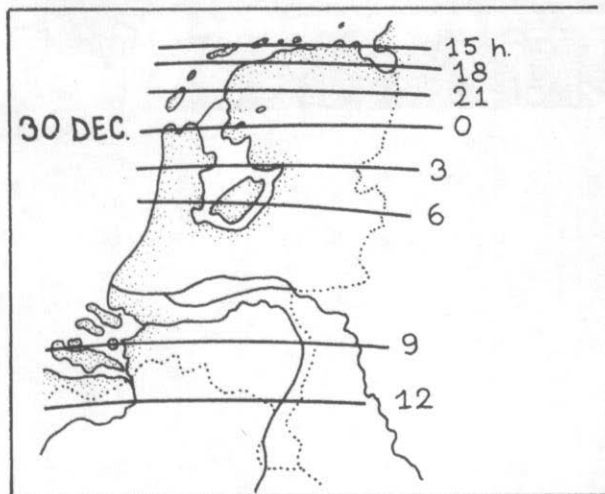
- 0,00 en 0,12 s.
- 0,45 en 0,57 s.



Opdracht 11:

Op 29 en 30 december 1978 trok een sneeuwgebied vanuit het noorden over ons land.

Uit de kaart hieronder kun je opmaken hoe laat het begon te sneeuwen op verschillende plaatsen in ons land.



De lijnen op het kaartje hierboven verbinden plaatsen waar het op dezelfde tijd begon te sneeuwen bij het overtrekken van een sneeuwgebied op 29 en 30 december 1978.



Eén cm op de kaart komt overeen met 55 km in werkelijkheid.

- Bereken de gemiddelde snelheid waarmee het sneeuwgebied optrekt tussen 15 en 18 uur.
- Hoe laat gaat het in Middelburg sneeuwen als de snelheid waarmee het sneeuwgebied optrekt niet verandert?
- Het resultaat van b. klopt niet met de figuur.
Hoeveel uur zit de verwachting eraan?



Opdracht 12:

Foto 2 werd volgens de fotograaf een $\frac{1}{2}$ seconde na foto 1 gemaakt. Bedenk een manier om, met behulp van de foto's, aan te tonen dat de fotograaf zich vergist moet hebben.



Foto 1



Foto 2

inhoud vervolgdeel

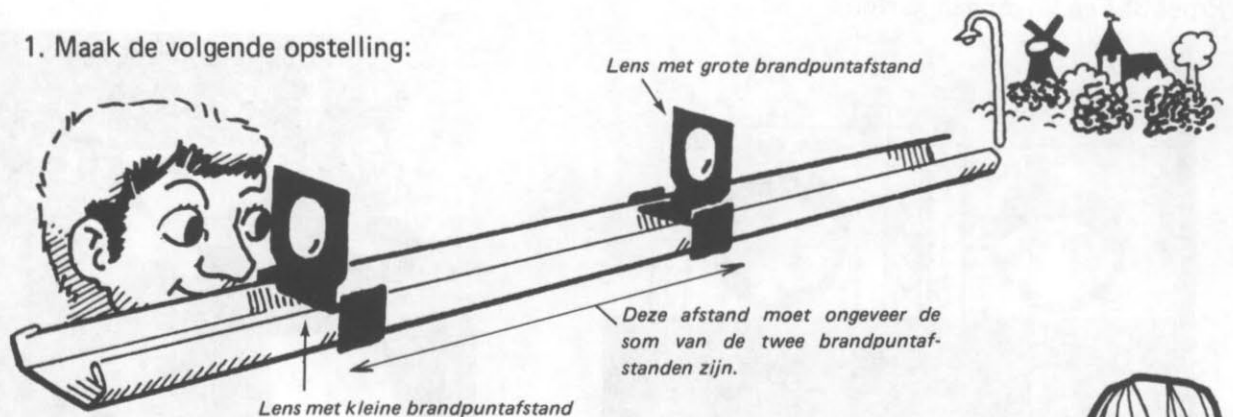
Onderzoek 1:	Een kijker maken	blz. 61
Onderzoek 2:	Een microscoop maken	blz. 64
Onderzoek 3:	Projekteren	blz. 67
Onderzoek 4:	Het oog	blz. 71
Onderzoek 5:	Brillen	blz. 73
Onderzoek 6:	Foto's afdrukken	blz. 77
Onderzoek 7:	Betere foto's maken	blz. 83
Onderzoek 8:	Stroboscopische foto's maken	blz. 84
Onderzoek 9:	Werken met stroboscopische foto's	blz. 87
Onderzoek 10:	Werken met films	blz. 94
Onderzoek 11:	Snelheden meten in het verkeer	blz. 95



In dit onderzoek maak je zelf een kijker die vergroot. Het is een kijker waarmee alles op z'n kop lijkt te staan. Hij heet sterrekijker of astronomische kijker. Hoe hij werkt vind je in leestekst 3 op blz. 112.

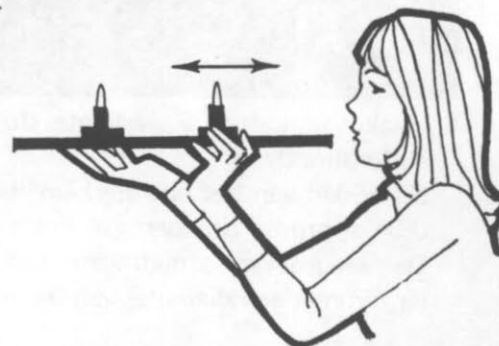
Proef 1:

1. Maak de volgende opstelling:



2. Richt de kijker naar voorwerpen die buiten staan en kijk door de ene lens naar de andere.
3. Maak wat je ziet scherp door de lens bij je oog heen en weer te bewegen.

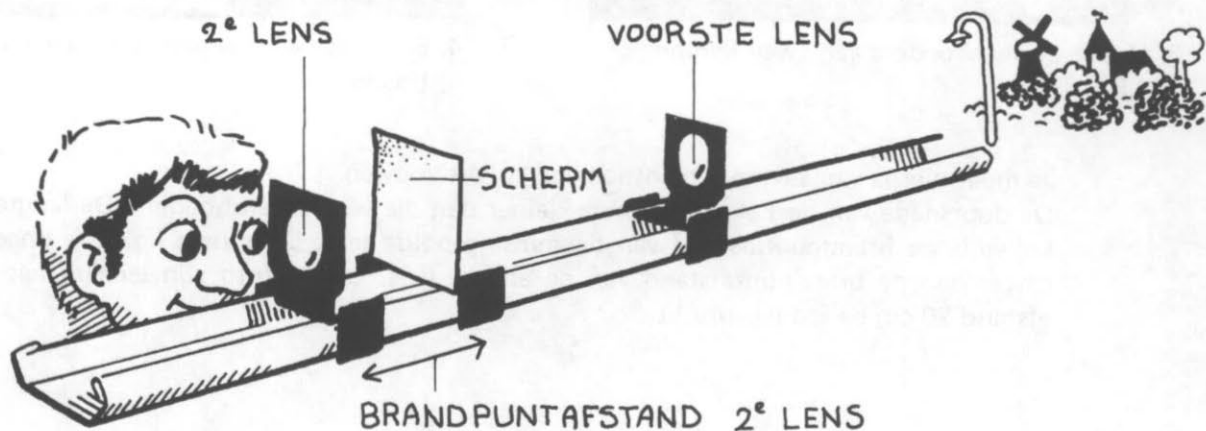
N.B.: Zorg dat de lenzen, het voorwerp en je oog allemaal op één lijn staan. De hoofddassen van de lenzen en van je ooglenzen moeten samenvallen.



Scherpstellen met de sterkste lens.

Als het je niet lukt om op deze manier scherp te zien doe dan het volgende:

4. Plaats de opstelling uit punt 1 op een tafel.
5. Zoek met een scherm waar het beeld van de voorste lens wordt gevormd (net als in proef 1 op blz. 5 van het basisdeel).
6. Bepaal de brandpuntafstand van de andere lens (zie blz. 11).
7. Zet deze lens op z'n brandpuntafstand achter het scherm.



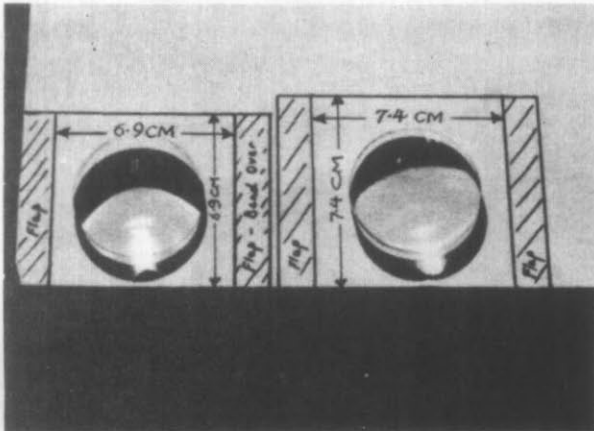
8. Haal het scherm weg en probeer je kijker opnieuw.



Deze kijker heeft een aantal minder prettige eigenschappen. Je kunt hem moeilijk stil houden en het is vermoeiend om geconcentreerd naar het beeld te kijken. Je ziet namelijk niet alleen het beeld waar je op richt maar ook nog allerlei andere dingen.

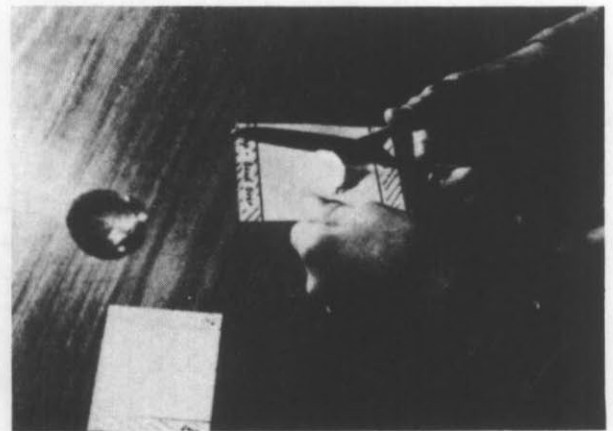
De volgende kijker is beter omdat hij het andere licht afschermt. Hij werkt wel volgens hetzelfde principe. Lees de instructie eerst door om te weten wat je nodig hebt.

Proef 3: Een kijker van karton.



1. Maak van karton 2 vierkante stukken, als lenshouders.

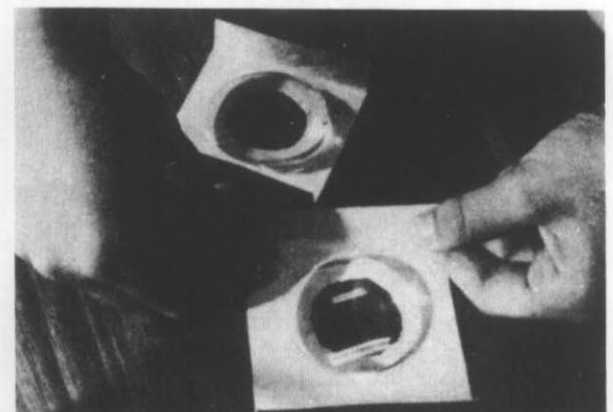
De zijden van het ene vierkant moeten 0,5 cm groter zijn dan van het andere. De aangegeven afmetingen zijn voor lenzen met een diameter van 5 cm.



2. Maak in de vierkanten een cirkelvormig gat iets kleiner dan de lenzen.



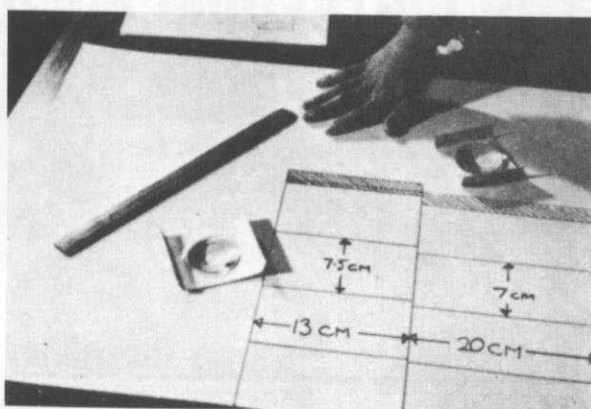
3. Vouw de lenshouders aan twee kanten 0,5 cm om.



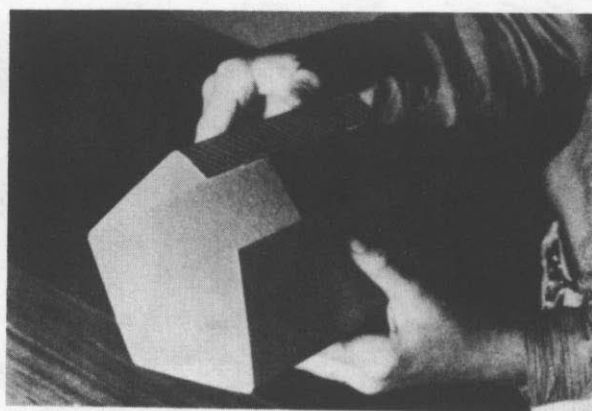
4. Bevestig met plakband de lenzen aan de houders.

Je moet hierna van karton 2 rechthoekige kokers vouwen.

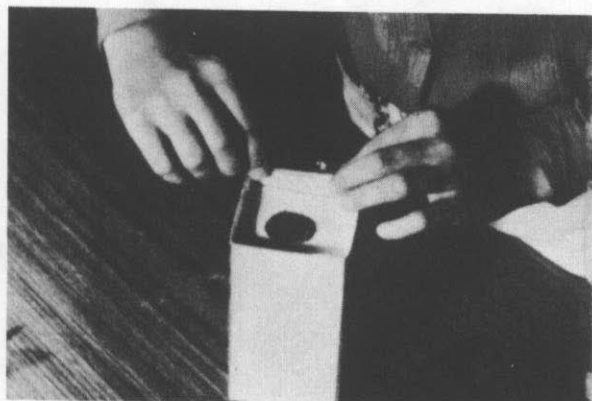
De doorsnede van de kokers is 1 mm kleiner dan die van de lenshouders. De lengte van de ene koker is de brandpuntafstand van de minst gebolde lens. De andere koker is ongeveer 10 cm langer dan de brandpuntafstand van de andere lens. Op de foto zijn lenzen met brandpuntafstand 20 cm en 5 cm gebruikt.



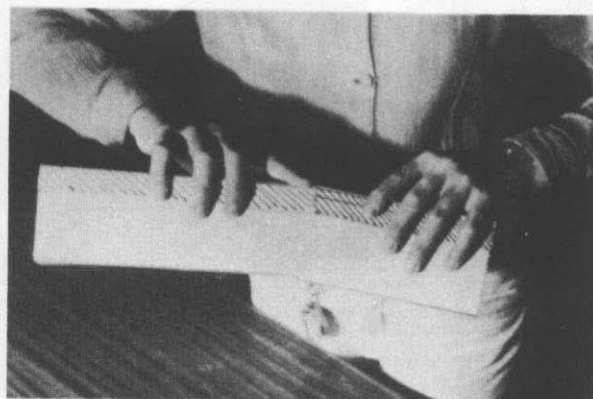
5. Teken op karton de kokers af.



6. Vouw de stukken karton tot kokers en knip het karton uit.



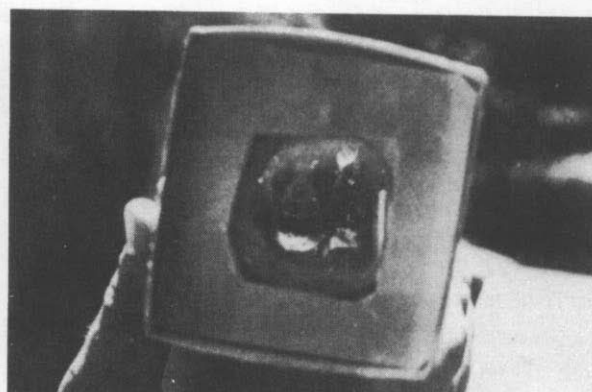
7. Bevestig de lenshouders op de kokers.



8. Schuif de delen in elkaar.



9. Kijk door de goede kant van de kijker.



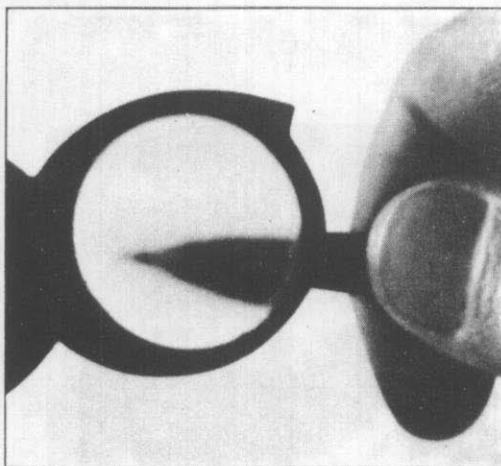
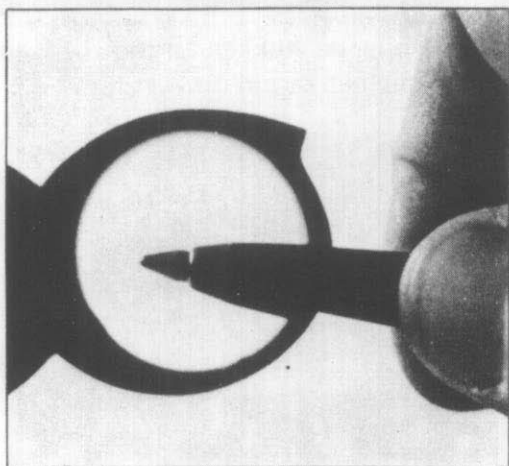
Blik door een sterrekijker van karton



Om kleine dingen te bekijken gebruik je een loep of een microscoop. De werking vind je beschreven in leestekst 3 op blz. 112. In dit onderzoek maak je een loep en werk je met een echte microscoop.

Proef 1: een loep

1. Pak een bolle lens en kijk er door heen naar iets kleins.
2. Zorg dat je het voorwerp scherp en vergroot ziet.

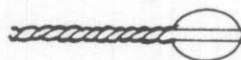
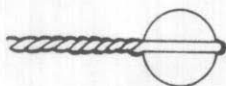
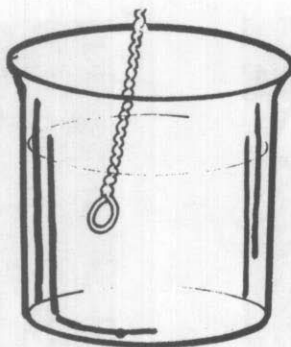


Loep: gebruik van een bolle lens als vergrootglas.

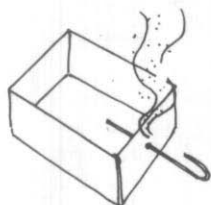
Links goed ingesteld; rechts fout ingesteld.

Proef 2: een waterloep

1. Draai een stuk metaaldraad om een spijker tot een oog.
2. Doop het oog in het water, zodat er een druppel in zit.
3. Bekijk door de druppel iets kleins.
4. Raak met een schone vinger voorzichtig even de druppel aan, zodat je wat water verwijdert.
5. Kijk opnieuw door de „waterloep”.
6. Hoe beïnvloedt de vorm van de lens de vergroting?

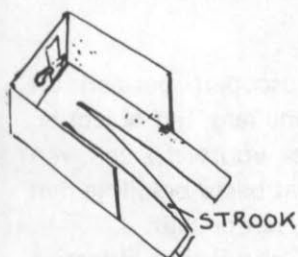


Deze lens vergroot redelijk. Je wordt waarschijnlijk wat snel moe van het kijken. Bovendien wordt je afgeleid door het licht van de omgeving.

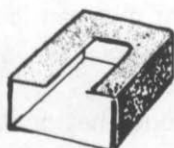


Proef 3: een lucifersdoosje-loep

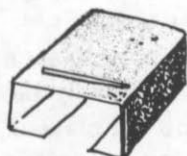
1. Maak met een spijker of paperclip een gaatje in een korte kant van een lucifersdoosje.



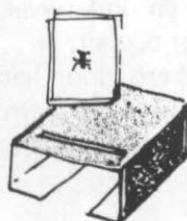
2. Plak een doorzichtige glazen knikker met plakband voor het gaatje.
3. Knip de andere korte zijkant van het doosje open en knip van de onderkant een strook in.



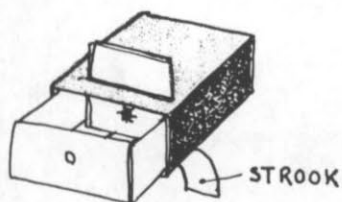
4. Knip uit het omhulsel van het doosje een even grote strook.



5. Maak in de andere kant van het omhulsel een sleuf.



6. Maak van 2 stukjes plastic een dia die in de sleuf past. Stop wat je wilt bekijken tussen het plastic.

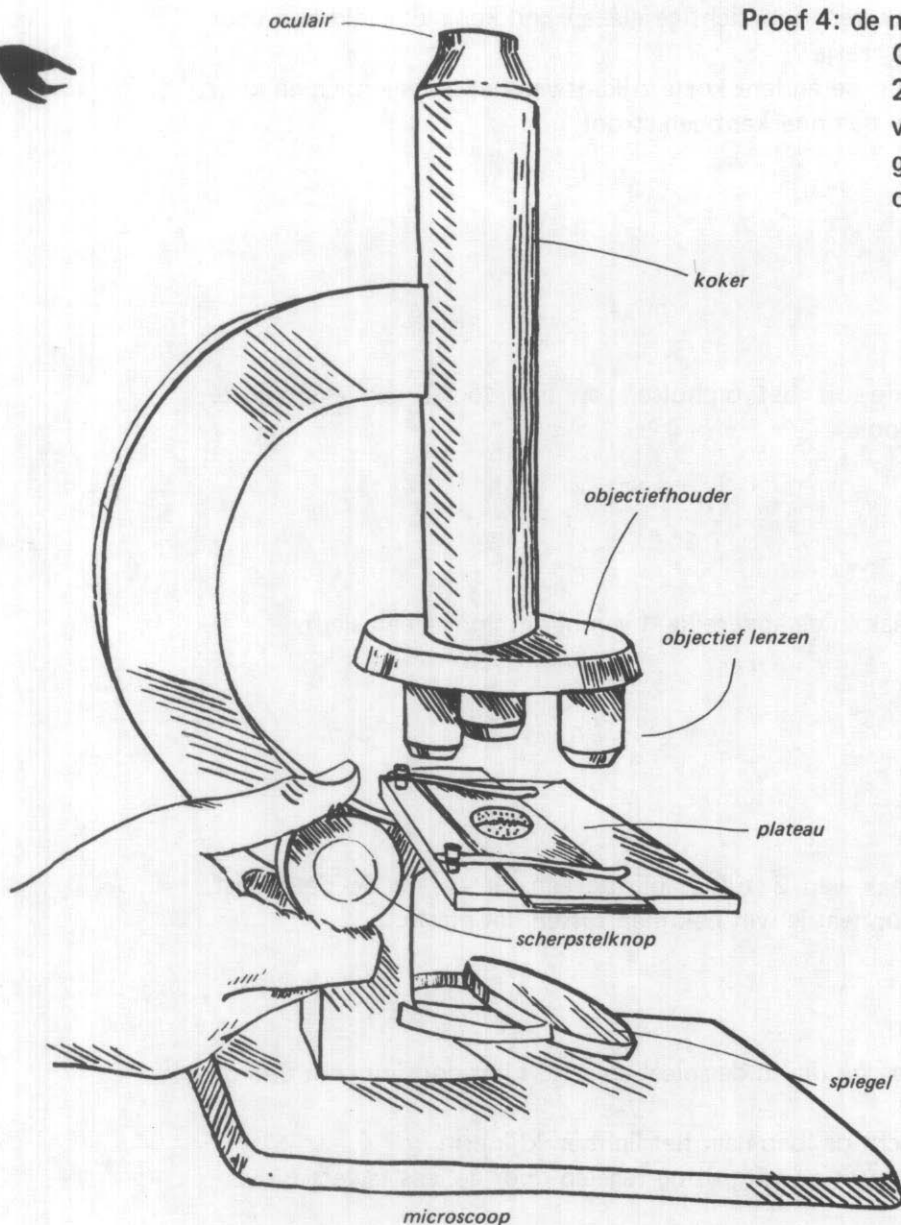


7. Doe de dia in de spleet en schuif het doosje in het omhulsel.
8. Richt de loep naar het licht en kijk erin.
Je kunt de vergroting regelen door de lens te verschuiven.

Het gebruik van deze loep is erg vermoeiend voor je oog.



Gebruik van de luciferdoosloep



Proef 4: de microscoop

Gewone microscopen bestaan uit 2 lenzen. De ene lens, het objectief, vormt van het voorwerp een vergroot beeld. Dat beeld bekijk je met de andere lens, het oculair.

1. Gebruik het objectief 10x.
2. Belicht met een lamp de spiegel van de microscoop.
3. Kijk door het oculair en stel de spiegel zo in dat er zo veel mogelijk licht te zien is.
4. Leg een objectglaasje met wat je wilt bekijken op het plateau.
5. Draai het objectief tot vlak boven het glaasje en kijk weer door het oculair. Stel scherp door het objectief langzaam omhoog te draaien.

In de volgende proeven blijkt hoe de twee lenzen van de microscoop samen een vergroot beeld vormen.

DOE DEZE PROEF
IN EEN VERDUISTERDE
OMGEVING

6. Verwijder het oculair en leg een dun papiertje op de koker.
7. Draai het objectief voorzichtig naar beneden tot je een scherp beeld op het papier ziet. Pas op dat je het objectief niet door het glaasje draait!
Ook zonder het papiertje vormt het objectief een vergroot beeld ergens in de koker.
8. Haal het papiertje weg en bekijk het beeld met het oculair.

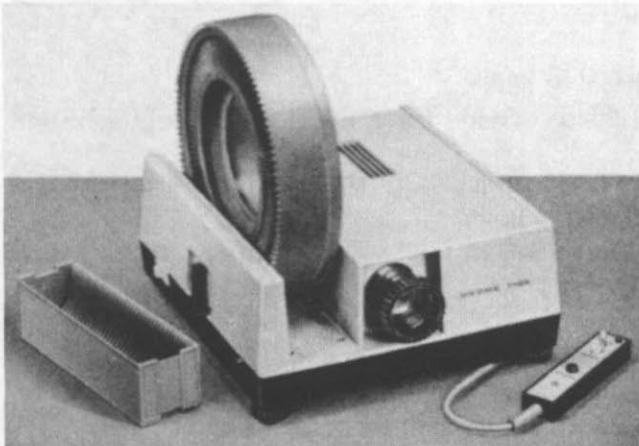
Vragen:

1. Waarom moet het objectief zo dicht bij het voorwerp staan?
2. Staat het beeld dat het objectief vormt binnen of buiten de brandpuntafstand van het oculair?

De dia's die je maakt met een fototoestel en de films die je maakt met een filmcamera bekijk je meestal door ze te projekteren op een scherm of op de muur.

In dit onderzoek doe je een aantal proeven met projectoren. Doe de proeven voor zover mogelijk met een diaprojektor.

Voor proef 3 en 5 heb je een filmprojektor nodig.



diaprojektor

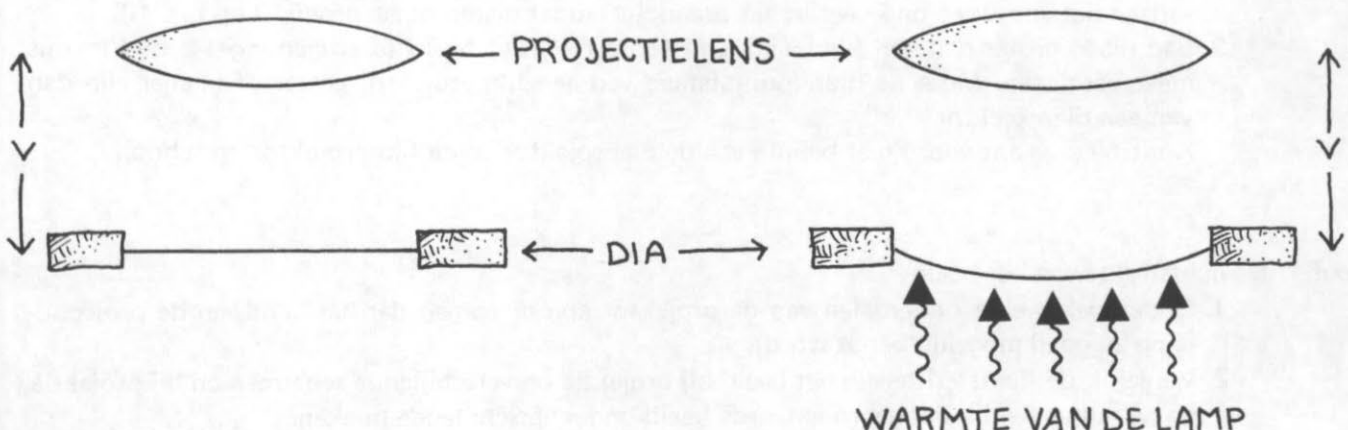


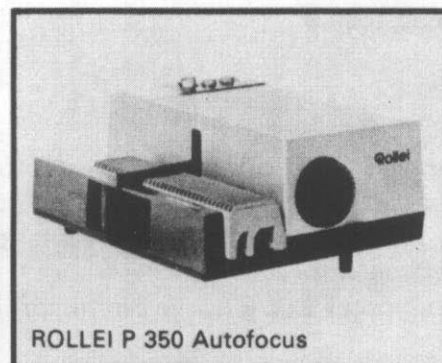
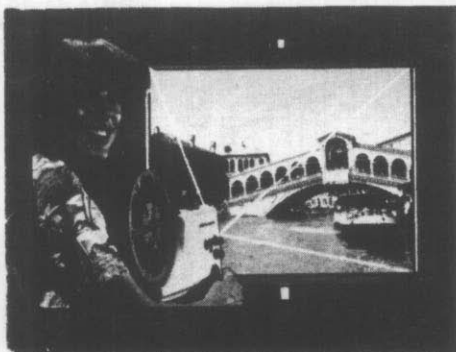
filmprojektor

Proef 1: de beeldafstand

1. Projekteer een dia met een diaprojektor (of draai een korte film af met de filmprojektor).
Stel het beeld zo scherp mogelijk.
Hoe stel je het beeld scherp? Hoe verander je de voorwerpafstand?
Vergelijk het scherp stellen hier met het scherp stellen van het beeld in proef 4 (blz. 6) en met het scherp stellen bij een fototoestel (blz. 31).
2. Op de lens staat de brandpuntafstand vermeld in mm.
Controleer deze waarde. Een manier om dat te doen werd beschreven in de laatste alinea van onderzoek 4 (blz. 10).
Bereken de voorwerpafstand met de lenzenformule.
Controleer of het klopt.
3. Als je een klein, lichtsterk beeld wilt hebben moet de projektor dicht bij het scherm staan.
Onderzoek hoe dicht de projektor bij het scherm kan staan terwijl het beeld nog scherp is.
Waarom kun je het beeld niet scherp krijgen als je de projektor dichter bij het scherm zet?
4. *Alleen voor diaprojektoren.*
In veel projectoren worden de dia's na enige tijd warm en gaan bol staan. Het beeld wordt dan plotseling onscherp. Zoek hiervoor de verklaring. Ga na of het verschijnsel bij jullie diaprojektor optreedt.

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





Proef 2: projectoren voor gebruik in de huiskamer, een filmzaal of beide.

In een kamer moet je bij het projekteren van een dia op kleine afstand (ca. 3 m) al een flink groot beeld hebben.

In een zaal daarentegen moet je over een grote afstand een beeld projekteren. De helderheid van dat beeld moet redelijk goed blijven. Daarom heb je een zeer lichtsterke lamp nodig.

In projectoren voor gebruik in een zaal zitten niet zulke sterke lenzen (kleinere vergroting). In een kamer moet je een sterkere lens hebben.

1. Onderzoek de mogelijkheden van jullie projektor.
2. Laat in een tekening zien dat je met een sterkere lens grotere beelden krijgt als afstand van de projektor tot het scherm hetzelfde is. (Bedenk dat je om een zo groot mogelijk beeld te krijgen het voorwerp ongeveer in het brandpunt moet plaatsen; zie proef 13 op blz. 10).
3. Vergelijk de lichtsterkte van het beeld bij de kleinste afstand tussen projektor en scherm met de lichtsterkte bij de grootste afstand die je kunt gebruiken. Is het nodig om volledig te verduisteren als je de dia (of de film) wilt zien? Verklaar waarom het beeld in de zaal niet te groot mag worden als je voldoende lichtsterkte wilt handhaven.

Proef 3: de vergroting van de projektor

$$\text{De vergroting} = \frac{\text{lengte van het beeld}}{\text{lengte van het voorwerp}}$$

Je kwam het begrip vergroting al tegen in proef 16 en op blz. 25.

1. Bepaal de vergroting bij de opstelling van de projektor, zoals die in jullie klas meestal wordt gebruikt.

Beschrijf hoe je de vergroting hebt bepaald.

2. De vergroting is ook gelijk aan $\frac{\text{beeldafstand}}{\text{voorwerpafstand}}$ (zie proef 16 op blz. 12).

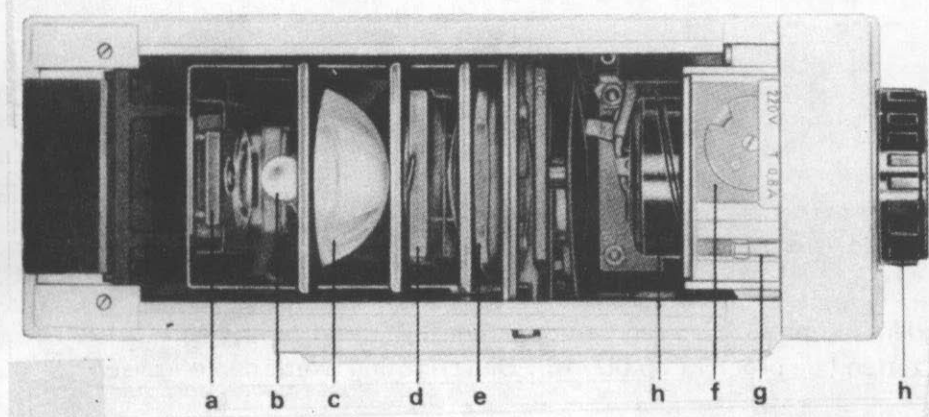
Ga na of dit klopt bij jullie projektor. (Bedenk dat je om een zo groot mogelijk beeld te krijgen het voorwerp ongeveer in het brandpunt moet plaatsen; zie proef 13 op blz. 10).

3. Een dia is groter dan een filmbeeld. Om een even groot beeld te krijgen moet je bij film dus meer vergroten. Moet de brandpuntafstand van een filmprojektor groter of kleiner zijn dan van een diaprojektor?

Kontroleer je antwoord met behulp van de diaprojektor en de filmprojektor op school.

Proef 4: De lichtsterkte van het beeld

1. Onderzoek welke onderdelen van de projektor ervoor zorgen dat het licht van de projectielamp zo goed mogelijk benut wordt.
2. Vergelijk de lichtsterkte van het beeld bij projectie op verschillende schermen en bij projectie op de muur. Bekijk het geprojecteerde beeld onder verschillende hoeken.



- Een kijkje in een diaprojektor
- a. houder van de spiegel achter de lamp
 - b. lamp
 - c. en e. condensorenlenzen
 - d. warmtefilter
 - f. voorzieningen voor het instellen van de netspanning
 - g. zekering
 - h. houder van de projektie lens

Proef 5: de filmprojektor

1. Geef in een schetstekening aan hoe de film wordt getransporteerd en beschrijf het transportsysteem.
2. Bereken hoeveel meter filmstrook per seconde door de projektor loopt. Beschrijf duidelijk hoe je aan je uitkomst komt.
3. Hoeveel omwentelingen per seconde maakt de achterste spoel als de film net begonnen is? Wat is het verband tussen die omwentelingsnelheid en de doorloopsnelheid van de filmstrook?
4. Geldt zoiets ook voor de voorste spoel? Op welk moment is de omwentelingsnelheid van de voorste spoel tweemaal zo groot als aan het begin van de film?
Hoe komt dat?
5. Teken de vlinder.
Waarvoor dient de vlinder?
Hoeveel maal per seconde maakt de vlinder een hele omwenteling?
Laat zien hoe je aan het antwoord komt. (Zie ook de leestekst over projectoren op blz. 118).

Extra proef: de vergroting bij projectoren met zoomlenzen

1. Vergelijk de mogelijkheden van jullie projektor bij de kleinste brandpuntafstand van de lens (sterkste lens; grootste beeld) met de mogelijkheden bij de grootste brandpuntafstand van de lens (zwakste lens; kleinste beeld).
2. Vergelijk de lichtsterkte in de uiterste standen van de zoomlens bij een vaste afstand van projektor tot scherm.
3. Meet de vergroting in de uiterste standen van de zoomlens bij een vaste afstand van projektor tot scherm.
4. Controleer of het klopt dat $\frac{\text{vergroting uiterste stand 1}}{\text{vergroting uiterste stand 2}} = \frac{\text{grootste brandpuntafstand}}{\text{kleinste brandpuntafstand}}$

(De afleiding van deze formule vind je aan het eind van dit onderzoek).



5. In een catalogus staan filmprojectoren met zoomlenzen 17-30 mm en 15-30 mm. Het voordeel van zoomlenzen op de projectoren wordt in de catalogus aangeprezen zoals hiernaast weergegeven.

Bij punt 4 zag je dat geldt:

$$\frac{\text{vergroting uiterste stand 1}}{\text{vergroting uiterste stand 2}} = \frac{\text{grootste brandpuntafstand}}{\text{kleinste brandpuntafstand}}$$

Ga na of de mogelijkheden van de zoomlens eerlijk zijn weergegeven in de tekening.



Afleiding formule:

Bij proef 16 op blz. 12 heb je gezien dat de vergroting gelijk is aan $\frac{\text{beeldafstand}}{\text{voorwerpafstand}}$

De beeldafstand verander je niet tijdens de proef. Om een zo groot mogelijk beeld te krijgen moet je het voorwerp ongeveer in het brandpunt zetten (zie proef 13 op blz. 10). De vergroting wordt dan ongeveer:

$$\frac{\text{beeldafstand}}{\text{brandpuntafstand}}$$

Daardoor geldt dat:

$$\frac{\text{vergroting uiterste stand 1}}{\text{vergroting uiterste stand 2}} = \frac{\text{beeldafstand/kleinste brandpuntafstand}}{\text{beeldafstand/grootste brandpuntafstand}} = \frac{\text{grootste brandpuntafstand}}{\text{kleinste brandpuntafstand}}$$

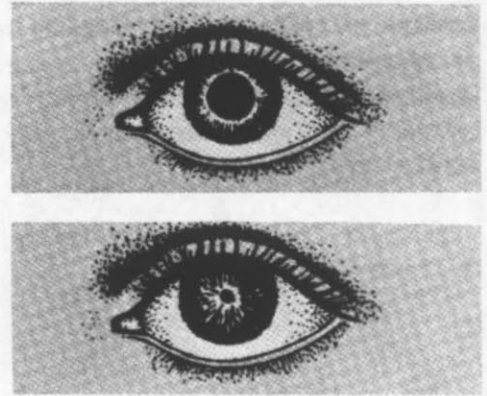
We hebben gebruikt dat de beeldafstand in beide gevallen hetzelfde is. De stand van de lens van de projektor waarbij de brandpuntafstand het kleinst is hebben we uiterste stand 1 genoemd.



In dit onderzoek vind je allerlei proeven over het oog. De theorie over het oog vind je in leestekst 1 op blz. 105.

Proef 1: de pupil

1. Kijk in een spiegel naar je ogen. Beschrijf wat je er aan ziet.
2. Kijk in een spiegel naar het donkere vlekje midden in het oog: de pupil. Teken hem na op ware grootte.
3. Schijn plotseling met een zaklantaarn in je oog en let op wat de pupil doet. Teken hem weer op ware grootte.



De pupil is het diafragma waardoor het licht je oog binnenkomt. Je oog past zich aan de hoeveelheid licht die binnenkomt aan. In het donker is je pupil erg groot. Dan kun je ook bijvoorbeeld minder heldere sterren zien (als je ogen aan de duisternis gewend zijn).

Bij fel licht kun je ook nog goed zien zonder dat je oog direct beschadigd wordt. Alleen als je per ongeluk in een felle lamp kijkt, blijft er een soort „vlek” in je oog achter. Het oog kan dan beschadigd worden.

Proef 2: de blinde vlek

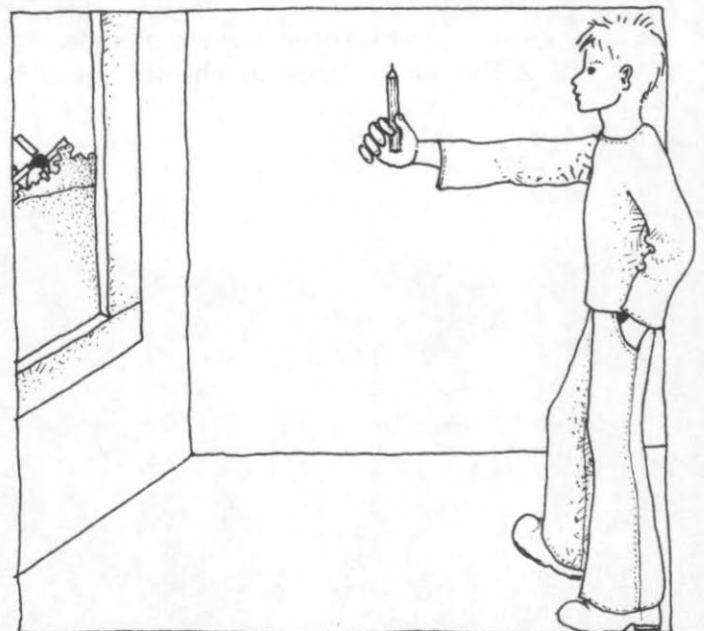
In je oog komt licht op het netvlies. De netvliessen worden daardoor geprikkeld. Via die oogzenuw gaan die prikkels naar je hersenen. Daar ontstaat de gewaarwording „zien”. Op de plaats waar de oogzenuw het oog verlaat zitten geen netvliessen. Met dat stuk van je oog kun je niet zien. Met deze proef kun je dat merken.

1. Doe je linker oog dicht.
2. Houd het rechter oog vertikaal boven het kruis op de bladzijde hiernaast.
3. Kijk strak naar het kruis en beweeg je hoofd op en neer. Let op wat je ziet van de zwarte stip, terwijl je wel steeds strak naar het kruis blijft kijken.

Door de manier waarop je naar het kruis kijkt, zorg je er voor dat het beeld van het kruis op het meest gevoelige deel van het netvlies komt: op de gele vlek. Je oog lens vormt ook een beeld van de zwarte stip. Door je hoofd op en neer te bewegen verandert de plaats van dat beeld op het netvlies. Heb je je hoofd op ongeveer 25 cm van het papier dan zie je de stip niet. Het beeld ervan valt dan op de blinde vlek.

Proef 3: accommoderen (scherp stellen)

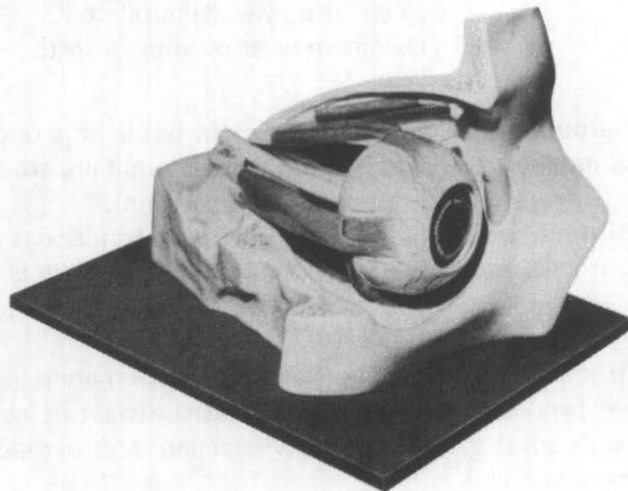
1. Houd met uitgestrekte arm een potlood vast
2. Kijk strak naar de punt van het potlood met het raam of bord als achtergrond.
Zie je nu het bord scherp?
3. Kijk langs de punt van het potlood naar het raam of het bord.
Zie je nu het potlood scherp?
4. Kijk langs de punt van het potlood naar het raam of het bord en kijk dan snel naar de punt van het potlood. Wat voel je hierbij aan je oog?





Je merkt dat je voorgrond en achtergrond niet tegelijkertijd scherp ziet. Je oog moet zich instellen op een bepaalde afstand. Dit scherp stellen heet bij het oog accomoderen.

Je hebt hetzelfde verschijnsel ook gezien bij het fototoestel (blz. 31). Daar stelde je scherp door de lens te verplaatsen. De ooglenzen kun je niet verplaatsen. Het scherp stellen gaat anders, n.l. door de brandpuntafstand van de lens te veranderen. (zie leestekst 1, blz. 105).



Proef 4: bouw van het oog

1. Pak een model van het oog.
2. Haal het model uit elkaar. Beschrijf wat er in zit en waar het voor dient. (zie leestekst 1, blz. 105).

Proef 5: nacht zien

In het schemerdonker zie je dingen anders dan overdag. Dat valt vooral op bij gekleurde voorwerpen.

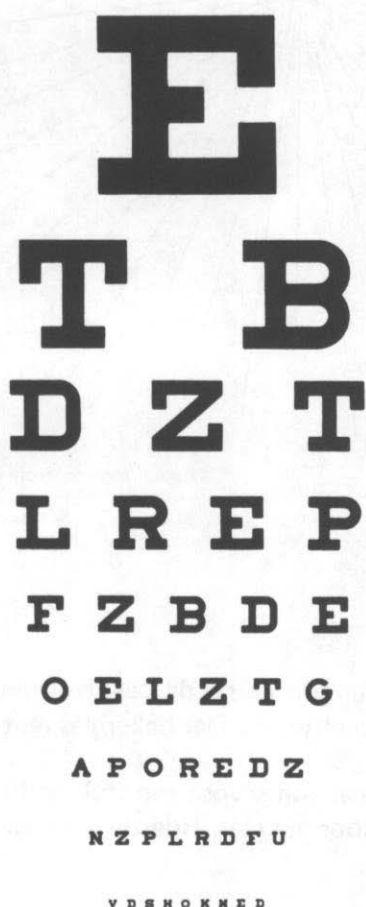
1. Kijk overdag goed naar een veel-kleurig voorwerp. Schrijf op wat je ziet.
2. Herhaal het kijken in schemerdonker. Noteer de verschillen met de eerste keer.

Ogen kunnen op allerlei manieren afwijken van een „normaal” oog. In dit onderzoek ga je na hoe je bepaalde afwijkingen kunt opsporen en kunt corrigeren met brillen. De theorie hierover vind je in leestekst 2 op blz. 108.

Proef 1: Oogcontrole

Om ogen te testen gebruiken artsen, oogartsen en opticiëns vaak letterkaarten. Daarmee controleren ze of je bijziend bent.

1. Stel de letterkaart op in gelijkmatig licht.
2. Doe één oog dicht en lees op een afstand van 2 m de letters. Bij normale ogen moet regel 4 van onderen nog goed te lezen zijn.
3. Noteer tot hoe ver je komt.
4. Controleer het gezichtsvermogen van anderen.



letterkaart om bijziendheid te controleren

LEESPROEF

Het gevoel te zien, is één van onze waardevolste gaven, maar net als met de meeste andere dingen in het dagelijks gebruik, beschouwen wij het als vanzelfsprekend. Met weinig aandacht voor de voortdurende dienst, die tot onze beschikking is gedurende alle uren dat wij wakker zijn, worden onze ogen vaak overwerkt en misbruikt in ons dagelijks leven. Smaak, reuk en geluid worden door onze

tong, neus en oren waargenomen. Maar hoeveel meer vertellen ons onze ogen; vorm en grootte, kleur, licht of donker, beweging, afstand en diepte en wij vragen aan onze ogen ons dit precies en duidelijk ieder ogenblik te vertellen. Voor vele bezigheden beseffen wij de

verbruikte energie en herstellen dit met rust en voedsel. Slechts weinigen van ons denken aan de energie, die onze ogen gebruiken bij het zien en het steeds toenemende werk hen toebedeeld in de stijgende behoefte van deze tijd.

Soms laten wij de ogen rusten, soms helpen wij hen met brillen. Maar in het verleden heeft menigeen van zijn ogen te veel geëist, waarvan hoofdpijn, oogklachten of onduidelijk zien het resultaat is, voordat hulp gezocht wordt bij Uw opticien.

Uw ogen laten onderzoeken, voordat zij U ongemakken bezorgen, is voor ieder dringend noodzakelijk.

Dikwijls zijn Uw ogen goed. Sommige gebreken komen met het stijgen

der jaren. Andere afwijkingen kunnen reeds vanaf de geboor-

te bestaan. Wij moeten dus onze ogen met aandacht

leesproef om oudziendheid en verziendheid te controleren

Oudziendheid en verziendheid controleren ze met een leesproef:

5. Plaats de leesproef in gelijkmatig licht op 25 cm van je oog.
6. Doe één oog dicht en lees de tekst. Bij een normaal oog is blok 2 goed te lezen.
7. Controleer het gezichtsvermogen van anderen.

Proef 2: astigmatisme

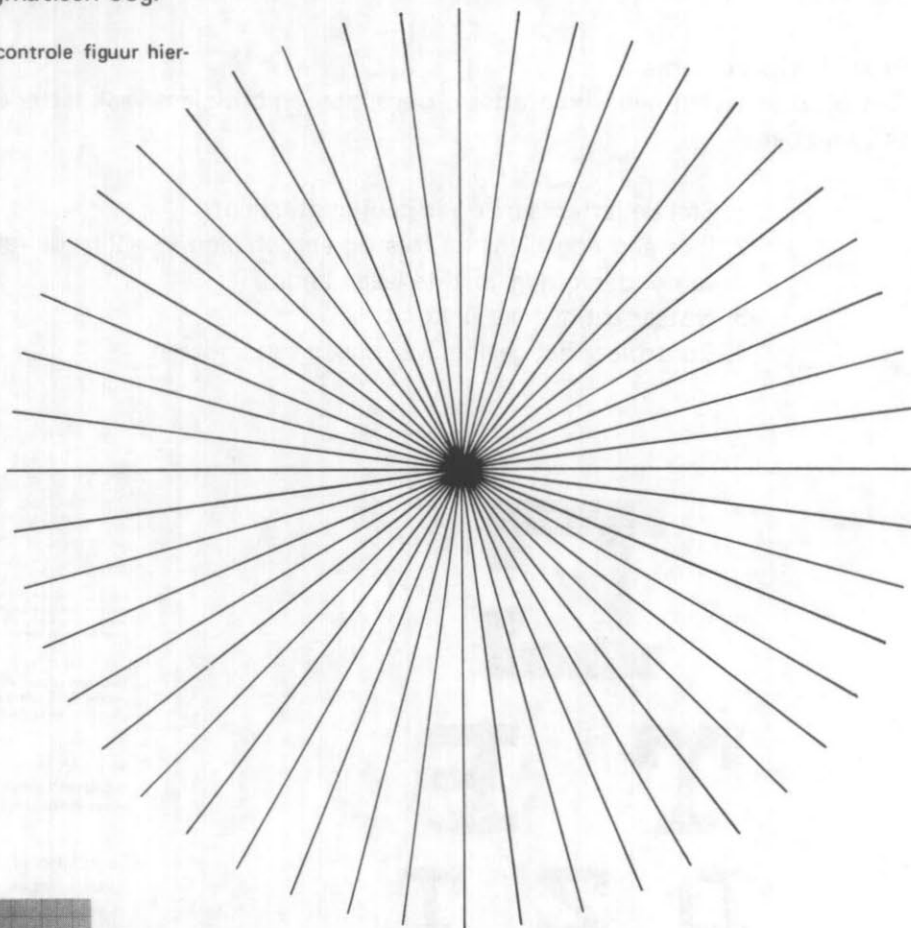
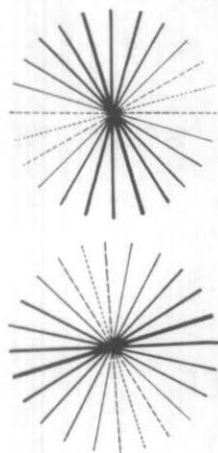


Soms is de ooglens of het hoornvlies vervormd.

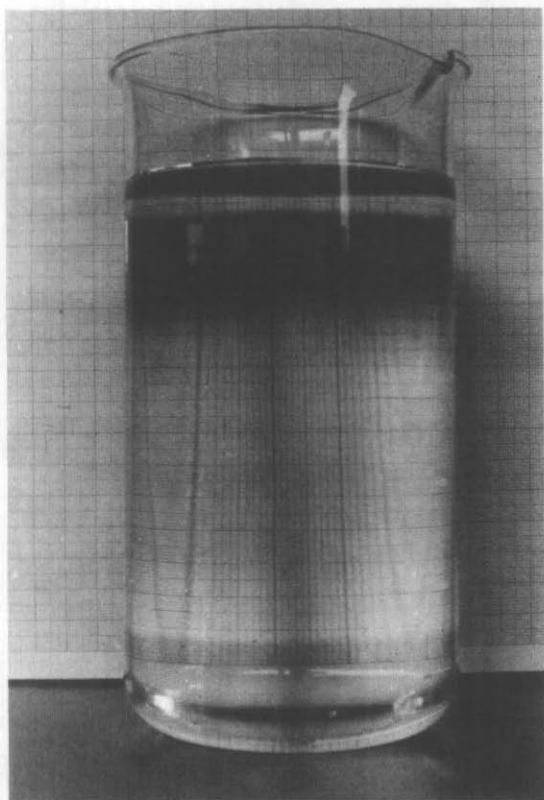
Dan wordt een puntje van een voorwerp afgebeeld als een lijntje op het netvlies. Daardoor ontstaat er altijd een slecht beeld. Dat verschijnsel heet astigmatisme. Met de figuur hieronder kun je controleren of je oog astigmatisch is.

1. Bedek een oog met je hand en bekijk de figuur. Als je sommige lijnen zwakker ziet dan andere dan heb je waarschijnlijk een astigmatisch oog.

Zo ziet iemand met een astigmatisch oog de controle figuur hieronder



figuur voor controle van astigmatisme



Het effect van astigmatisme op de beeldvorming kun je zien met een bekerglas met water. Dat bekerglas met water werkt als lens.

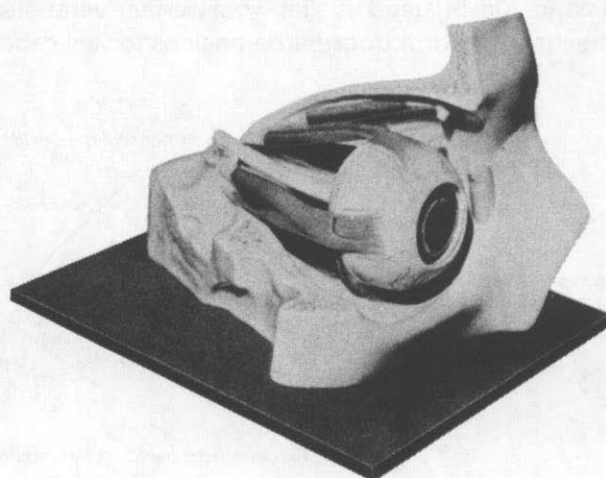
2. Zet een bekerglas met water voor een stuk grafieken papier.
3. Bekijk het papier door het glas. Hoe zie je de vierkanten?

De volgende proeven kun je op twee manieren doen. Als je beschikt over de opstelling op de foto hieronder doe je proef 3. Anders doe je proef 4 en 5.

Proef 3: brillen

Op de foto hiernaast zie je een model om de beeldvorming in gewone ogen en ogen met bepaalde afwijkingen te laten zien. De kolf stelt het glasachtig lichaam voor (zie leestekst 1, op blz. 105). Op de kolf zitten 3 lenzen.

1. Laat een lichtbundel door de middelste lens vallen zodat het licht in de kolf komt.
2. Verschuif de kolf zo dat de lichtbundel samenkomt op de achterkant van de kolf. Dit is een model van de beeldvorming in een normaal oog. Het beeld komt op het netvlies.
3. Draai de kolf zodat een andere lens voor de beeldvorming zorgt. Waar komt het beeld?
4. Draai de kolf zodat de derde lens de beeldvorming verzorgt. Waar komt nu het beeld?



Opstelling om oogafwijkingen te demonstreren

Deze twee lenzen laten zien hoe de beeldvorming in ogen met afwijkingen plaats vindt. Als de ooglenzen te veel gebold is komt het beeld voor het netvlies (dus hier in het water) terecht. Is de lens te weinig gebold dan komt het beeld achter het netvlies terecht.

5. Draai de kolf zo dat het beeld buiten de kolf valt. Dit oog moet je corrigeren met een lens die net zo werkt als de ooglenzen.

6. Houd voor de „ooglenzen” een bolle lens. Wat verandert er aan de beeldvorming?

Het oog dat je in punt 5 en 6 hebt nagebootst heet een verziend- of oudziend oog (zie leestekst 2, blz. 108).

7. Draai de kolf zo dat het beeld binnen de kolf valt. Deze „ooglenzen” convergeert het licht te veel. Je moet het corrigeren met een lens die de ooglenzen tegenwerkt.

8. Houd voor de „ooglenzen” een holle lens. Wat verandert er aan de beeldvorming?

Het „oog” uit punt 7 en 8 heet bijziende (zie leestekst 2, blz. 108).

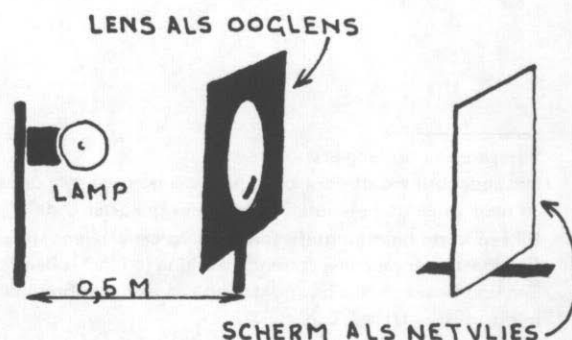
Proef 4: een verziend oog

Doe deze proef alleen als proef 3 niet kan.

Sommige mensen kunnen wel goed voorwerpen in de verte zien, maar kunnen van voorwerpen dichtbij alleen maar vage beelden krijgen. Dat is bijvoorbeeld erg hinderlijk bij lezen. Die mensen zijn verziend of oudziend (leestekst 2, blz. 108).

Het beeld komt dan achter het netvlies in plaats van erop. De ooglenzen is te weinig gebold of het oog is te ondiep.

1. Maak in de opstelling hiernaast een scherp beeld van de gloeidraad op het scherm. Je hebt nu een model van een normaal oog.
2. Plaats het scherm nu 5 cm dichterbij de lens. Je hebt nu een model van een verziend oog.
3. Probeer door een bolle lens („de bril”) voor de „ooglenzen” te houden het beeld weer scherp te maken. Probeer zonnodig bolle lenzen van verschillende sterkte.*

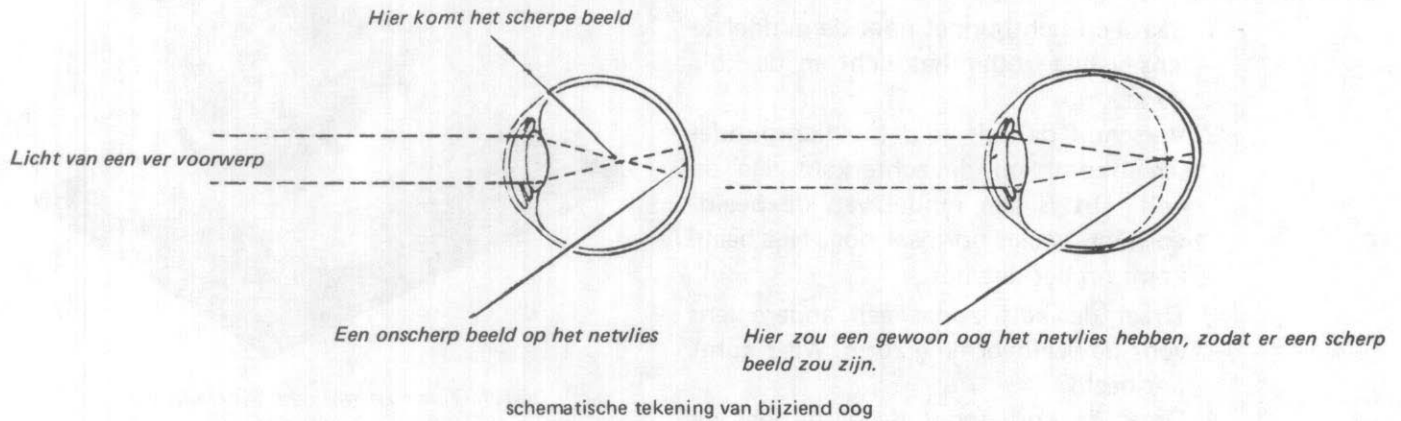


* zie voetnoot blz. 76

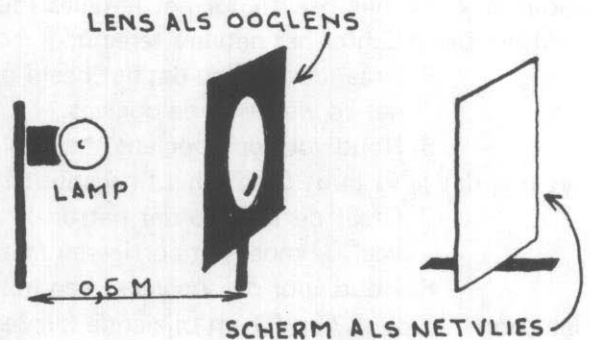


Proef 5: een bijziend oog
Doe deze proef alleen als proef 3 niet kan.

Iemand die bijziend is ziet voorwerpen veraf slecht. Het beeld van die voorwerpen komt voor het netvlies terecht. Dat komt doordat de ooglenzen te veel gebold is of doordat het oog te diep is. (zie leestekst 2, blz. 108).



1. Maak in de opstelling hiernaast een scherp beeld van de gloeidraad op het scherm.
2. Plaats het scherm 5 cm verder van de lens. Je hebt nu een model van een bijziend oog gemaakt. Het beeld is onscherp.
3. Probeer met een holle lens („de bril”) voor de „ooglens” het beeld weer scherp te maken. Probeer zonnodig holle lenzen van verschillende sterkte.*



* sterkte van brillenglazen

Het soort bril wordt door de oogarts aangegeven met de sterkte van de bril.

Je hebt geleerd: hoe bolter de lens, des te korter is de brandpuntafstand.

Bij een korte brandpuntafstand convergeert een lens sterk.

Een maat voor de convergerende werking is $1/f$. f is de brandpuntafstand.

Een voorbeeld: wat is de sterkte van een lens met brandpuntafstand 0,2 m.

In dit geval is $1/f = 1/0,20 = 5$.

We zeggen dan: de sterkte is 5 dioptrie of 5 D.

De sterkte van een lens in D is dus $1/f$ als f in meters is.

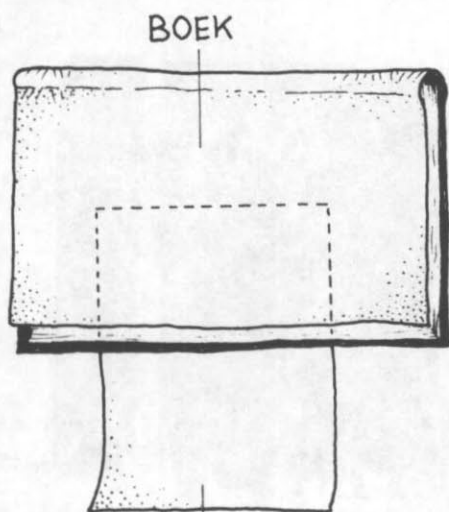
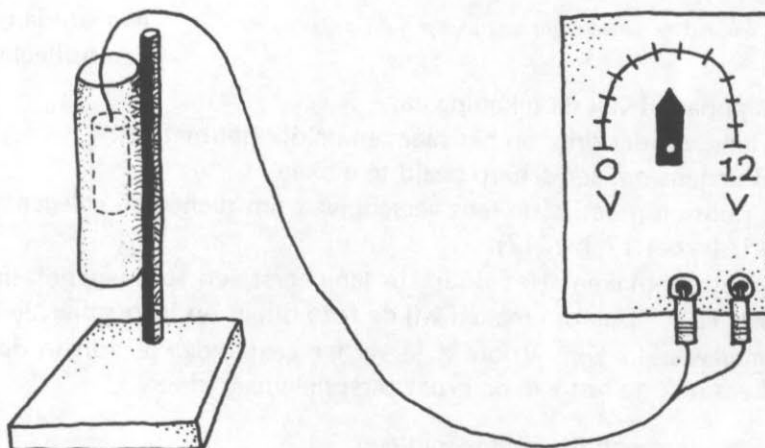


Een zwart-wit foto vertoont allerlei tinten grijs van helemaal wit tot helemaal zwart. Hoe meer een foto bij de opname belicht wordt hoe witter hij is (zie leestekst 10, blz. 131). De verschillende tinten grijs op de foto krijg je doordat er meer of minder licht op de foto komt tijdens het afdrukken. In de volgende proef onderzoek je hoe dat gaat. Voor je eraan begint moet je zorgen dat alle spullen om een foto te ontwikkelen (zie blz. 82) klaar staan.

Proef 1: fotopapier belichten

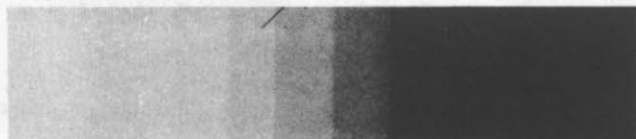
Lees eerst de proefbeschrijving door!

1. Maak de opstelling uit de tekening. Probeer de lamp en doe hem dan weer uit.



FOTOPAPIER

een proefstrook



2. Leg in het donker een velletje fotopapier met de korrelige kant boven op de statiefvoet. Bedek 4/5 van het papier met een boek.
3. Laat de lamp 5 seconden branden.
4. Schuif het boek een beetje op, zodat 3/5 deel van het papier bedekt is.
5. Laat de lamp weer 5 seconden branden.
6. Ga op deze manier verder tot het hele velletje fotopapier belicht is.
7. Ontwikkel nu het papier volgens de instructie in de bijlage op blz. 82 en bekijk het resultaat.

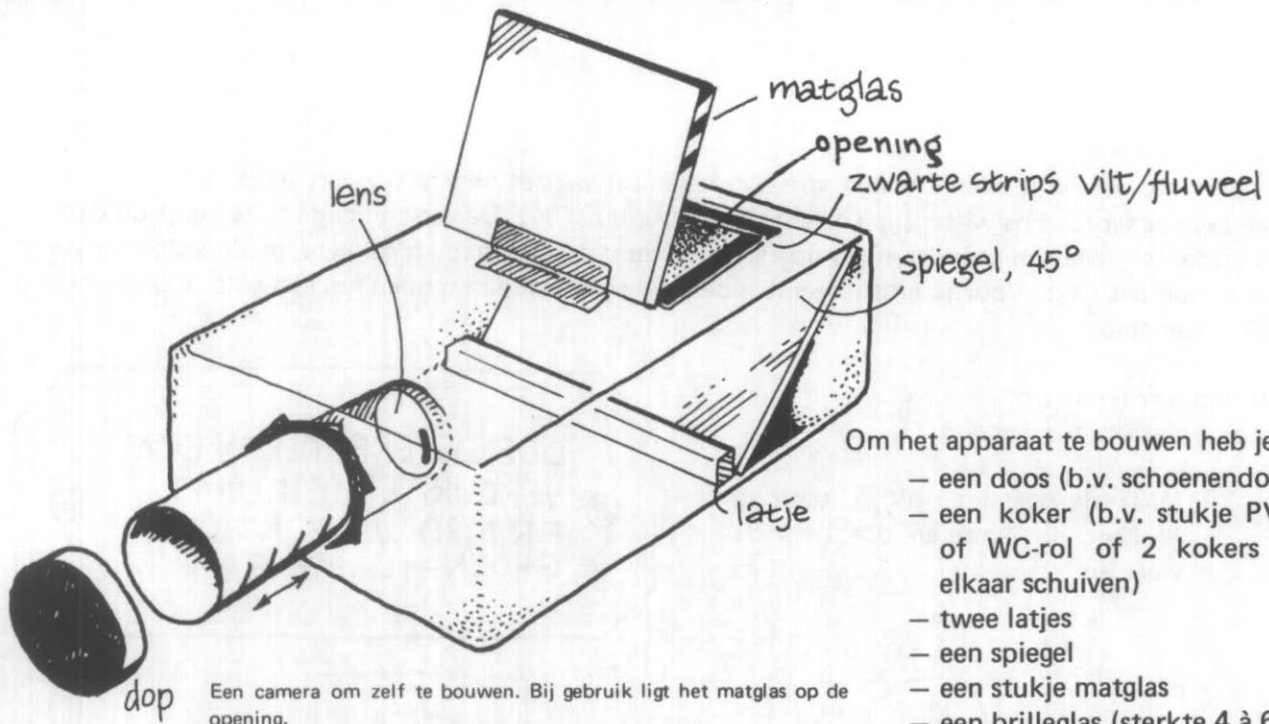
Wat je zo gemaakt hebt, heet een proefstrook. Voor het vervolg van dit onderzoek moet je één van de volgende drie mogelijkheden kiezen:

- proef 2: met een zelfbouw camera een foto maken
- proef 3: een negatief afdrukken
- proef 4: een fotogram maken



Proef 2: met een zelfbouw camera een foto maken

Met het volgende apparaat kun je goede afbeeldingen en foto's maken.



Om het apparaat te bouwen heb je nodig:

- een doos (b.v. schoenendoos)
- een koker (b.v. stukje PVC-pijp of WC-rol of 2 kokers die in elkaar schuiven)
- twee latjes
- een spiegel
- een stukje matglas
- een brilleglas (sterkte 4 à 6 D)*

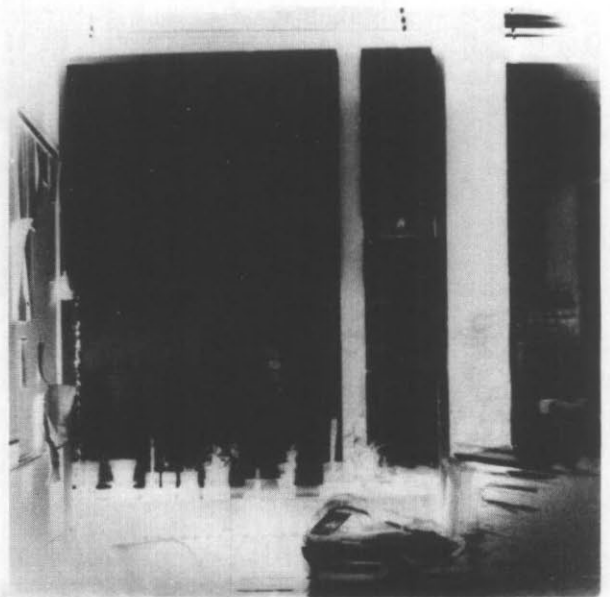
1. Bouw het apparaat van de tekening na.
2. Richt de lens, zonder dop, op het raam en bekijk het matglas. Verschuif de lens om een scherp beeld te maken.
3. In welke richting moet je de lens verschuiven om dichterbij gelegen voorwerpen scherp af te beelden? (proef 17, blz. 12).

Je kunt met dit apparaat foto's maken. Het duurt te lang eerst een fotonegatief en daarna een afdruk te maken (zie leestekst 10, blz. 131). Daarom maken wij de foto direct op fotopapier. Je krijgt dan wel een foto waarin licht en donker omgewisseld zijn. Voordat je verder gaat moet je zorgen dat alles om een foto te ontwikkelen klaar staat. Lees ook de rest van de proef eerst helemaal door.

4. Plak voor de lens een diafragma met een middellijn van 1,0 cm.
5. Stel op het matglas een scherp beeld in. Doe, als je niet veel licht op het matglas ziet, een doek over je hoofd om ander licht af te schermen.



Fotograferen met een doek over je hoofd om in de zoeker te kunnen zien.



Opname met de zelfbouwcamera
brandpunt 20 cm; belichtingstijd 2 sec.
diameter diafragma: 10 mm. In de foto zijn licht en donker omgewisseld.

* Sterkte van brillen: zie voetnoot blz. 76

Verschuif nu de lens niet meer.

6. Klap het matglas weg en doe de dop op de lenskoker.
7. Leg in de donkere kamer een velletje fotopapier met de korrelige kant naar beneden op de plaats van het matglas.
8. Dek het fotopapier goed af met een zwarte lap.
9. Ga met de camera terug naar de plaats waar je hebt scherp gesteld en zet de camera precies op dezelfde plaats terug.
10. Haal de dop gedurende 2 seconden van de lenskoker.
11. Ontwikkel het fotopapier zoals in de bijlage op blz. 82 beschreven is.
12. Als de foto te donker is moet je hem nog eens maken met een kleiner diafragma. Is hij te licht probeer dan een langere belichtingstijd.

Proef 3: een negatief afdrukken



Een negatief



Een negatief druk je meestal vergroot af op een vel fotopapier. Om het mooi af te drukken moet je eerst onderzoeken hoe lang je het papier moet belichten. Voordat je de volgende proef uitvoert, moet je de beschrijving eerst helemaal doorlezen. Zorg dat alles wat je nodig hebt om een foto te ontwikkelen (zie blz. 82) klaar staat.

1. Meet hoe groot het fotopapier is dat je tot je beschikking hebt.

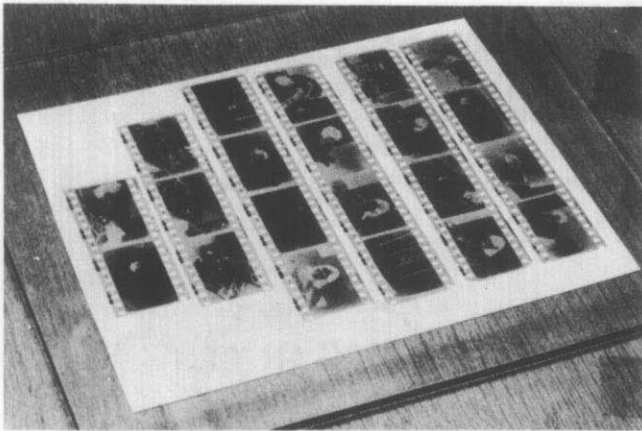


2. Maak de volgende opstelling:

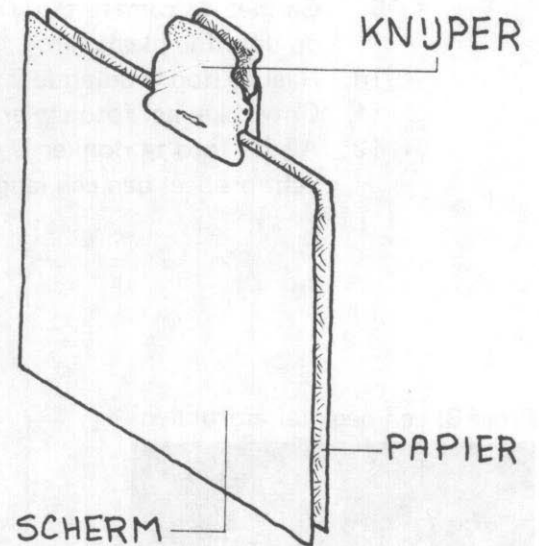




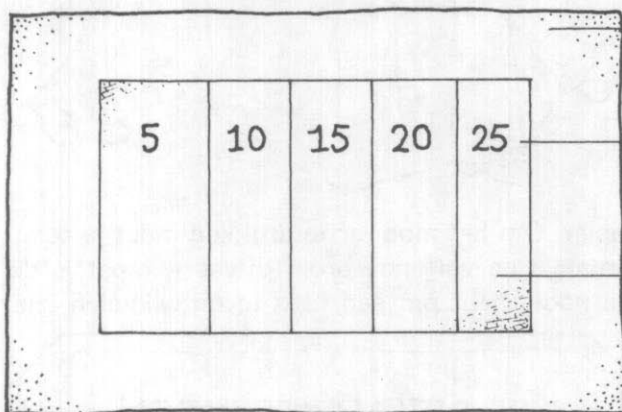
3. Vergroot het negatief tot het formaat van het fotopapier op het scherm (zie proef 13, blz. 10).
4. Doe de lamp uit.
5. Breng in het donker een vel fotopapier op het scherm met de korrelige kant naar de lens.



negatieven



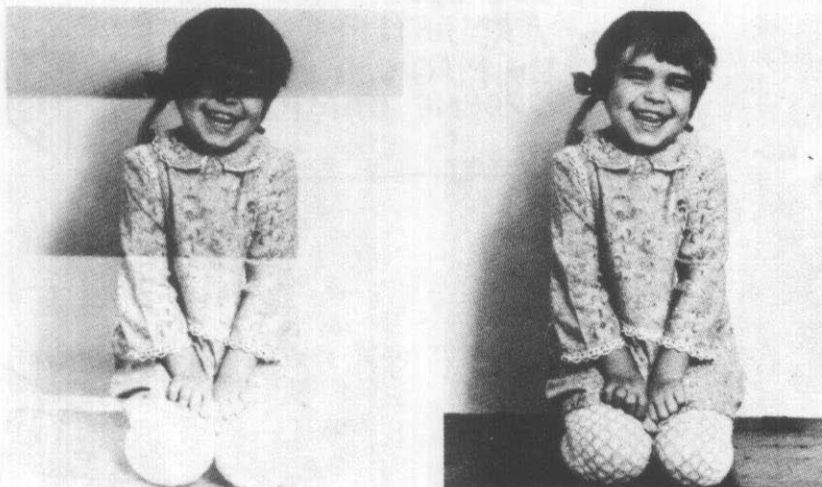
6. Om de belichtingstijd te schatten moet je een proefstrook maken, zoals je in proef 1 hebt gedaan.
Belicht de naast elkaar liggende stroken op het fotopapier achtereenvolgens 5, 10, 15, 20 en 25 seconden.



FOTOPAPIER

BELICHTINGSTIJD IN SECONDEN

AFBEELDING VAN HET
NEGATIEF



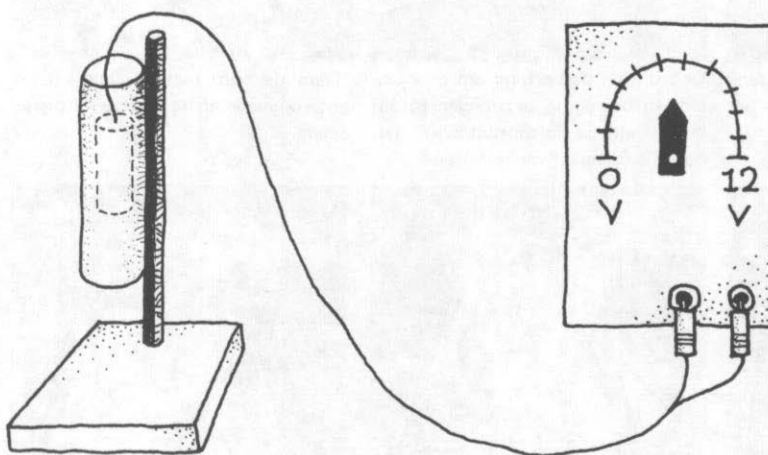
Proefstroken (links) en het uiteindelijke resultaat

7. Ontwikkel de foto zoals is beschreven in de bijlage (blz. 82).
8. Kies uit de verschillende stroken de beste.
9. Maak nu een afdruk op een nieuw vel fotopapier van het hele negatief met de uitgezochte belichtingstijd. Ontwikkel de foto.

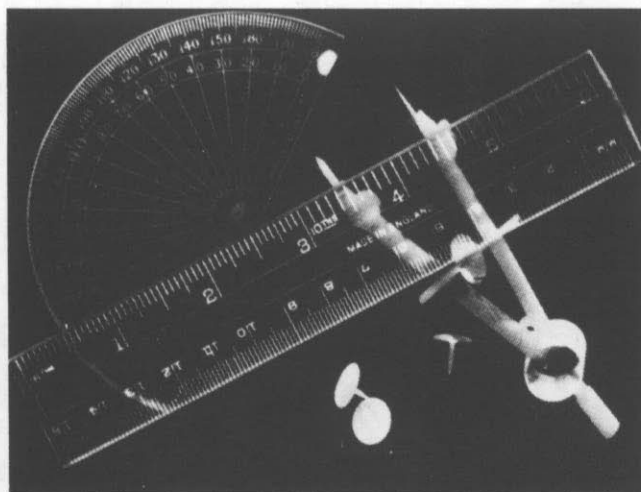
Proef 4: een fotogram maken

Een fotogram is een afdruk waarbij niet vergroot wordt. Op het fotopapier liggen voorwerpen. Als het papier belicht wordt krijg je daar geen licht; op de plaatsen waar niets ligt wel. Voor je de proef uitvoert moet je eerst de hele beschrijving doorlezen.

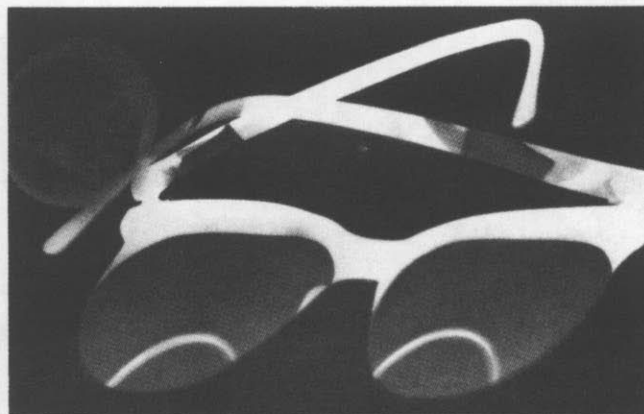
Zorg dat alles wat je voor het ontwikkelen van een foto nodig hebt (blz. 82) klaar staat.



1. Maak de opstelling van proef 1.
2. Leg in het donker op de statiefvoet een velletje fotopapier met de korrelige kant omhoog.
3. Leg wat voorwerpen of een 6x6 negatief op het papier.
4. Belicht de foto met een tijd die je kunt kiezen uit de belichtingstijden van proef 1.
5. Ontwikkel de foto volgens de instructie in de bijlage op blz. 82.



fotogrammen

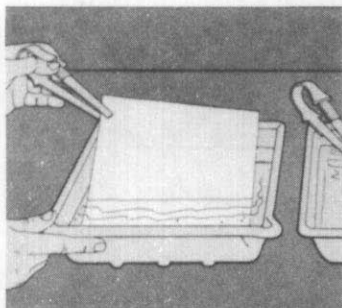




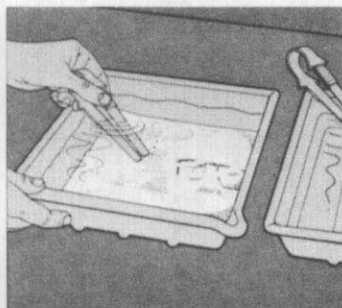
Om foto's te ontwikkelen moet je de volgende instructies nauwkeurig opvolgen.

Gedurende de handelingen van de eerste acht plaatjes moet de ruimte waarin je werkt geheel verduisterd zijn.

Er mag alleen een geel-groene lamp aan.



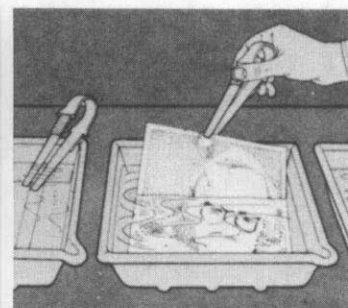
Dompel het papier met een tang snel onder het oppervlak van het ontwikkelbad



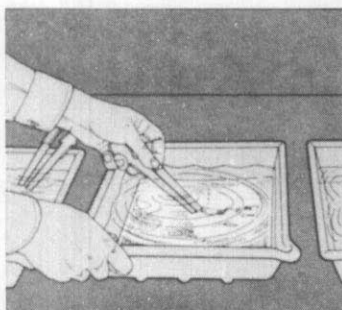
Gebruik de papiertang om de vloeistof in beweging te brengen totdat het beeld is uitontwikkeld. Dit duurt ongeveer twee minuten



Neem de foto met de tang uit de ontwikkelaar en laat deze uitdruppelen



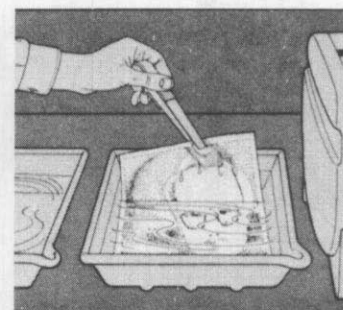
Breng de foto met een schone tang over in het stopbad



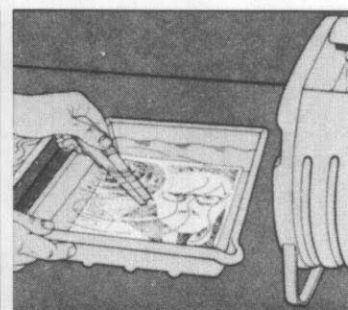
Beweeg de vloeistof nogmaals met de tang gedurende ongeveer 1 minuut



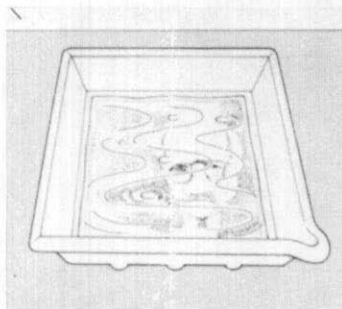
Gebruik de tang om de foto beet te pakken en laat deze weer uitdruppelen



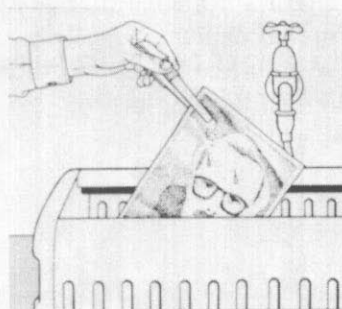
Dompel de foto met een schone tang in het fixeerbade



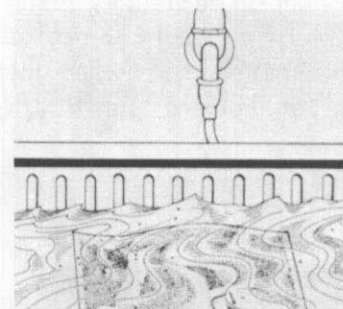
Beweeg de vloeistof. Na 2 minuten mag het witte licht aan



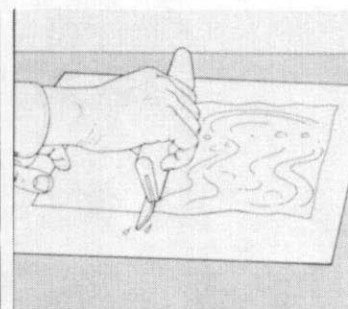
Bekijk bij het witte licht de vergroting



Als de vergroting goed is kun je hem naar de spoelbak overbrengen



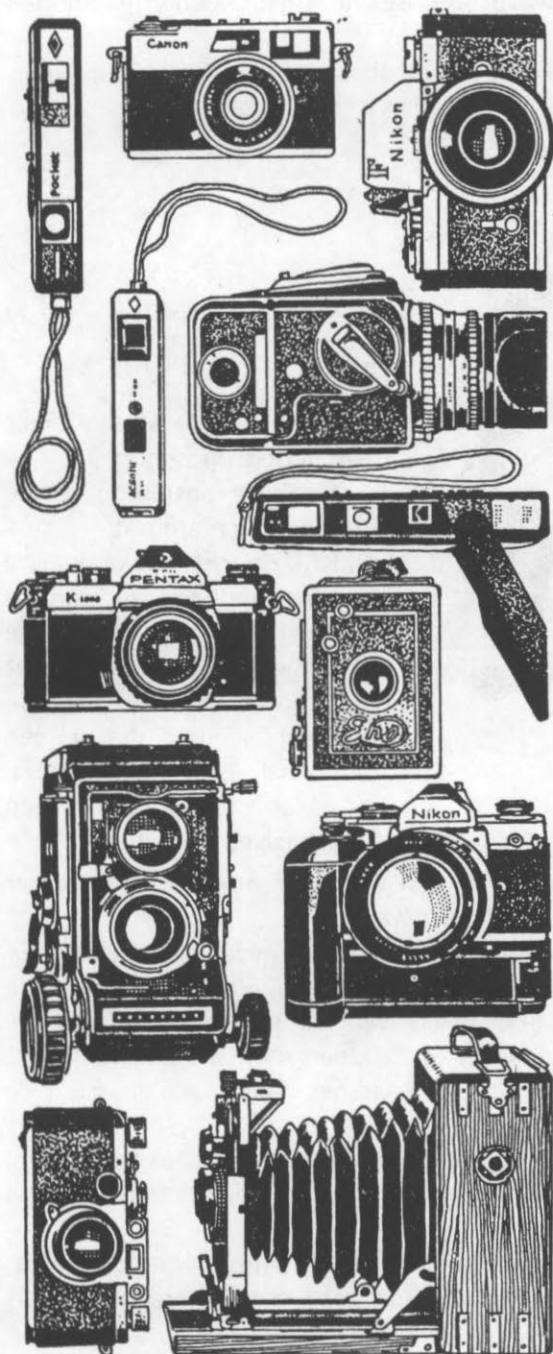
Spoel de foto in stromend water gedurende minstens een halfuur



Neem de foto uit de spoelbak, laat hem uitdruppelen en verwijder het overtollige water met een rolstrijker, of laat hem drogen.

Wat de verschillende processen tijdens het ontwikkelen doen kun je vinden in leestekst 10 op blz. 131.

Dit onderzoek kun je kiezen als je zelf foto's maakt. Neem je fototoestel en een aantal foto's of dia's die je gemaakt hebt mee (niet alleen geslaagde opnamen meenemen). Vorm een groep met mensen die, net als jij, zelf foto's maken.



1. Vergelijk de fototoestellen op de volgende punten:

- belichtingstijden die je kunt instellen
- diafragma's
- afstand instelling
- scherpte-diepte schaal (zie leestekst 8 op blz. 127)
- zit er een belichtingsmeter ingebouwd
- wordt de belichting automatisch geregeld?
- brandpuntafstand objectief
(zie ook leestekst 7 op blz. 124)
- beeldformaat

2. Bespreek elkaars foto's en dia's



Was de opname beter geworden als

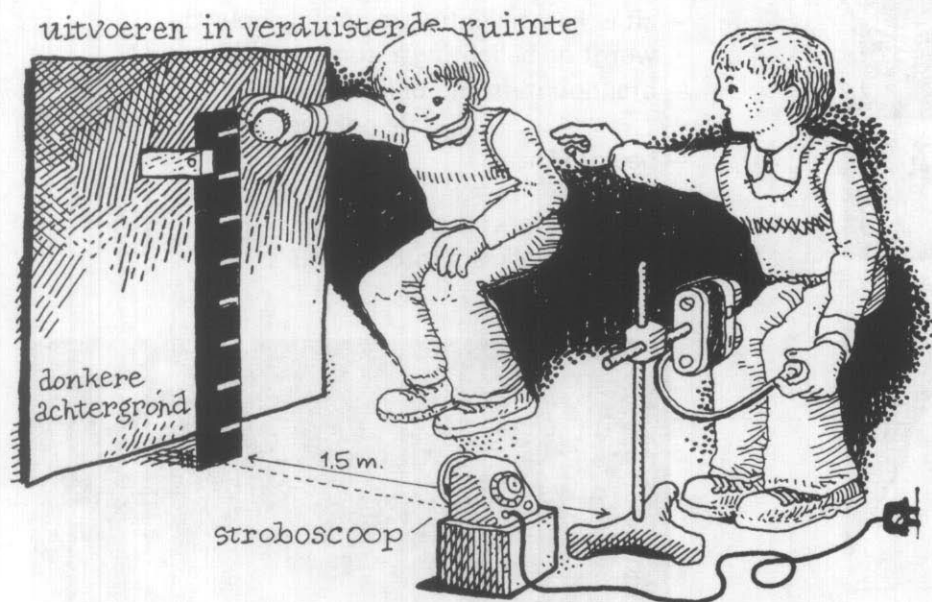
- je een andere sluitertijd had ingesteld
- je een ander diafragma had ingesteld
- je een andere sluitertijd én een ander diafragma had ingesteld
- je op een andere afstand had ingesteld
- je op een andere plaats was gaan staan
- het licht van een andere kant op het onderwerp inviel
- je bij de opname een statief had gebruikt



Bewegingen kun je o.a. vastleggen op stroboscopische foto's (zie paragraaf 4.7 op blz. 44). Je kunt stroboscopische foto's op twee verschillende manieren maken:

1. met een lichtstroboscoop (een lichtbron die snel achter elkaar korte lichtflitsen geeft) (zie proef 1).
2. met een draaiende camera sluiters (de lens van het fototoestel wordt afwisselend afgedekt en vrijgehouden) (zie proef 2)

Lees eerst de proefbeschrijvingen door. Kies daarna op welke manier je een stroboscopische foto wilt maken.



Proef 1: fotograferen met een lichtstroboscoop

1. Maak de opstelling van de tekening hiernaast.
2. Kijk door de zoeker van de camera. Stel de camera scherp en controleer of je datgene in beeld krijgt wat je op de foto wilt hebben. Zorg er voor dat je een lineaal mee fotografeert, zodat je achteraf een schaalverdeling hebt.

3. *Dit gedeelte van de proef moet in het donker worden uitgevoerd.*

Maak een foto van een bewegend voorwerp, bijvoorbeeld een wit balletje. Verlicht het balletje met lichtflitsen van de stroboscoop. Stel de sluitertijd in op B. Open met een draadontspanner de sluiters. Laat het balletje vallen. Sluit de sluiters weer.

Noteer de diafragma-opening van het fototoestel en het aantal lichtflitsen dat de lichtstroboscoop per seconde geeft.

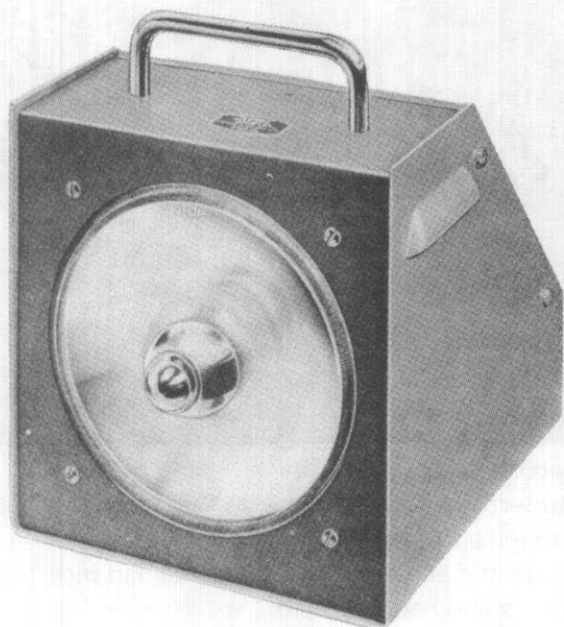
4. Bekijk je foto om de instelling (van de camera, van de lichtstroboscoop) te verbeteren. Let daarbij op:

- de belichting (te licht/te donker)
- de scherpte-diepte
- de bewegingsonscherpte
- de afstand tussen de balletjes op je foto

Hoe veranderen die als je

- een ander diafragma kiest?
- het aantal lichtflitsen per seconde verandert?

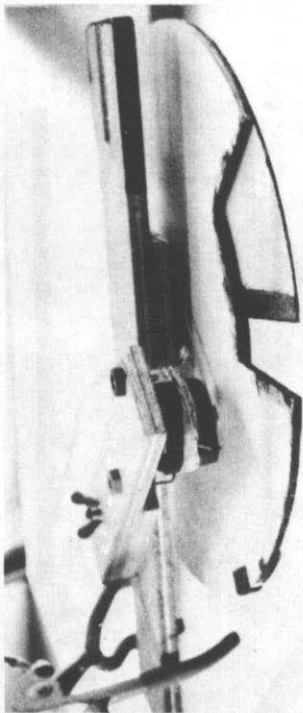
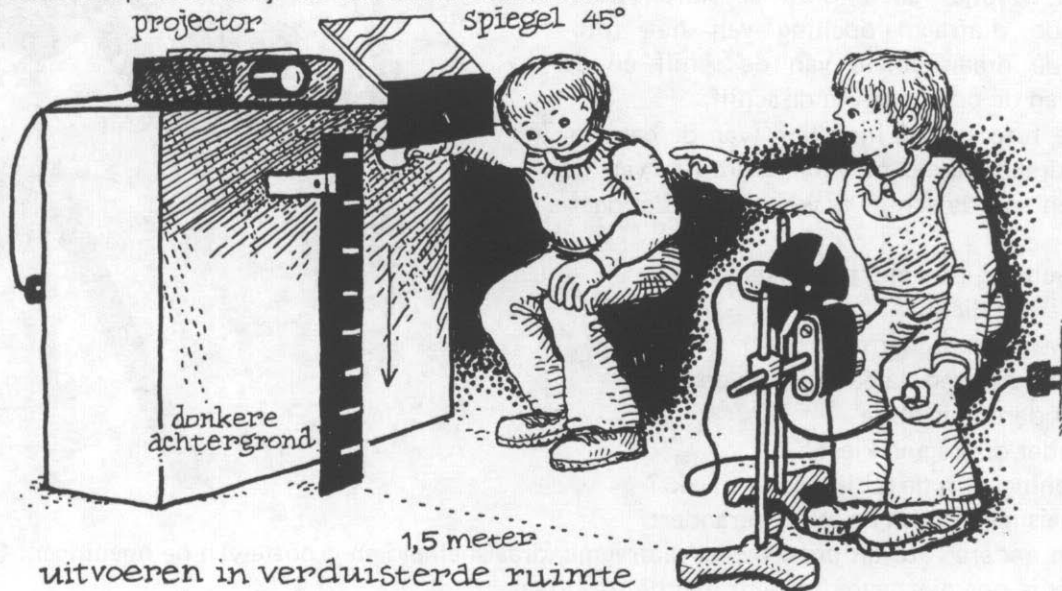
Wat moet je aan de instelling veranderen om een betere foto te maken?



Lichtstroboscoop. Het apparaat geeft snel achter elkaar korte lichtflitsen. Het tempo kun je instellen met de knoppen aan de bovenzijde.

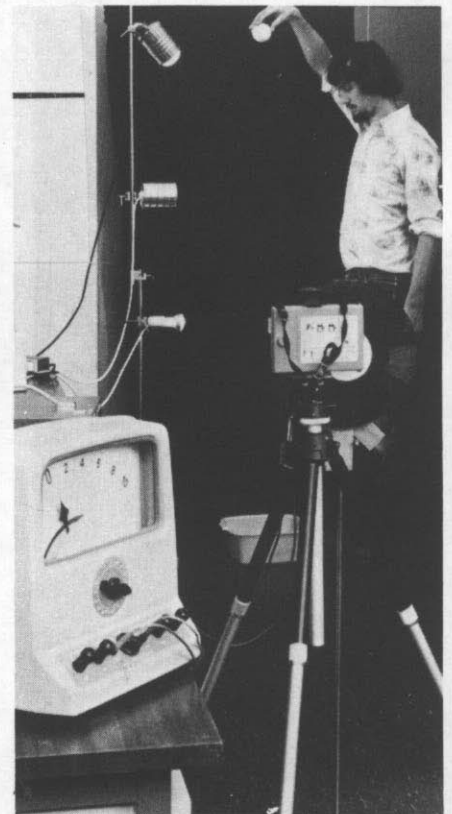
5. Maak een andere foto en noteer weer diafragma en aantal lichtflitsen per seconde.
Ga terug naar punt 4 als je nog niet tevreden bent met het resultaat.
6. Werk een geslaagde foto als volgt uit:
 - teken de baan van het balletje.
 - bepaalde snelheid van het balletje op verschillende punten van zijn baan.
7. Herhaal 5 en 6 bij volgende opnamen.

Proef 2: de stroboscopische schijf als draaiende camera sluiters



Détailopname van de draaiende schijf. De grootte van de opening is instelbaar. De motor wordt aangesloten op een variabele spanningsbron. De draaisnelheid van de schijf wordt geregeld door de spanning te variëren.

1. Maak een opstelling zoals op de tekening hierboven of op de foto rechts.
2. Kijk door de zoeker van de camera. Stel de camera scherp en controleer of je datgene in beeld krijgt wat je op de foto wilt hebben. Zorg er voor dat je een lineaal mee fotografeert, zodat je achteraf een schaalverdeling hebt.
3. Vraag aan je leraar op welke spanning je de motor van de draaiende schijf moet aansluiten. Vraag ook hoe groot de draaisnelheid van de schijf dan is.

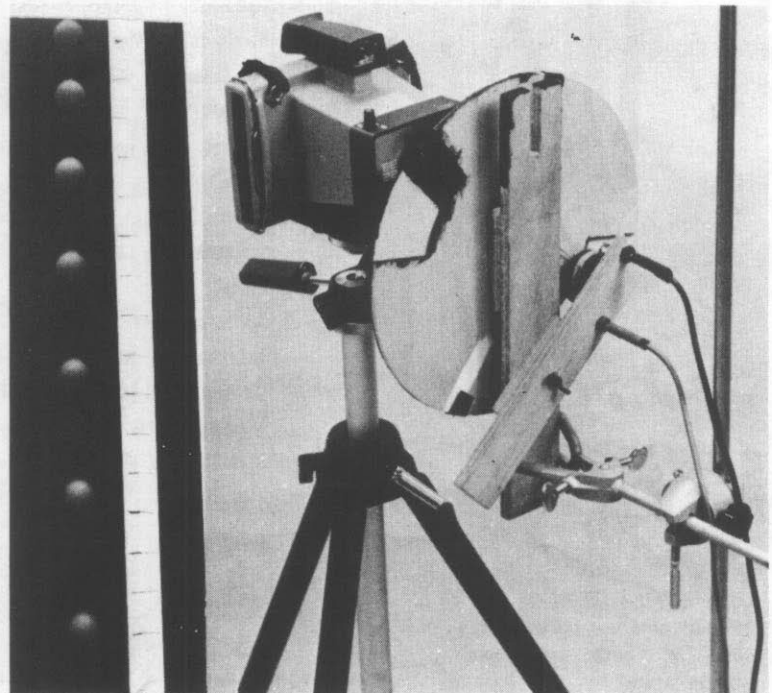
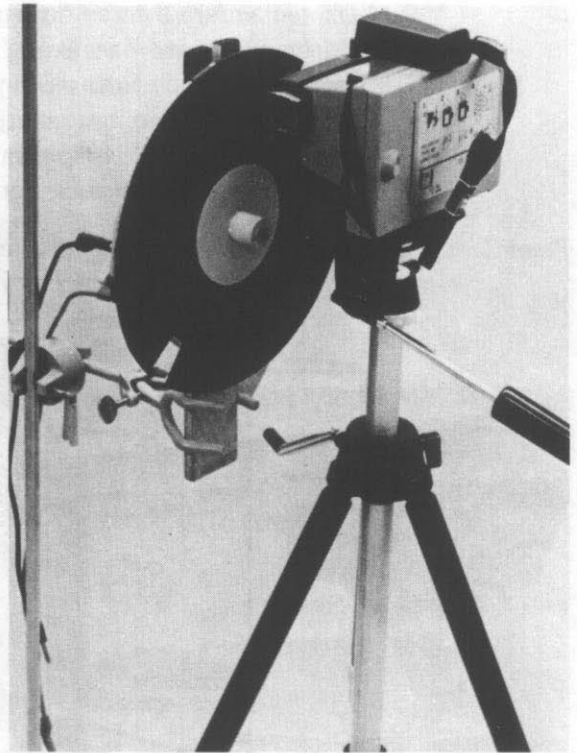


Opstelling voor het maken van stroboscopische foto's.

De draaiende schijf staat voor de lens van een polaroid-camera. De camera staat op een statief. Hij levert foto's die „direct klaar” zijn. Je ziet dan meteen het resultaat. De gloeilampen zitten in een lamphouder om een op het vallende balletje gerichte lichtbundel te krijgen. Door de donkere achtergrond komt het lichte balletje beter uit op de foto. De spanning van de voltmeter links is een maat voor de draaisnelheid van de schijf.



4. Maak een foto van een bewegend voorwerp, bijvoorbeeld een wit balletje. Stel de sluitertijd in op B. Open met een draadontspanner de sluit. Laat het balletje vallen. Sluit de sluit weer. Noteer de diafragma-opening van het foto-toestel, de draaisnelheid van de schijf en de grootte van de openingen in de schijf.
5. Bekijk je foto om de instelling (van de camera, van de draaisnelheid of van de grootte van de openingen van de schijf) te verbeteren. Let daarbij op:
 - de belichting (te licht/te donker)
 - de scherpte-diepte
 - de bewegingsonscherpte
 - de afstand tussen de balletjes op de foto
 Hoe veranderen die als je
 - een ander diafragma kiest?
 - de openingen in de schijf groter maakt?
 - de draaisnelheid van de schijf verandert?
6. Maak een andere foto en noteer weer diafragma, draaisnelheid en grootte van de openingen. Ga terug naar punt 5 als je nog niet tevreden bent met het resultaat.
7. Werk een geslaagde foto als volgt uit:
 - teken de baan van het balletje.
 - bepaal de snelheid van het balletje op verschillende punten van zijn baan.
8. Herhaal 6 en 7. bij volgende opnamen.



Stroboscopische opnamen van een vallende bal (links en midden) gemaakt met de opstelling van proef 2 (rechts). De opname midden is het best bruikbaar, omdat daar een meetlat is meegephotografeerd.

Stroboscopische foto's laten veel zien over de baan en de snelheid van bewegende voorwerpen. In dit onderzoek ga je aan de hand van zulke foto's bewegingen bekijken.

Als voorbeeld bekijken we de stroboscopische foto van een vallende biljartbal. Uit de foto kun je opmaken dat de baan van de bal een rechte lijn is. Met behulp van de lineaal die werd meefotografeerd kun je de afstanden bepalen die de bal tussen twee opnamen aflegt. De snelheid kun je berekenen als je de tijd tussen twee opnamen weet: deze bedraagt $1/30$ s.

In tijdvak 5 legt de bal 12,0 cm af in $1/30$ s; de snelheid is dus:

$$\frac{12,0 \text{ cm}}{1/30 \text{ s}} = 360 \text{ cm/s} = 3,60 \text{ m/s.}$$

In tijdvak 11 legt de bal 18,5 cm af in $1/30$ s; de snelheid is dus 5,55 m/s.

De snelheid van de vallende biljartbal is het grootst in tijdvak 11.

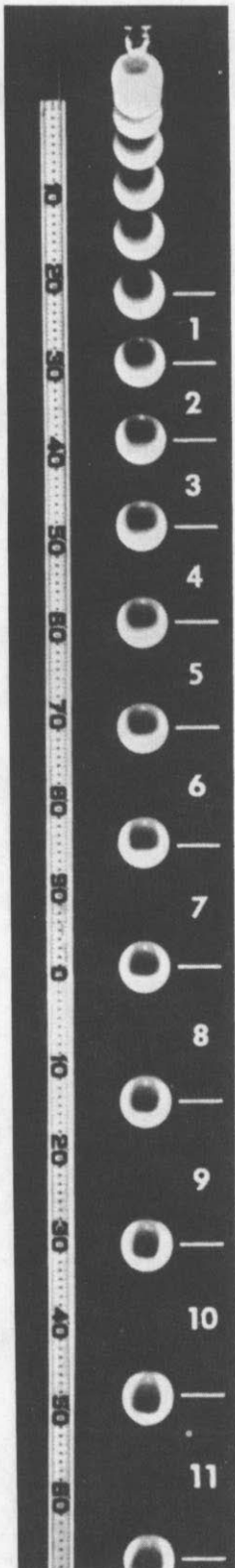
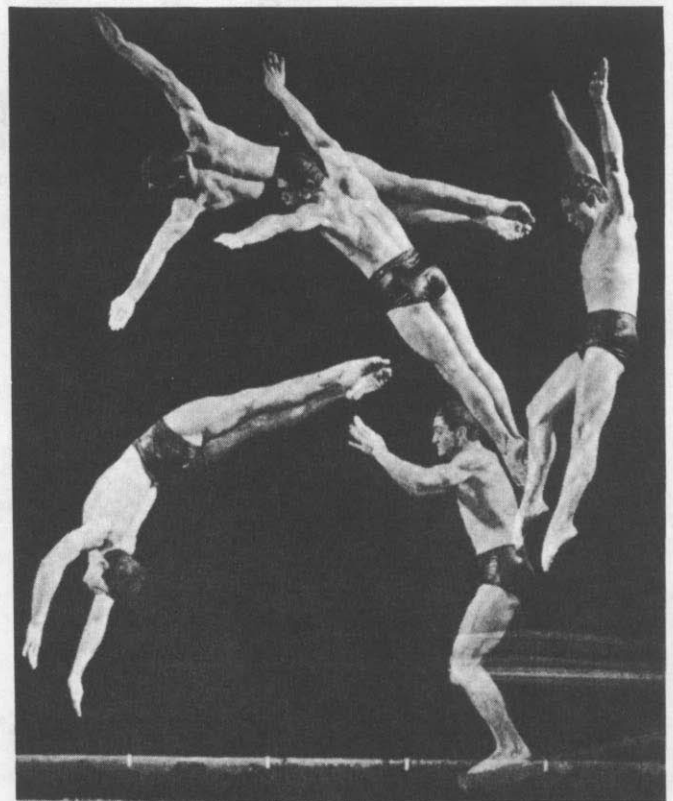
Opdracht 1:

- Teken de baan van het stuitende balletje op blz. 45.
- Waar is de snelheid het grootst?

Opdracht 2:

De man op de foto hier naast neemt een frisse duik.

Teken in één figuur de baan van zijn linkerhand en zijn rechterschoet.

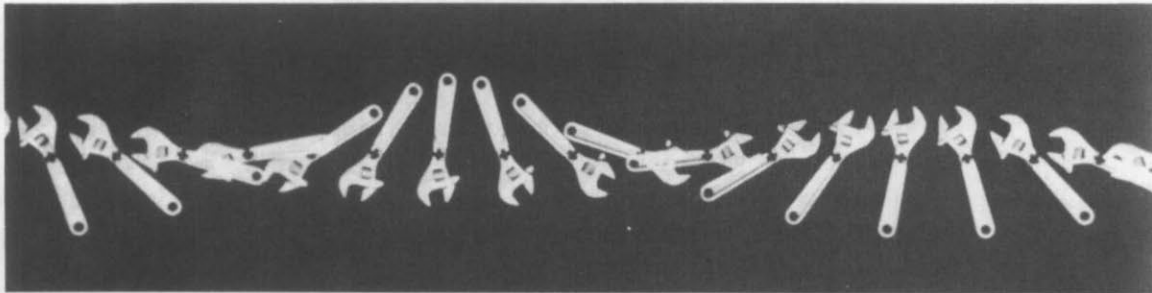




Opdracht 3:

Op de foto hieronder zie je de beweging van een baco (verstelbare steeksleutel). De beweging is ontstaan door de baco op een gladde tafel te leggen en een duw te geven.

De tijd tussen 2 lichtflitsen is $1/30$ s.



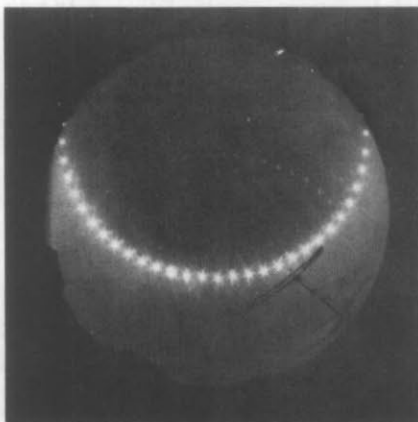
Op de baco is steeds hetzelfde punt aangegeven met een zwart kruisje.

- Teken de baan van het aangegeven punt
- Vergelijk de snelheden van het punt op verschillende momenten. Is de snelheid konstant?

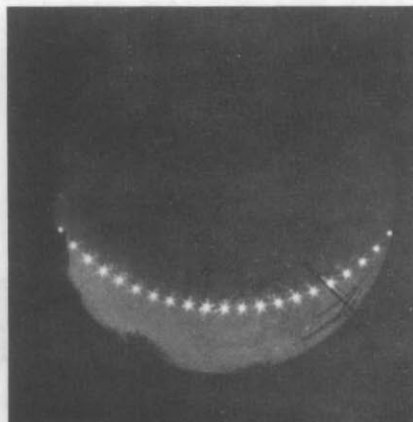
Het punt dat met een zwart kruisje is aangegeven is het zwaartepunt. Je kwam het begrip zwaartepunt al tegen in het thema „Bruggen”.

Opdracht 4:

Hieronder vind je drie stroboscopische foto's van een langzame beweging: de beweging van de zon langs de hemel. De foto's werden gemaakt door ieder half uur de sluitertijd van een camera $1/500$ s of $1/1000$ s open te zetten.



Baan van de zon op 6 juli 1975

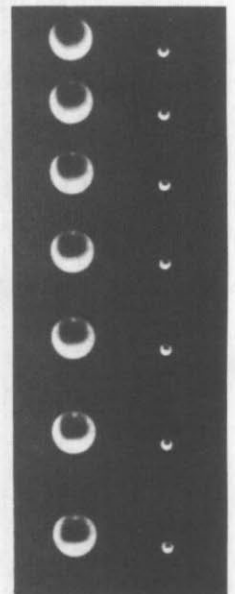


Baan van de zon op 20 maart 1976



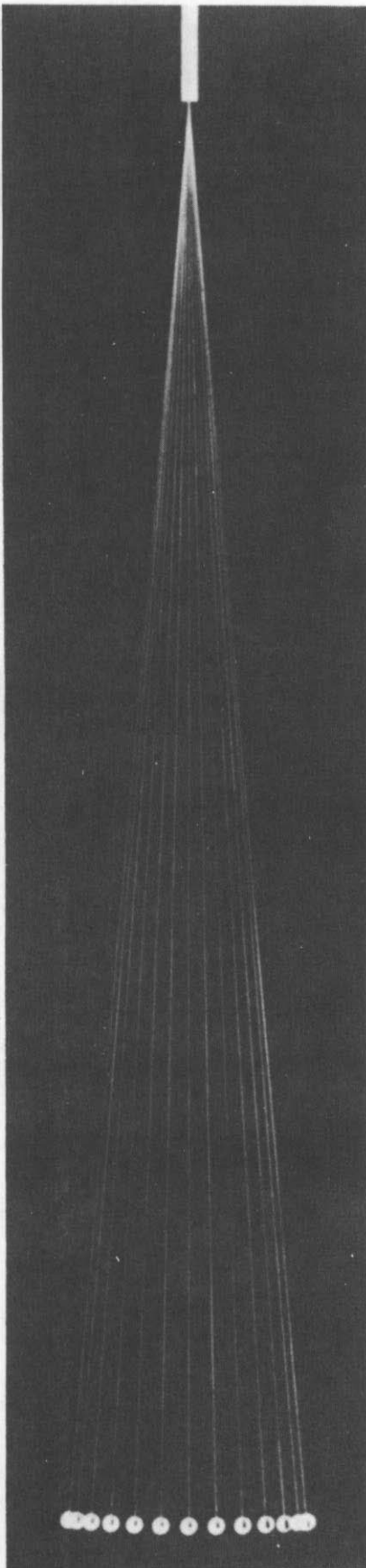
Baan van de zon op 29 december 1976

- Teken de baan van de zon voor elke foto.
- Hoeveel uur duurt de dag op 6 juli 1975 langer dan op 29 december 1976?



Opdracht 5:

De stroboscopische foto hiernaast toont twee vallende balletjes. De ene bal is veel zwaarder dan de andere. Welke bal valt het snelst?



Opdracht 6:

Op de foto hiernaast zie je een bal, die hangt aan een lang touw. De bal werd eerst vastgehouden in de meest linkse stand op de foto. Daarna werd de bal losgelaten. De beweging werd vastgelegd op een stroboscopische foto.

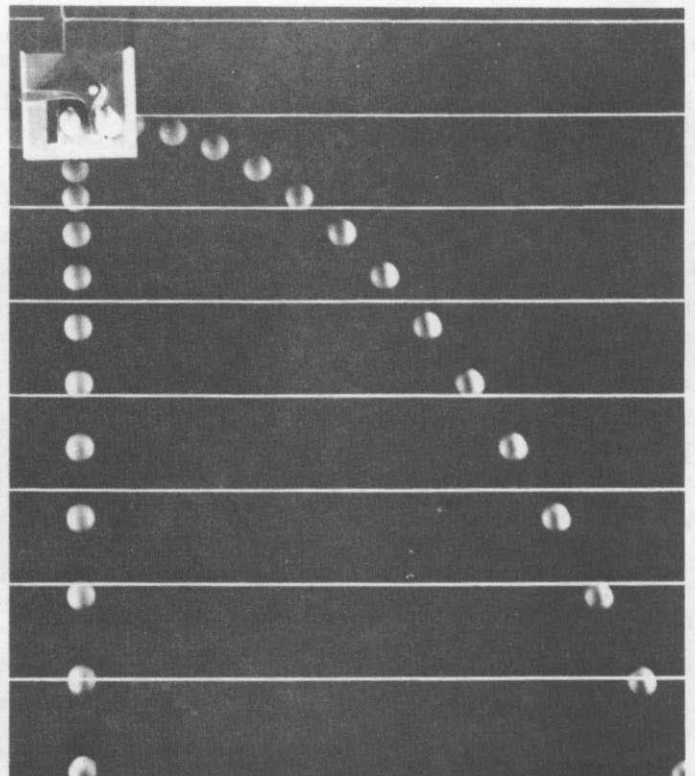
Waar is de snelheid van de bal het grootst?

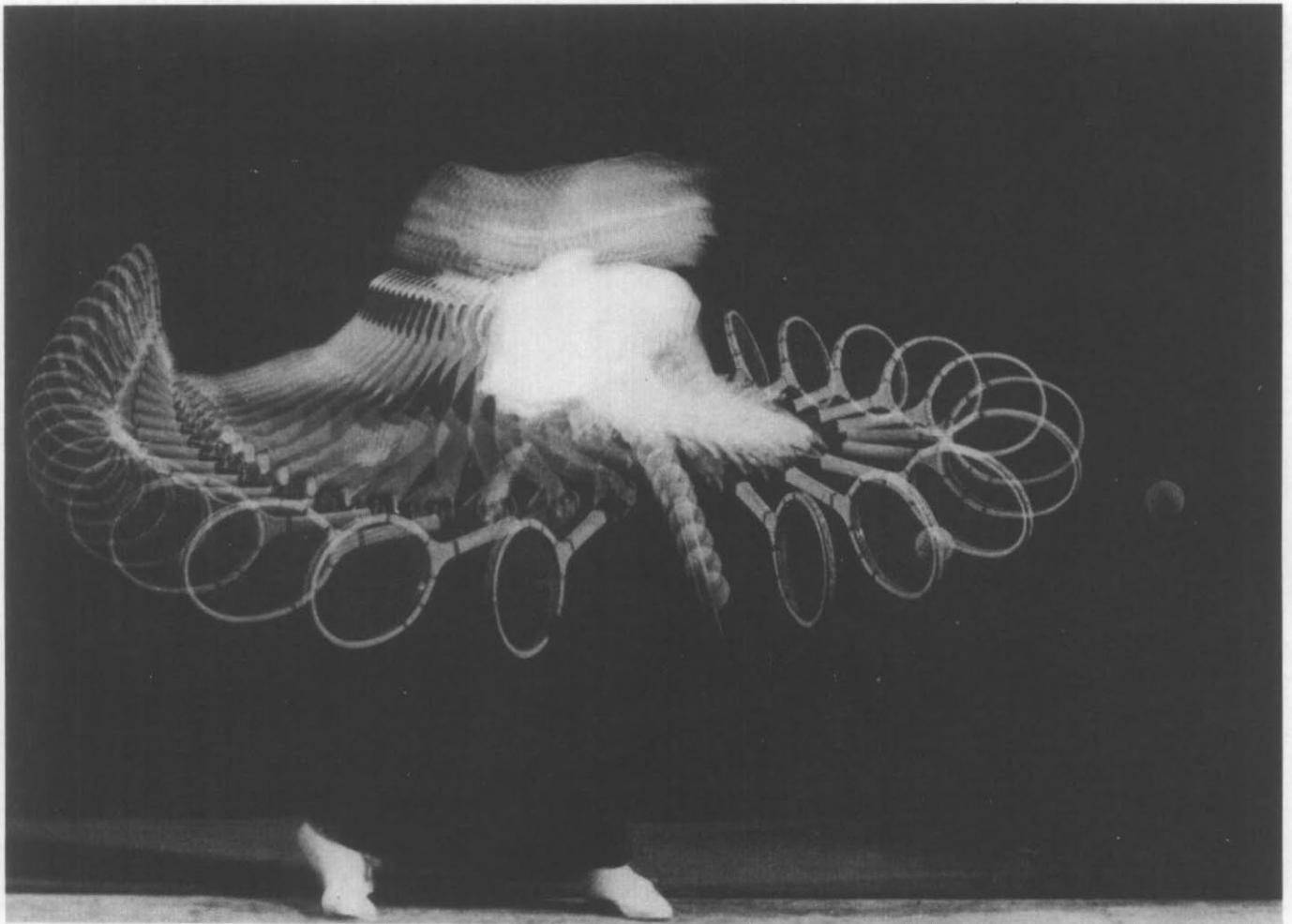
Deze beweging noemt men een trilling.

Opdracht 7:

Het apparaat op de foto hieronder schiet een balletje weg in horizontale richting. Tegelijkertijd laat het een ander balletje vallen. De tijd tussen twee lichtflitsen bedraagt $1/30$ s. De afstand tussen twee strepen is 15 cm.

- Teken de baan van beide balletjes.
- Bereken de gemiddelde snelheid van de beide balletjes tussen de laatste twee lichtflitsen.
- Welk balletje valt het eerst op de grond?





Stroboscopische opname van een tennisser

Opdracht 8:

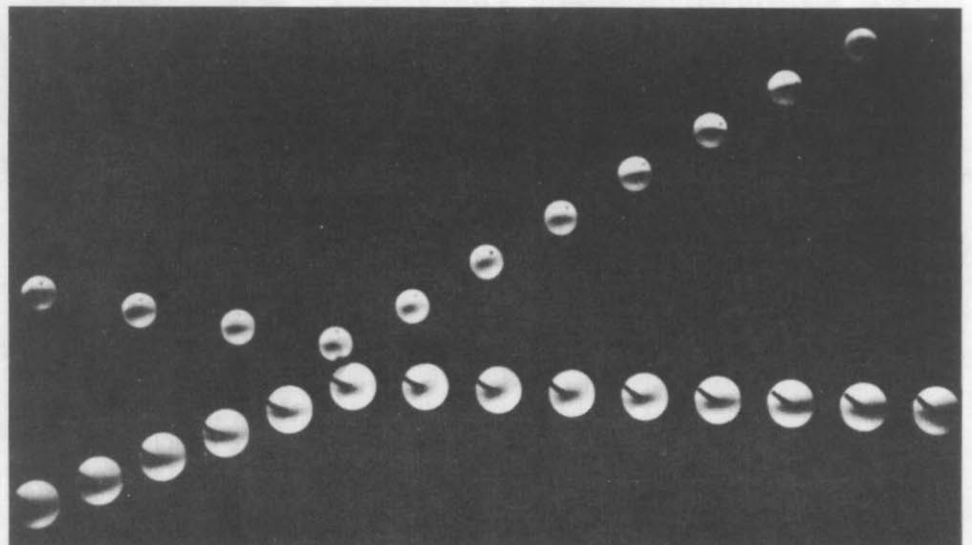
Stroboscopische opname van een tennisser. De tennisser is 1.80 m lang. De tijd tussen twee lichtflitsen bedraagt $1/60$ s.

- Waar is de snelheid van het tennistracket het grootst?
- Bereken de snelheid die de bal krijgt.

Opdracht 9:

De foto hiernaast is een stroboscopische opname van een botsing tussen twee balletjes. De balletjes bewegen op de foto van links naar rechts.

- Teken de baan van de balletjes
- Beschrijf wat er gebeurt met de snelheid en de bewegingsrichting van de balletjes door de botsing.



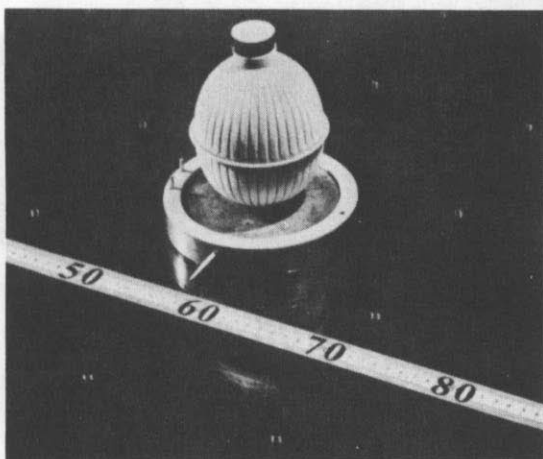


Foto 1 Opdracht 11:

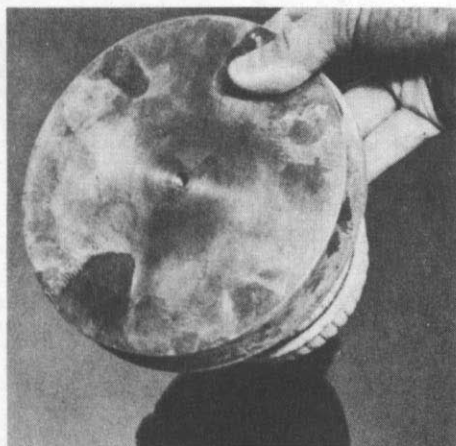


Foto 2

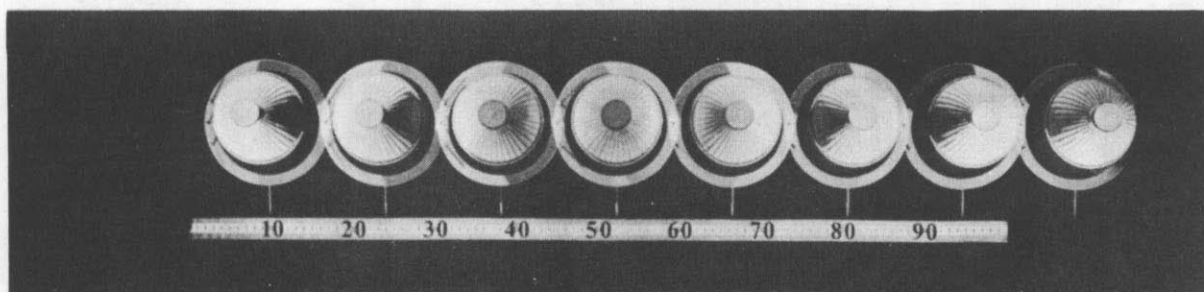
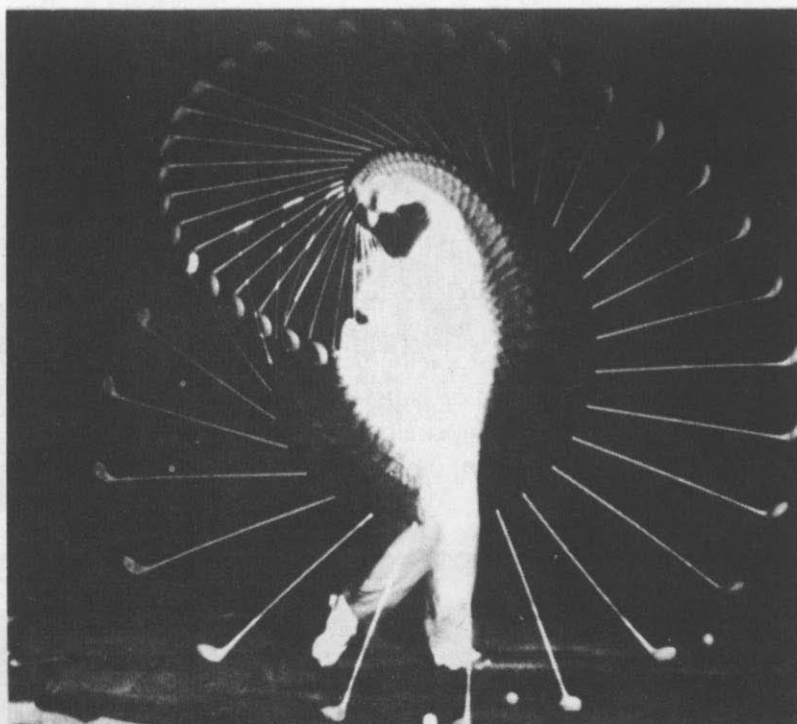


Foto 3



Opdracht 10:

Stroboscopische opname van een golfspeler. De tijd tussen twee lichtflitsen bedraagt $1/60$ s.

De golfspeler is 2 meter lang.

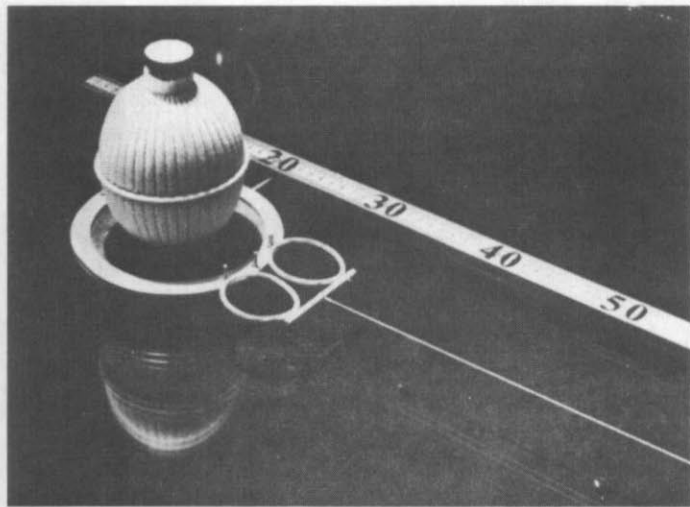
- Bereken de snelheid die de bal krijgt.
- Hoe lang is de tijd, waarover we de beweging kunnen volgen?
- Hoe lang duurt het contact van de bal met de stok maximaal?

Het voorwerp op foto 1 is zo gemaakt dat het heel gemakkelijk over een glasoppervlak glijdt. Binnenin zit een koolzuurgas-cylinder. Het koolzuurgas kan eruit komen door een gaatje in de bodem (dat zie je op foto 2). Het voorwerp beweegt dus eigenlijk vlak boven de glasplaat, net zo als een luchtkussen-voertuig (hoovercraft) zich vlak boven de weg of vlak boven water beweegt.

Foto 3 is een stroboscopische opname van het voorwerp, nadat het een duw heeft gekregen. De foto werd van bovenaf genomen. De tijd tussen 2 lichtflitsen bedroeg $0,4$ s. De schaal op de foto is in cm.

- Bereken de snelheid van het voorwerp.
- Is de snelheid konstant? Hoe zie je dat?

Foto 4



Opdracht 12:

Het voorwerp uit opdracht 11 kan ook worden voortgetrokken over een glasplaat (zie foto 4). Op foto 5 is dat vastgelegd. De tijd tussen twee lichtflitsen is 0,4 seconde; de schaal is in cm.

- Bereken de gemiddelde snelheid van het voorwerp tussen de eerste en de laatste opname.
- Bereken de gemiddelde snelheid tussen twee opeenvolgende opnamen in elk van de vijf gevallen.

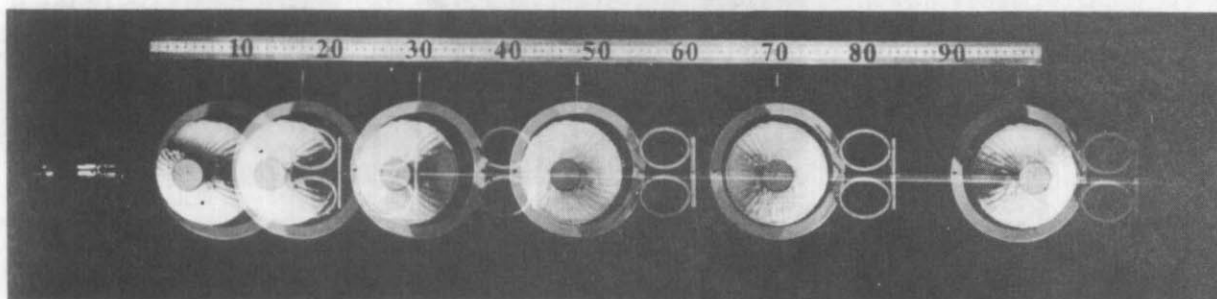


Foto 5

Opdracht 13:

Op foto 7 is een cirkelvormige beweging vastgelegd van het voorwerp uit opdracht 11. De opstelling waarmee de foto werd gemaakt zie je op foto 6. De lichtstroboscopen geven een lichtflits om de 0,4 seconde. De schaal links op de tafel is in cm.

De bewegingsrichting van het voorwerp is met de wijzers van de klok mee. Het voorwerp zit met een touwtje vast aan een as. Wanneer het voorwerp op de plaats boven in foto 7 is gekomen, wordt het touwtje doorgebrand.

- Bereken de omwentelingssnelheid van het voorwerp.
- Het voorwerp beschrijft een cirkel met een omtrek van 3 m. Bereken de snelheid met behulp van de omwentelingssnelheid.

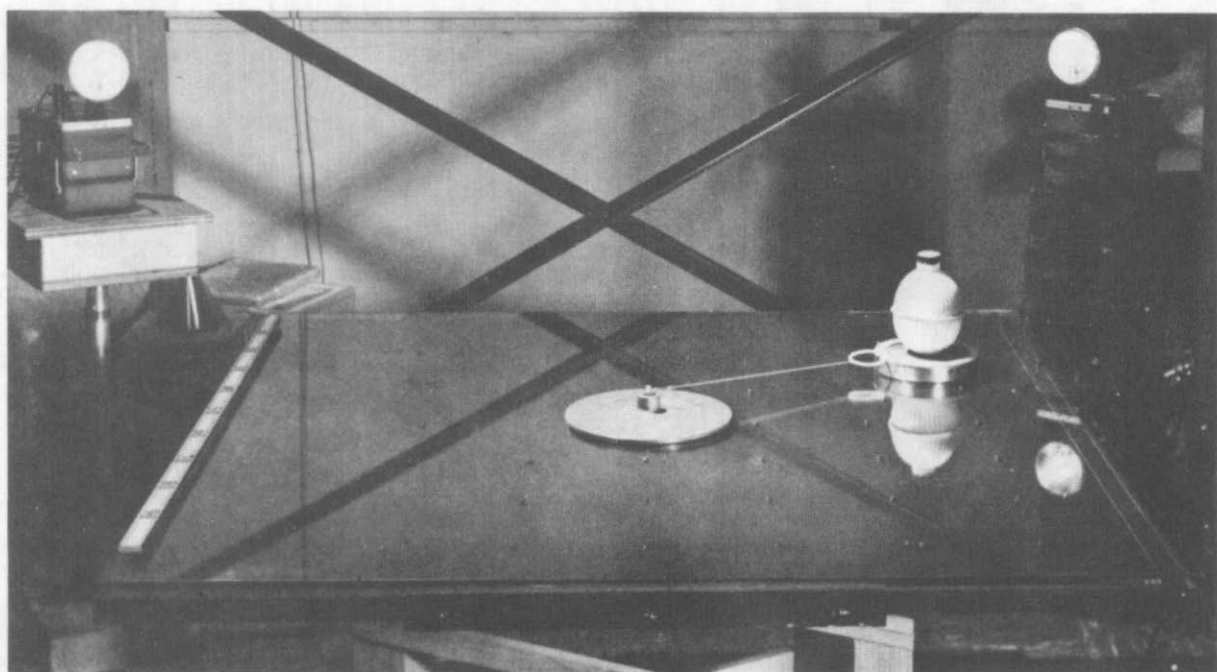


Foto 6

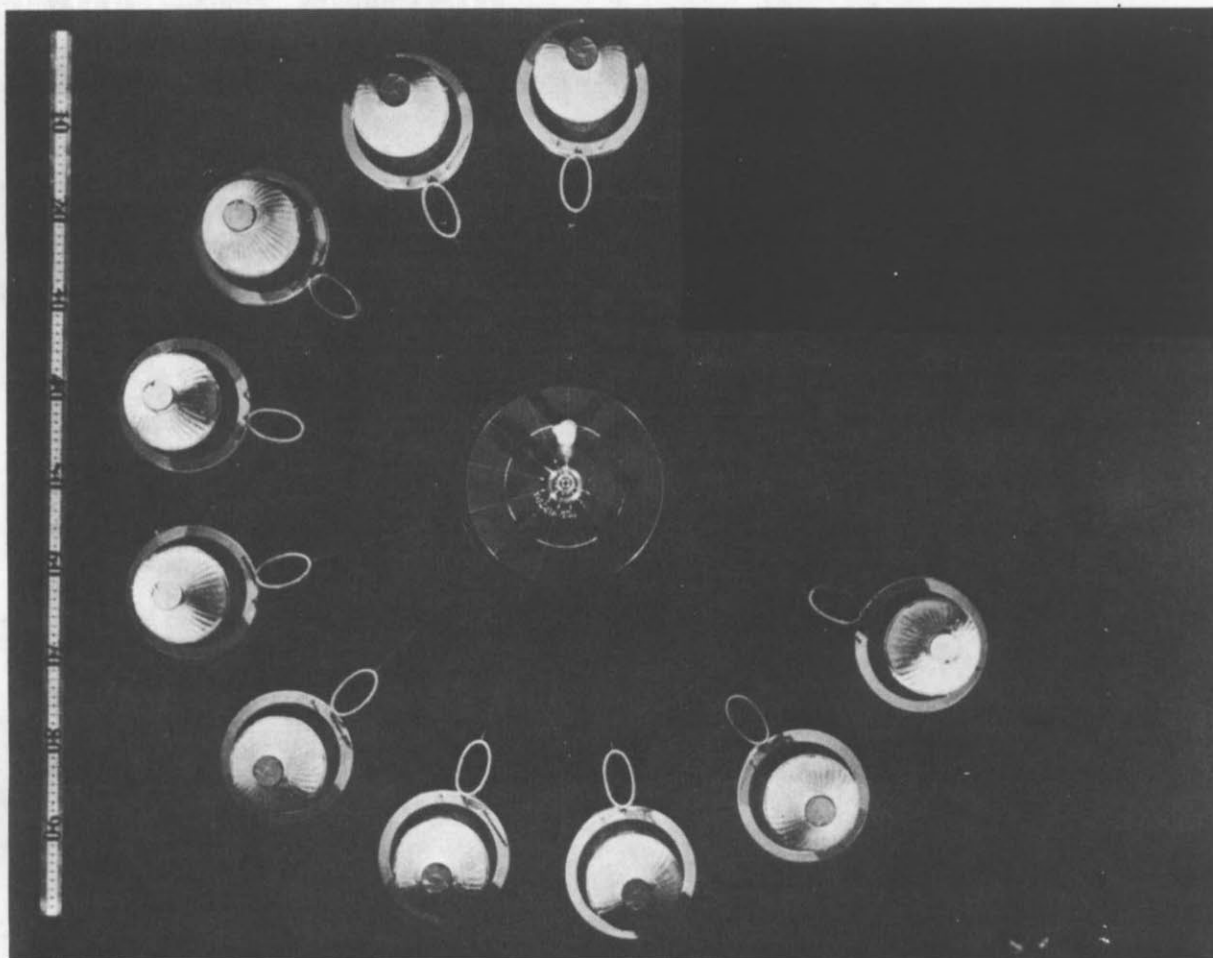
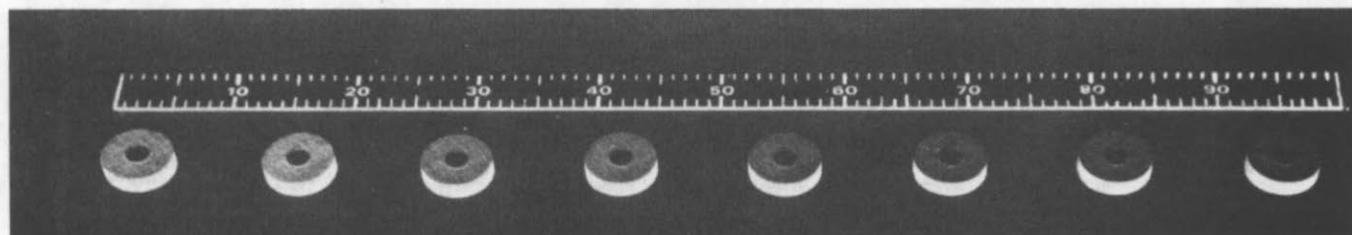
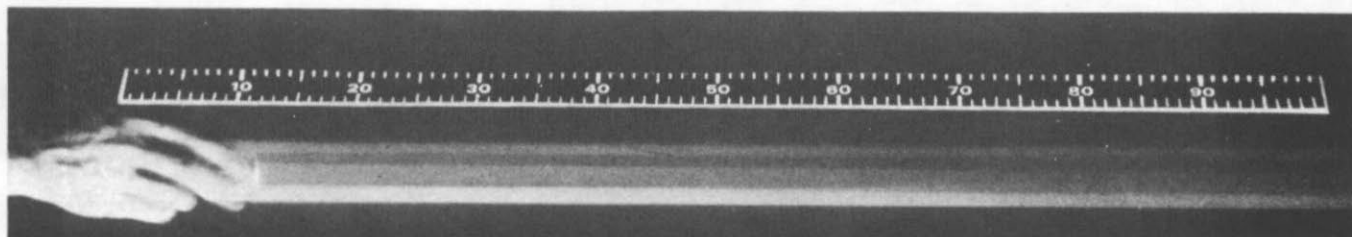


Foto 7

- c. Bereken de snelheid van het voorwerp ook uit de foto. Vergelijk de gevonden waarde met b.
- d. Doe een voorspelling over de richting waarin het voorwerp wegvliegt en de snelheid waarmee dat gebeurt, na het doorbranden van het touwtje.
- e. Vergelijk je voorspellingen met de foto op blz. 130.

Opdracht 14:

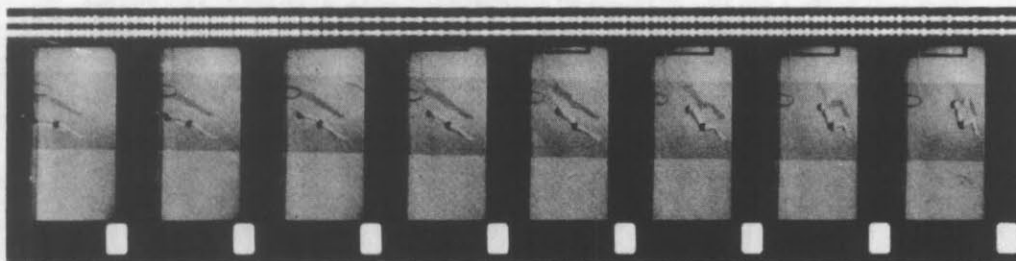
De foto's hieronder tonen de beweging van een schijf. De schijf beweegt van links naar rechts op de foto. Welke voordelen biedt de stroboscopische foto boven de andere opname (grote sluitertijd)?





Met films kun je bewegingen onderzoeken. Dat is vooral erg handig bij erg snelle en erg langzame bewegingen. In dit onderzoek bepaal je snelheden van bewegingen die op film of video zijn vastgelegd. Van aparte beeldjes uit de film zijn losse opnamen beschikbaar waaraan je nauwkeurig kunt meten.

1. Vraag een serie opeenvolgende opnamen van een beweging aan je leraar
2. Voer de opdrachten van de bijbehorende instructie uit



Snelheid te hoog

(Van een onzer verslaggevers)

UTRECHT — De Utrechtse politie wil strenger optreden tegen overtreders van de maximumsnelheid. Bij een dinsdag gehouden controle op diverse punten in de stad bleek dat veel te hard werd gereden. Dat was vooral op het Eykmanplein het geval.

Op de kruising Janskerkhof-Drift werden in twee uur tijds 23 processen-verbaal opgemaakt wegens het rijden in verboden richting en het rijden door rood licht.

In het basisdeel heb je geleerd dat je de gemiddelde snelheid op de volgende manier kunt berekenen:

$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{de afgelegde weg}}{\text{de tijd die daarvoor nodig is}}$$

Daarvan maak je gebruik bij het meten van snelheden. Snelheden bepalen is bijvoorbeeld van belang voor het controleren van maximum snelheden.

Voor de afgelegde weg kies je een meettraject waarvan je de lengte kent of bepaalt. Met een stopwatch (of een horloge met secondewijzer) meet je de tijd die nodig is om het meettraject af te leggen.

Op deze manier kun je de snelheid meten van auto's, fietsers, voetgangers en treinen. Elk van de volgende proeven kun je apart uitvoeren en dus ook uitkiezen.

Proef 1: snelheidscontrole

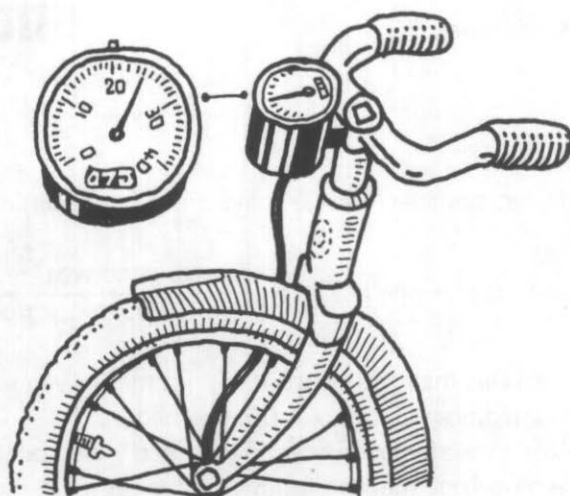
Rijden automobilisten vaak te hard? Je kunt controleren of automobilisten op een bepaald stuk weg te hard rijden. *Denk wel steeds aan je eigen veiligheid!*

1. Kies een recht stuk weg waar, volgens jou vaak te hard gereden wordt.
Bijvoorbeeld:
 - aan het begin van de bebouwde kom (maximum snelheid 50 km/h).
 - bij stoplichten in de bebouwde kom (maximum snelheid 50 km/h; men rijdt vaak daar harder om nog net het stoplicht te halen).
 - op de provinciale weg (maximum snelheid 80 km/h).
2. Kies een meettraject van 50 tot 100 m, waarover je de gemiddelde snelheid gaat bepalen. Bijvoorbeeld
 - de afstand tussen 2 lichtmasten
 - de afstand tussen 2 bomen
 - de afstand tussen 2 hectometerpaaltjes
3. Meet de afstand tussen begin en eind van het meettraject.
4. Meet de tijd die de auto nodig heeft om de gekozen afstand af te leggen en schrijf die op.



De groep op de foto meet de snelheid van auto's op de volgende manier: een persoon staat aan het begin van het meettraject en zwaait met een doek als de voorkant van de auto passeert. De ander staat aan het eind van het meettraject. Hij meet met een stopwatch (of met een horloge met secondewijzer) de tijd tussen het zwaaien met de doek en het moment dat de voorkant van de auto het eind van het meettraject passeert, en noteert deze in zijn schrift.

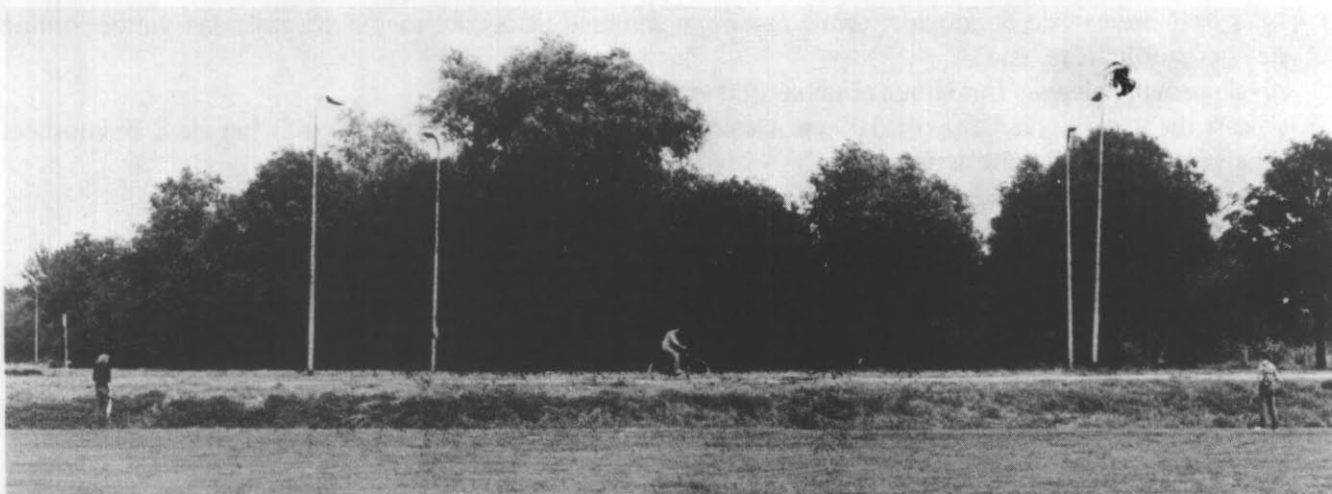
5. Bereken de snelheid van de auto. Reed de auto te hard?
6. Herhaal de snelheidscontrole voor andere auto's.



Proef 2: een snelheidsmeter ijken

Op sommige fietsen en bromfietsen zit een snelheidsmeter. In deze proef ga je onderzoeken of hij betrouwbaar aanwijst. (doe proef 6 als je geen snelheidsmeter op je fiets hebt zitten)

1. Kies een meettraject van 20 tot 40 m lengte. Bijvoorbeeld:
 - de afstand tussen 2 verkeersborden of lichtmasten.
 - de afstand tussen 2 bomen.
 - de afstand tussen 2 strepen op de weg.
2. Meet de afstand tussen begin en eind van het meettraject.
3. Meet de tijd die de fiets of brommer nodig heeft om de gekozen afstand af te leggen en schrijf die op.



De groep op de foto meet de snelheid van de fiets op de volgende manier:

een persoon fietst en leest de snelheidsmeter af. Hij fietst zo goed mogelijk met een konstante snelheid. Een ander staat aan het begin van het meettraject en zwaait met een doek als de voorband van de fiets passeert. De derde staat aan het eind van het meettraject. Hij meet met een stopwatch (of met een horloge met secondewijzer) de tijd tussen het zwaaien van de doek en het moment dat de voorband van de fiets het eind van het meettraject passeert. Hij noteert deze tijd in een schrift.

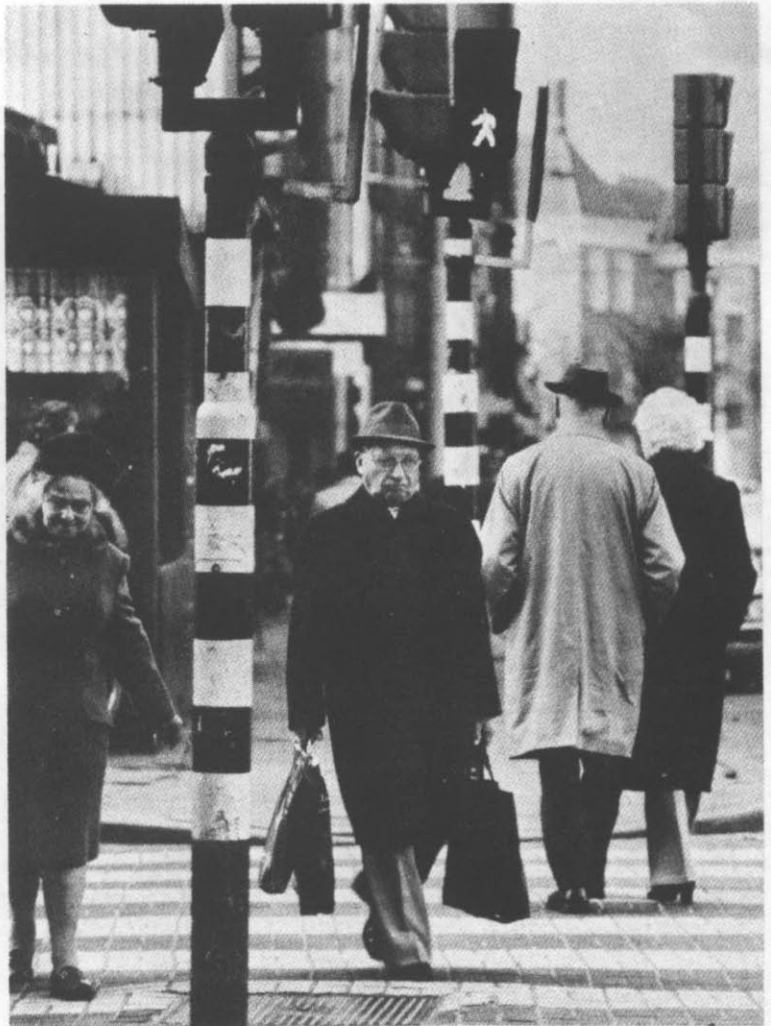
4. Noteer de snelheid die de fietser op zijn meter aflas.
5. Bereken de snelheid van de fietser en vergelijk de uitkomst met de waarde die de snelheidsmeter aangaf.
6. Herhaal de metingen bij verschillende snelheden van de fietser.



Proef 3: een veilige voetgangersoversteekplaats
Voetgangersoversteekplaatsen zijn vaak voorzien van voetgangerslichten en stoplichten voor het overige verkeer.

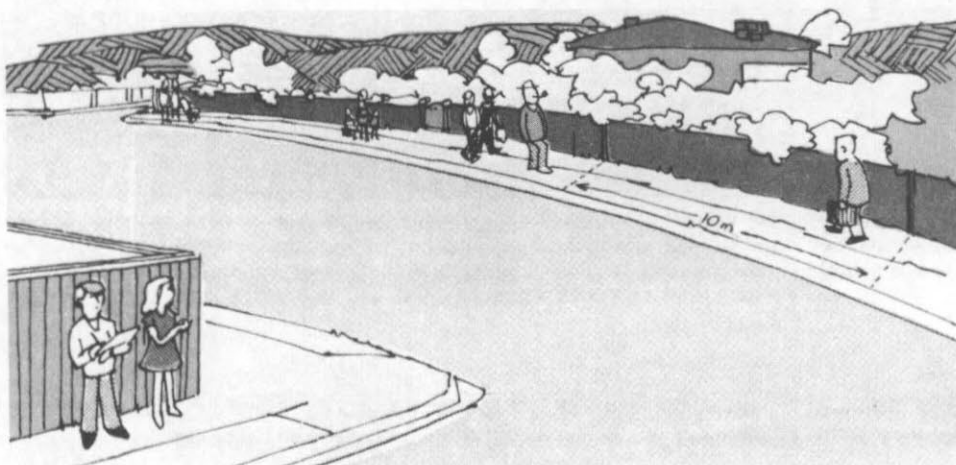
Een voetganger die de oversteekplaats oploopt bij groen voetgangerslicht moet de overkant kunnen halen voordat het overige verkeer de oversteekplaats oprijdt. Dit geldt met name voor de kwetsbaarste verkeersdeelnemers, zoals bejaarden of moeilijk lopende voetgangers. Bij deze proef ga je na of de overstekende voetgangers voldoende tijd wordt gegund.

Eerst bepalen we de snelheid van voetgangers op een normaal stuk voetpad. Daar voelen ze zich niet opgejaagd door een op rood springend voetgangerslicht of ongeduldige automobilisten en bromfietzers.



A.: de snelheid van voetgangers

1. Kies een meettraject van 5-20 m, waarover je de gemiddelde snelheid van voetgangers gaat bepalen. Neem een plaats waar de voetgangers „gewoon” doorlopen zonder te stoppen bij winkels of voetgangerslichten.
2. Meet de afstand tussen begin en eind van het meettraject.
3. Meet de tijd die een voetganger nodig heeft om de gekozen afstand af te leggen. Doe je metingen onopvallend; anders beïnvloed je de metingen misschien of voelen de mensen zich opgelaten.
4. Bereken de snelheid van de voetganger.
5. Herhaal de metingen bij andere voetgangers. Besteed speciaal aandacht aan de kwetsbare groepen.





B.: de oversteekplaats

6. Meet de lengte van de oversteekplaats waarvan je de veiligheid wilt beoordelen.

Denk hierbij aan je eigen veiligheid!



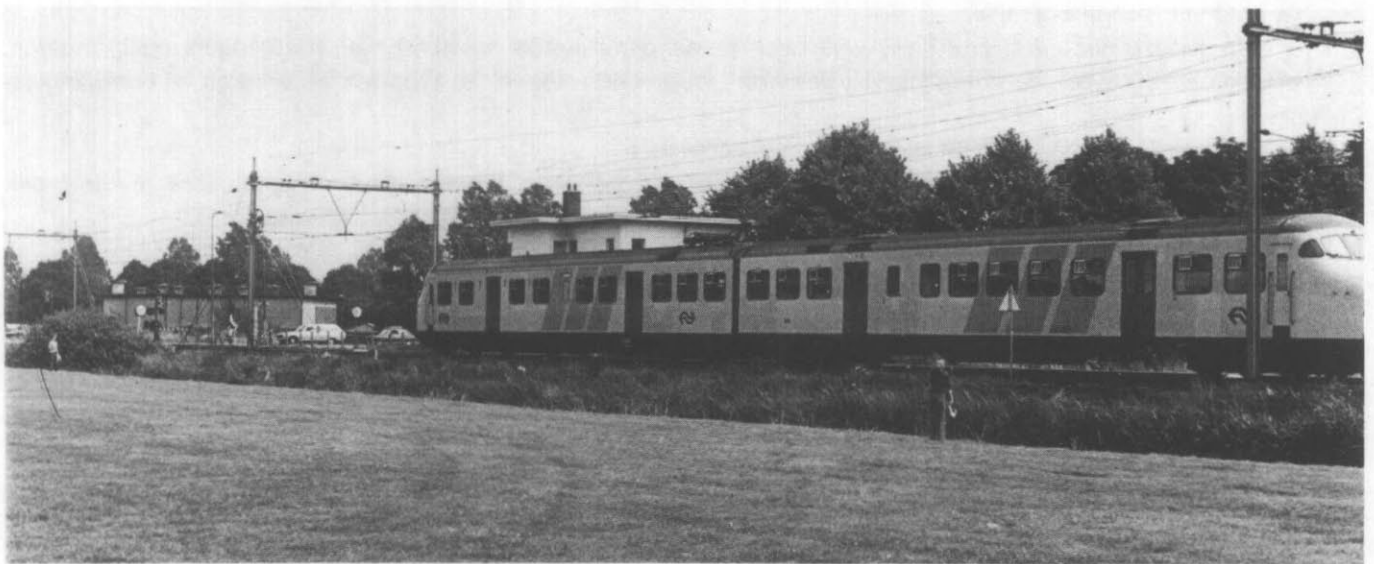
Eerst op de knop drukken, dan pas meten



Het opmeten van de lengte van een voetgangersoversteekplaats
Denk om je eigen veiligheid!

7. Bereken de tijd die de langzaamste voetganger uit je metingen bij punt 5 nodig heeft om de oversteekplaats over te steken
8. Meet de tijd die verloopt tussen het op rood springen van het voetgangerslicht en het op groen springen van het verkeerslicht voor het verkeer dat de oversteekplaats kruist.*
Is de tijd lang genoeg?

Proef 4: de snelheid van een trein



De groep op de foto meet de snelheid van de trein op de volgende manier: de persoon rechtsvoor zwaait met de doek als de voorkant van de trein het portaal van de bovenleiding passeert. Op dat moment drukt de ander (linksachter) een stopwatch in. Hij staat bij het volgende portaal en drukt de stopwatch weer in als de voorkant van de trein het portaal passeert waar hij bij staat. Deze tijd noteert hij in zijn schrift.

* bij sommige oversteekplaatsen gaat het groen licht eerst knipperen voordat het op rood springt. Meet dan ook de tijd die verloopt tussen het gaan knipperen van het voetgangerslicht en het op groen springen van het verkeerslicht voor het verkeer dat de oversteekplaats kruist.

De portalen van de bovenleiding van een spoorweg staan langs de rechte stukken op een afstand van ongeveer 70 m van elkaar. Dat kun je gebruiken om de snelheid van een trein te meten.

Zoek een plaats waar de openbare weg en de spoorlijn naast elkaar lopen; kom niet op de spoorlijn of vlak erlangs. Denk om je eigen veiligheid!

Langs de spoorlijn:

1. Bepaal de snelheid van een trein op de manier van proef 1.
2. Bereken de gemiddelde snelheid van de trein tussen het station waar de trein het laatst stopte en het volgende station met gegevens uit een spoorboekje.
3. Vergelijk de beide snelheden.

In de trein:

1. Bepaal de snelheid van een trein. Doe dit door de tijd te meten die ligt tussen het „langs komen” van twee (of meer) portalen van de bovenleiding.
2. Bepaal de gemiddelde snelheid tijdens je treinreis. De afgelegde afstand vind je in een spoorboekje.
3. Vergelijk de beide snelheden.



Proef 5: de gemiddelde snelheid van een rijdende bus

Tijdens een bustocht staat de bus vaak stil, bijvoorbeeld bij een halte of voor het oprijden van een drukke voorrangsweg. Daardoor is de gemiddelde snelheid veel lager dan de snelheid die de bus kan halen. In dit onderzoek vergelijken we de gemiddelde snelheid van de rijdende bus (zonder oponthoud) met de gemiddelde snelheid tussen de halte waar je instapt en de halte waar je er weer uitgaat. Bovendien ga je na welke maatregelen er genomen kunnen worden om de reistijd te bekorten.

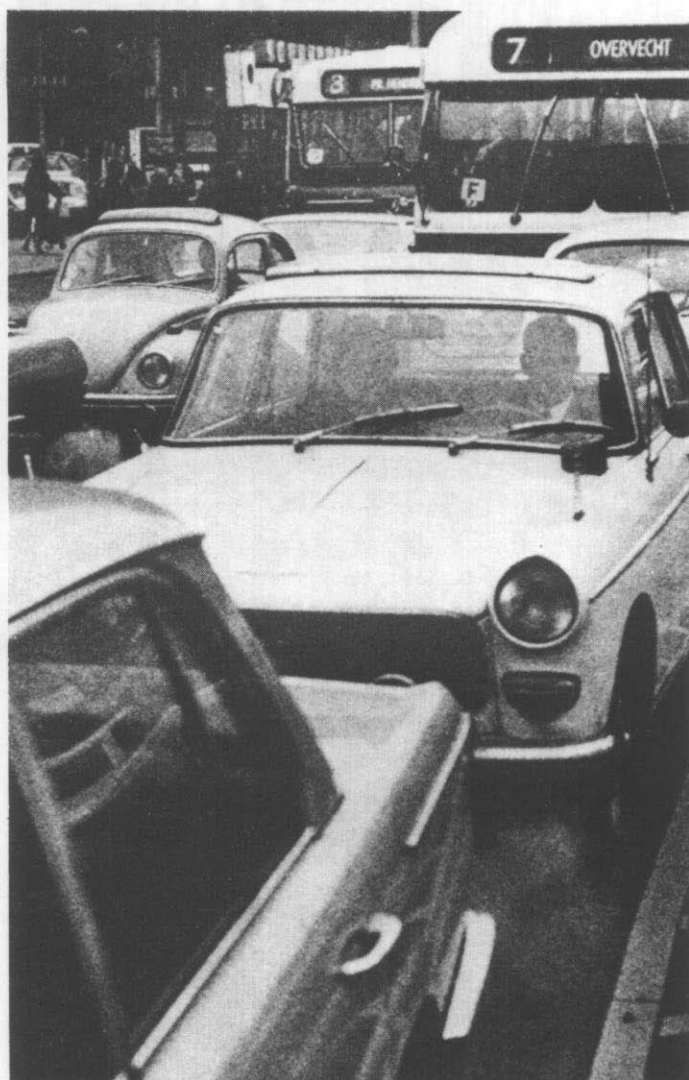


1. Noteer bij het instappen de kilometerafstand van de bus. Leg de chauffeur uit waarom je dat doet en vraag hem of je bij het uitstappen de kilometerafstand weer mag noteren.
2. Noteer de vertrektijd van de bus.
3. Noteer de duur van elk oponthoud onderweg.



DATUM	
VERTREK	KM. STAND
AANKOMST	KM STAND
REISTIJD	AFSTAND
OPONTHOUD	TIJD
bushalte busstation	40 sec.
oprijden provinciale weg	30 sec.
stoplicht	35 sec.
bushalte Emmakliniek	1 min.
Willemsbrug	3 min. 20 sec.

- Noteer bij het uitstappen de aankomsttijd en de kilometerstand van de bus.
- Bereken de tijd die de bus werd opgehouden.
- Bereken de gemiddelde snelheid van de bus over het totale traject.
- Bereken de gemiddelde snelheid van de rijdende bus en vergelijk die met de gevonden snelheid bij 6.
- Doe nauwkeurige aanbevelingen om de gemiddelde snelheid over het totale traject dichterbij de gemiddelde snelheid van de rijdende bus te krijgen.



Proef 6: meten hoe snel je fietst



Als je snel fietst maken je trappers meer omwentelingen per minuut dan bij lage snelheid (in dezelfde versnelling). Je kunt je snelheid te weten komen in km/uur door het aantal omwentelingen van je trappers te tellen in een bepaalde tijd. In deze proef ga je bepalen hoe lang die tijd is.



1. Bepaal eerst de afstand (in meters) die je fiets aflegt bij 1 omwenteling van de trappers* (zonder uit te rijden of te slippen).

Een nauwkeurige manier om dit te doen is de volgende: tel het aantal omwentelingen als je een bekende afstand aflegt; bijvoorbeeld de 100 m tussen twee hektometerpaaltjes langs de weg.

Bereken daaruit de afstand die je aflegt bij 1 omwenteling.

2. Vermenigvuldig de waarde van de afstand die je gevonden hebt met 3,6. De uitkomst geeft het aantal seconden waarin je trappers evenveel omwentelingen maken als je snelheid is in km/uur.

Als je bij 1. voor de afstand 5 m hebt gevonden, dan krijgt je dus $3,6 \times 5 = 18$.

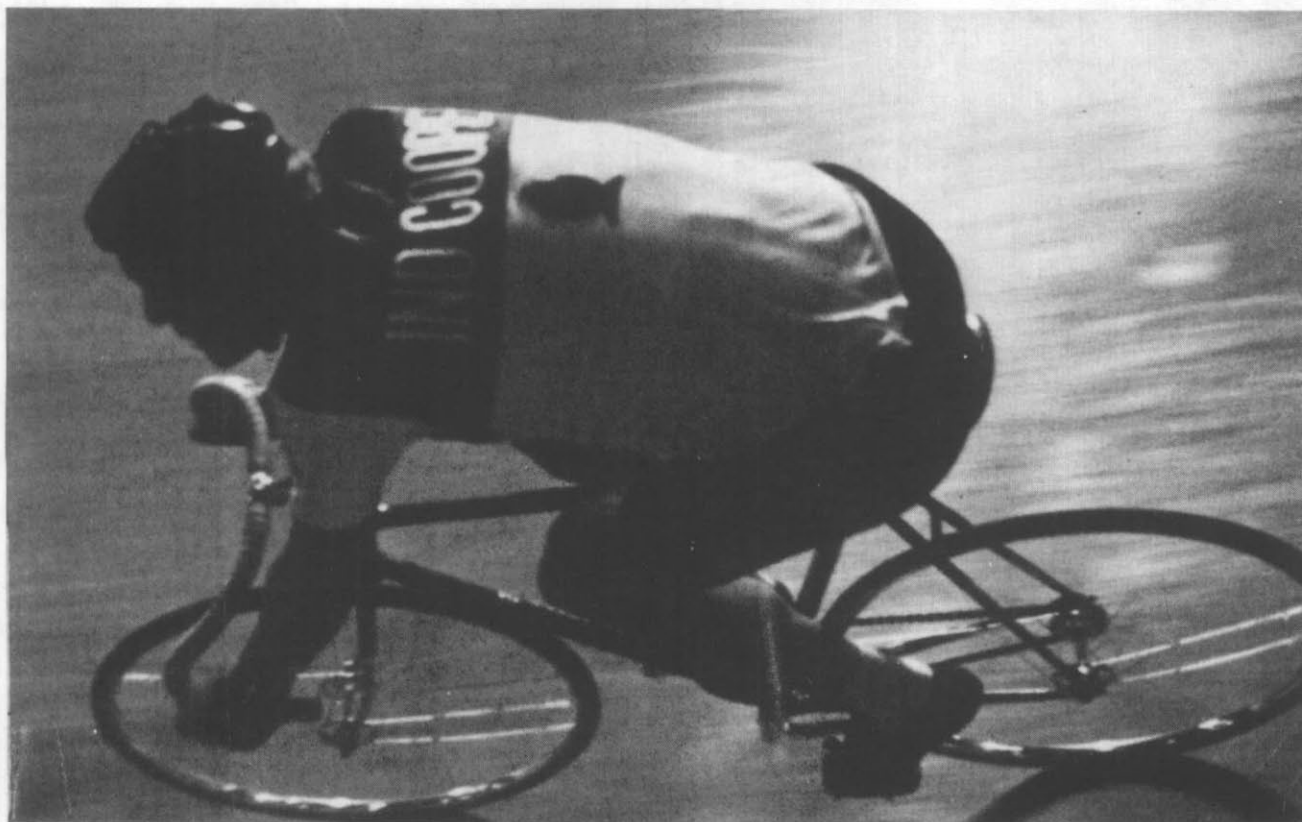
Dat betekent dat je het aantal omwentelingen van je trappers moet tellen in 18 seconden; je weet dan meteen je snelheid in km/uur. Waarom dat zo is staat op de volgende bladzijde.

3. Controleer het resultaat van deze proef op de manier van proef 2 op blz. 96.

* bij een fiets met versnelling of derailleur vind je in iedere stand van de versnelling een andere waarde.



De afstand die de fiets aflegt bij 1 omwenteling van de trappers, hangt af van de stand van de derailleur.



Hieronder kun je lezen hoe het komt dat je zo de snelheid in km/uur kunt bepalen.

Je rijdt bijvoorbeeld 15 km/uur en je fiets legt 5 m af per omwenteling van de trappers. De tijd waarover je het aantal omwentelingen van de trappers moet tellen is dan $3,6 \times 5 = 18$ seconden.

In een uur leg je 15.000 m af; dat zijn 3000 omwentelingen van de trappers. Per seconde zijn dat $\frac{3000}{3600} = \frac{5}{6}$ omwentelingen van de trappers.

In 18 seconden draaien de trappers dus $18 \times \frac{5}{6} = 15$ maal rond.

Je vindt dus inderdaad je snelheid in km/uur door het aantal omwentelingen van de trappers in 18 seconden te meten.

Algemener:

Je rijdt a km/uur en je fiets legt per omwenteling van de trappers b m af. De tijd waarover je het aantal omwentelingen van de trappers moet tellen is dan $3,6 \times b$ s.

In een uur leg je $1000 \times a$ m af; dat zijn dus $\frac{1000 \times a}{b}$ omwentelingen van de trappers.

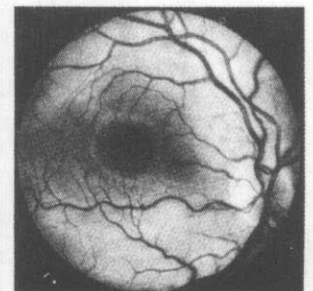
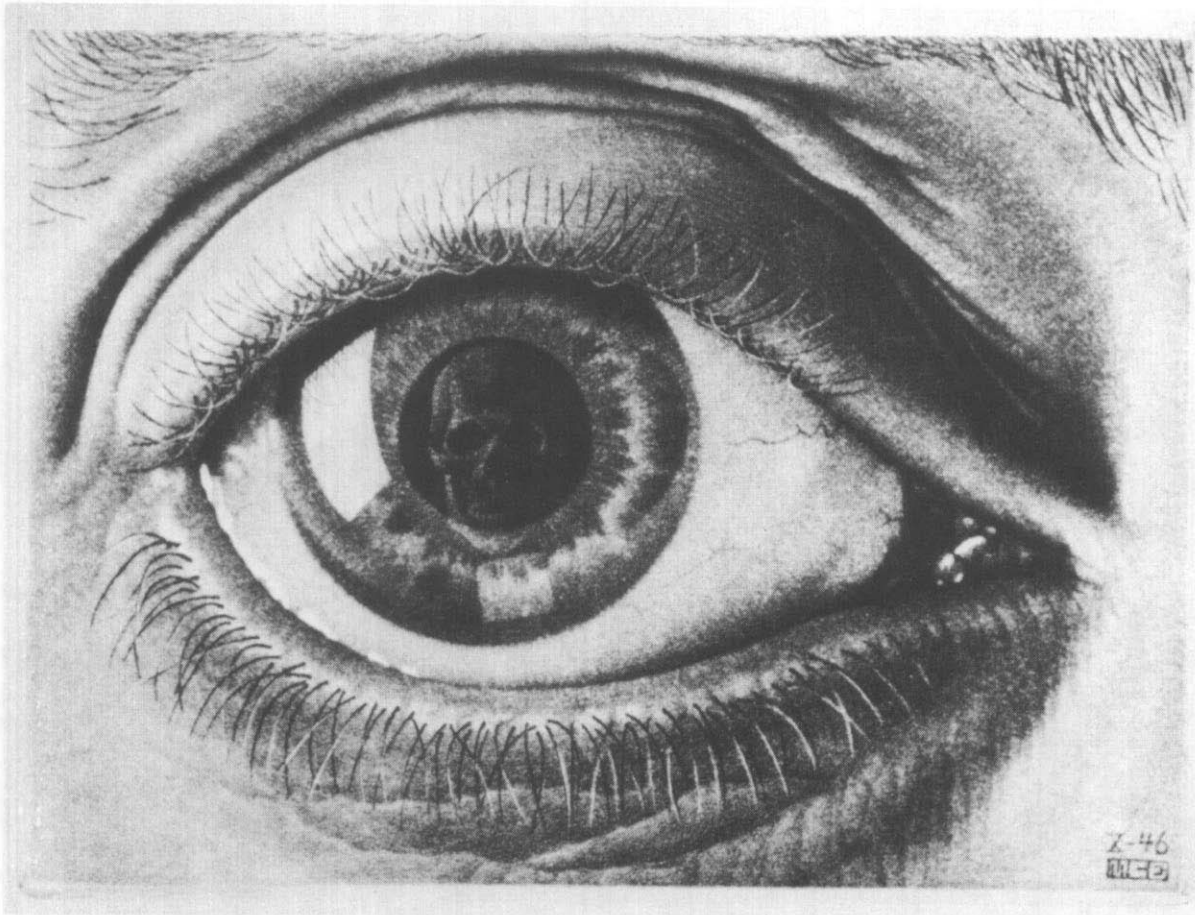
Per seconde zijn dat $\frac{1000 \times a}{3600 \times b} = \frac{a}{3,6 \times b}$ omwentelingen van de trappers.

In $3,6 \times b$ s draaiende trappers dus $3,6 \times b \times \frac{a}{3,6 \times b} = a$ maal rond.

Je vindt dus inderdaad je snelheid in km/uur door het aantal omwentelingen van de trappers te tellen in $3,6 \times b$ seconden.

inhoud leesteksten

1. Het oog	blz. 105
2. Oogafwijkingen	blz. 108
3. Lenzen om beter te kijken	blz. 112
4. Lenzen in projectoren	blz. 118
5. Voorwerpen zenden licht uit	blz. 122
6. De zonneshijnmeter	blz. 123
7. Objectieven	blz. 124
8. De scherptediepte-schaal	blz. 127
9. Het stuiterende kopje	blz. 128
10. Films ontwikkelen en filmgevoeligheid	blz. 131
11. Berekeningen controleren	blz. 134
12. De truuk van de supersnelle camera	blz. 139
13. Hoe snel?	blz. 142

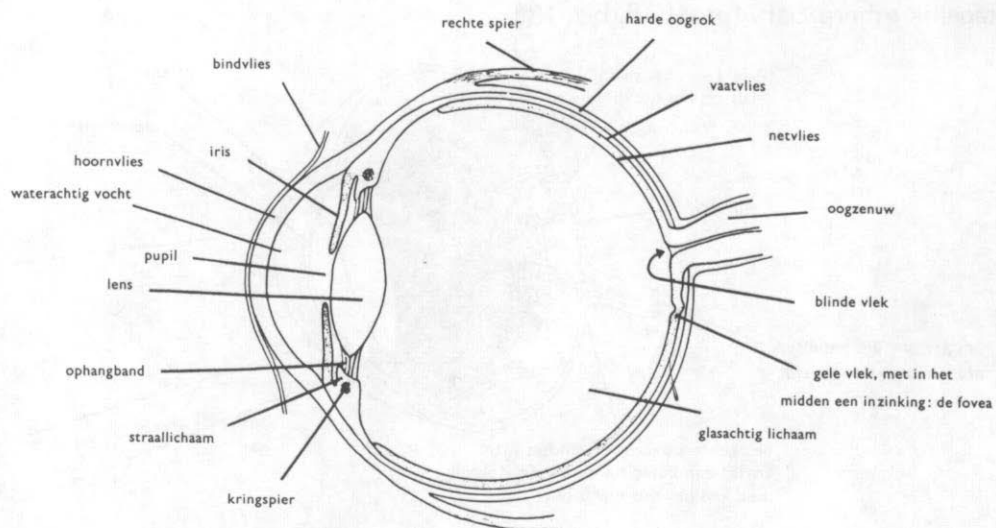


Het netvlies met bloedvaten en gele vlek (donkere plek midden)



Bouw van het oog

Als je iets ziet, komt er meestal licht in je oog.* Zie je scherp, dan beeldt de ooglenz de voorwerpen waar je naar kijkt, scherp af op het netvlies. Hiernaast zie je een schematische doorsnede van een oog. De buitenkant van het oog, de harde oogrok, is wit. Hij beschermt het oog. Ook de wenkbrauwen en oogleden beschermen het oog. De wenkbrauwen tegen zweet en de oogleden tegen vuiltjes en dergelijke.



schematische doorsnede van het oog

Midden voor het oog is de buitenste laag doorzichtig: het hoornvlies. Achter het hoornvlies ligt de iris of regenboogvlies. Er zit een opening in: de pupil. Deze lijkt zwart. De oogholte die erachter ligt, kaatst namelijk geen licht terug. Vergelijk de spiegel in leestekst 5, foto 4 op blz. 122.

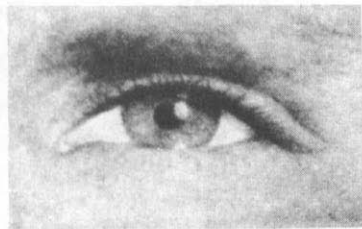
In het oog valt het licht op een lichtgevoelige laag: het netvlies. De voorste oogkamer is gevuld met waterachtig vocht. Daarachter ligt de kristallens. De ruimte tussen kristallens en netvlies is gevuld met een gelatine-achtige stof: het glasachtig lichaam.

Het bolle gedeelte van het hoornvlies, het waterachtig vocht, de kristallens en het glasachtig lichaam werken samen als één bolle lens. Die lens beeldt voorwerpen af op het netvlies. Bij lichtinval op het netvlies worden cellen geprikkeld. Via de oogzenuw gaan die prikkels naar de hersenen en geven de gewaarwording „zien”. Als een cel geprikkeld is, duurt het ongeveer 0,1 s voor hij opnieuw geprikkeld kan worden. Daardoor kun je erg snelle bewegingen niet precies waarnemen. Op het netvlies zitten twee bijzondere plaatsen: de gele vlek en de blinde vlek. Op de gele vlek zitten erg veel lichtgevoelige cellen zodat je er erg goed mee ziet. Met de blinde vlek kun je niet zien, omdat daar geen lichtgevoelige cellen zitten.

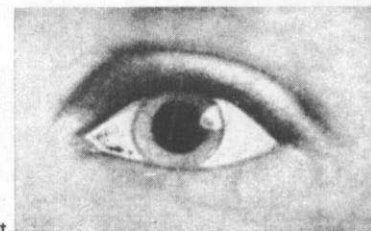
De blinde vlek is de plaats waar de oogzenuw het oog verlaat.

Er zijn twee soorten lichtgevoelige cellen in het netvlies: kegeltjes en staafjes. Met staafjes zie je alleen tinten grijs, met kegeltjes zie je kleuren. Als er weinig licht is, zie je kleuren slecht (bijvoorbeeld in de schemering). Dat komt doordat de kegeltjes minder gevoelig zijn dan de staafjes. Bij weinig licht zie je hoofdzakelijk met de staafjes.

De pupil regelt als een diafragma hoeveel licht er in het oog komt. Omdat het netvlies door te veel lichtinval beschadigd kan worden, is de pupil in fel licht klein. Bij zwak licht is de pupil groot, om het netvlies zoveel



pupil in fel licht

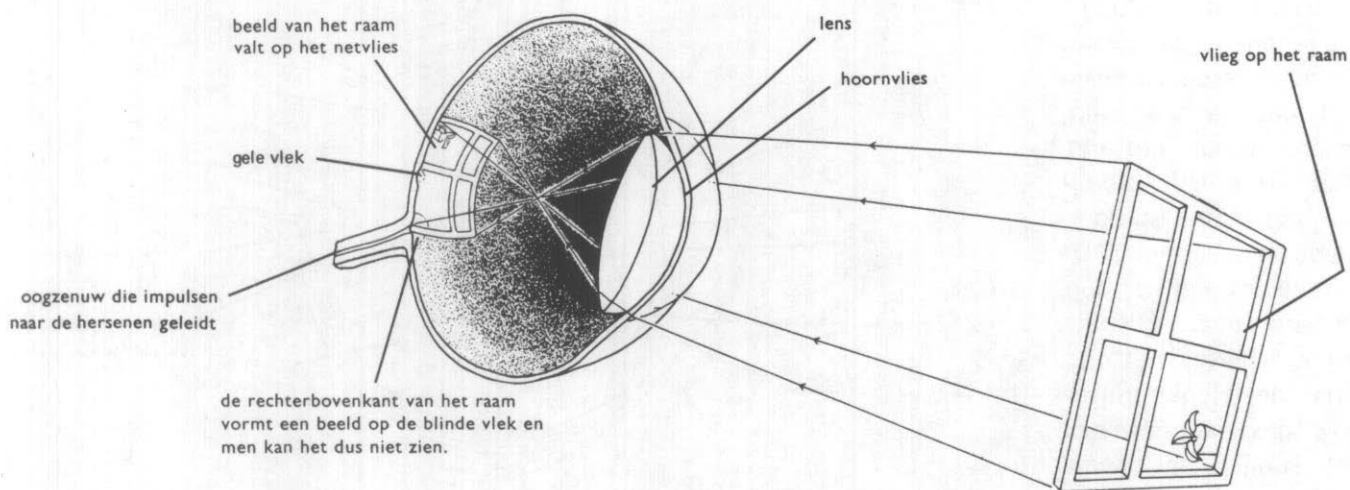


pupil in zwak licht

* Als je in je ogen wrijft, zie je vaak „sterretjes”. Dat gebeurt zonder dat er licht in je ogen komt. De netvliescellen worden dan geprikkeld door de druk die je uitoefent.



mogelijk licht op te laten vangen. Bij heel felle zonneschijn zie je erg scherp. Dat komt doordat dan voor je oog de lens het diafragma erg klein is. Daardoor kun je voorwerpen op verschillende afstanden van het oog tegelijk scherp zien. (proef 18, blz. 13).



tekening van de beeldvorming in het oog

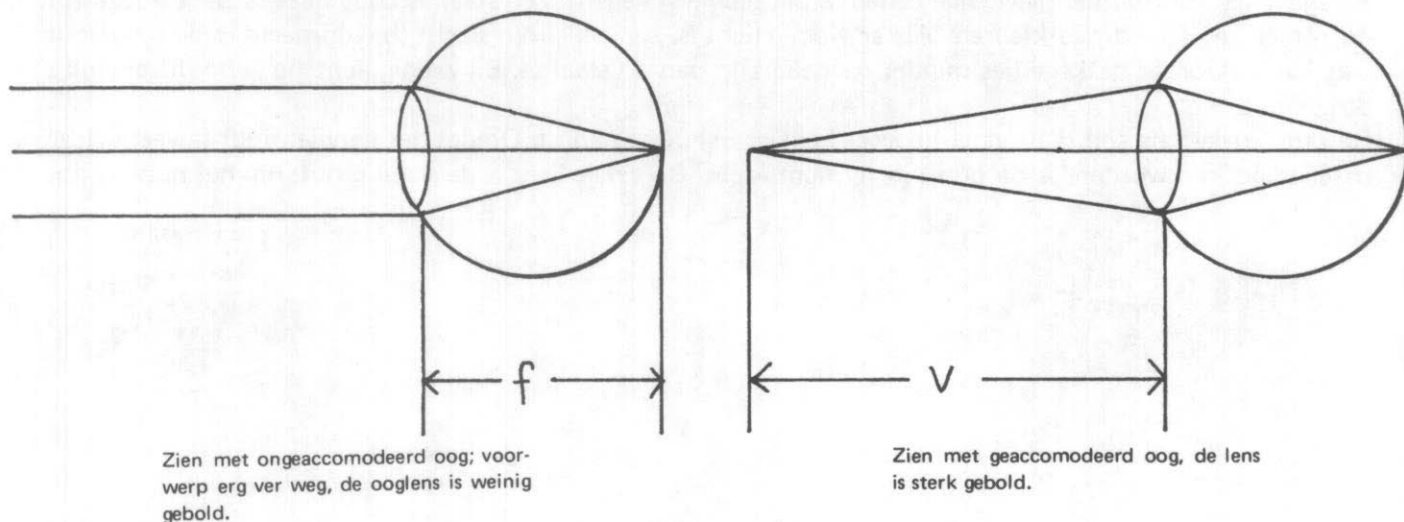
Scherp zien

Een lens vormt van vergelegen voorwerpen een beeld in het brandpunt. Staat het voorwerp dichterbij, dan komt het beeld verder van de lens. (proef 13, blz. 10). Om scherp te zien zou de afstand tussen lens en netvlies dus moeten veranderen, als je voorwerpen op verschillende afstanden voor je oog wilt zien. Vissen en amfibieën variëren inderdaad de afstand tussen lens en netvlies om voorwerpen op verschillende afstanden scherp te zien.

Bij mensen gaat het anders. Mensen kunnen de ooglenzen boller en minder bol maken. Daarmee kunnen ze het convergerend vermogen van de ooglenzen variëren. (proef 2, blz. 5 en theorie 2.4, blz. 20). Komt een voorwerp dichterbij het oog, dan schuift het beeld van de lens weg. De ooglenzen worden dan boller zodat het beeld toch weer op het netvlies valt. Deze eigenschap van het oog heet het accommodatievermogen.

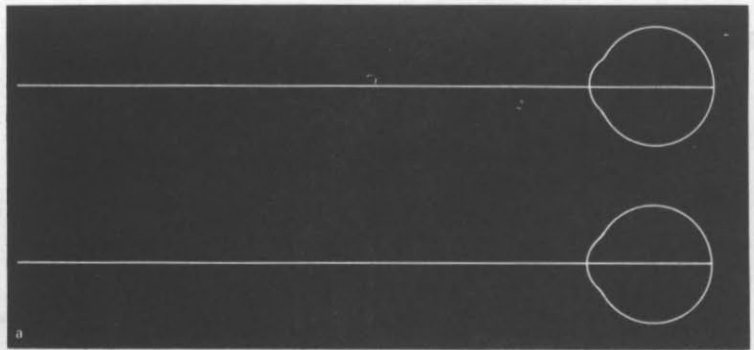
Om de kristallens zit een kringspier die het boller worden van de lens regelt.

Er zit wel een grens aan het accommodatievermogen. Je kunt niet dichterbij dan ongeveer 25 cm van het oog langdurig scherp zien. Kijk je dichterbij, dan raakt het oog snel vermoeid.



Een normaal oog ziet alles scherp vanaf ongeveer 25 cm, het nabijheidspunt.

Als je naar een „ver” voorwerp kijkt, dan zijn de kijkrichtingen vrijwel evenwijdig.

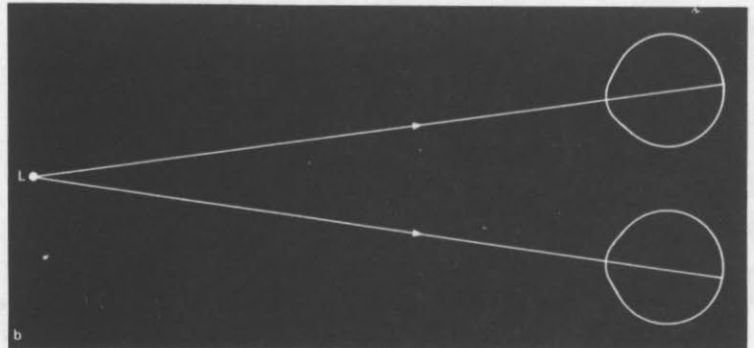


Zien met twee ogen

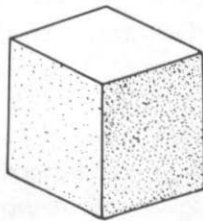
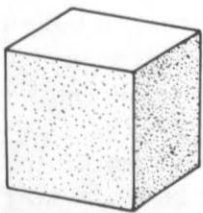
Normaal kijk je met twee ogen. Dat is vooral van belang voor het schatten van afstanden.

Als je met twee ogen naar één voorwerp kijkt, dan kijken de twee ogen in een verschillende richting. De hoek die de twee kijkrichtingen van de ogen met elkaar maken, is een maat voor de afstand tot het voorwerp.

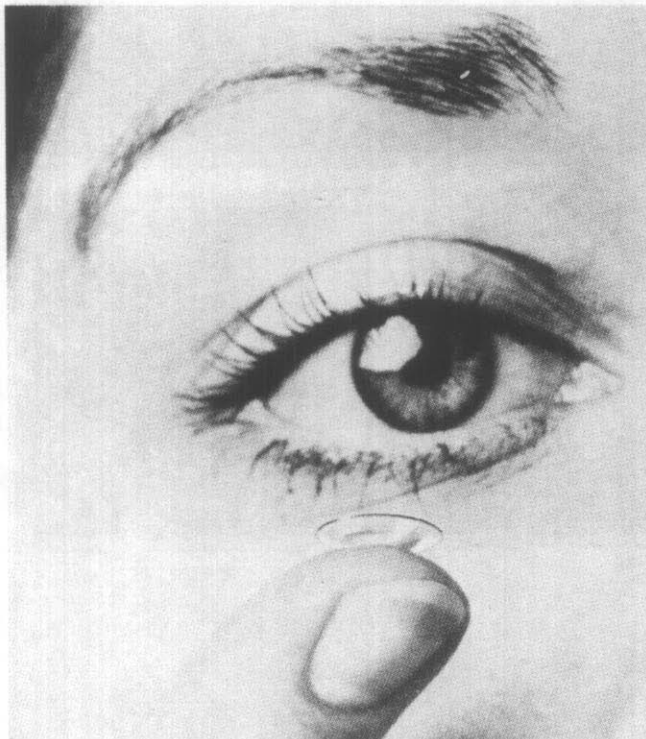
Bovendien ziet het linkeroog iets anders dan het rechteroog. Dat merk je als je afwisselend alleen met ene en dan met het andere oog kijkt. Ook daardoor kun je diepte schatten.



Staat het voorwerp dichterbij, dan maken de kijkrichtingen een hoek als je naar dit voorwerp kijkt.



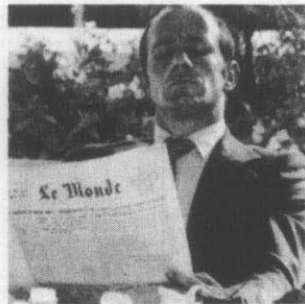
Het linkeroog ziet een voorwerp anders dan het rechteroog.



Brillen (boven) en kontaktlenzen (links) dienen voor het corrigeren van oogafwijkingen

Er komen bij ogen allerlei afwijkingen van het normale oog voor.

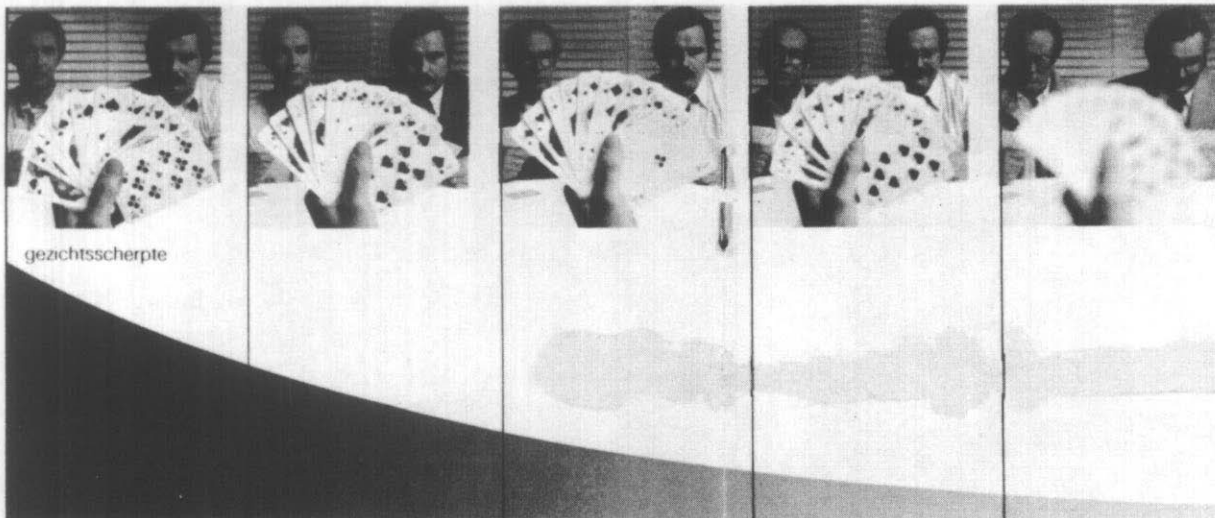
Sommige kunnen met een bril of contactlenzen worden gecorrigeerd. Over die afwijkingen kun je hieronder wat lezen.



Een oudziende moet om een etiket van een potje of een krant te kunnen lezen deze ver van zich af houden

Oudziendheid

Bij oudere mensen is de ooglenz vaak minder soepel. Daardoor kan die lens niet meer zo bol gemaakt worden. Dingen die erg dichtbij zijn, kun je dan niet meer scherp zien. Om een boek te kunnen lezen moet je het verder van je weg houden. Daardoor zie je de letters kleiner. Bovendien kan de afwijking zo groot worden, dat je armen te kort zijn om het boek ver genoeg van je vandaan te houden.



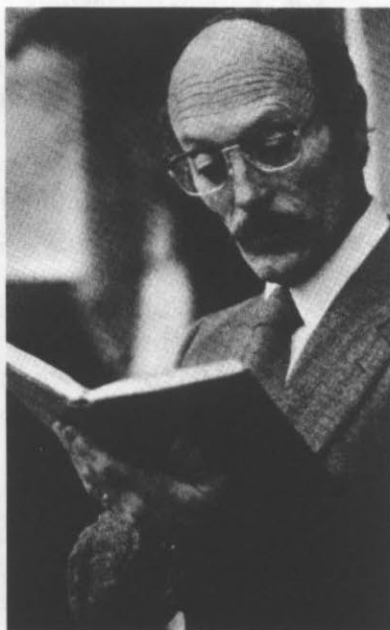
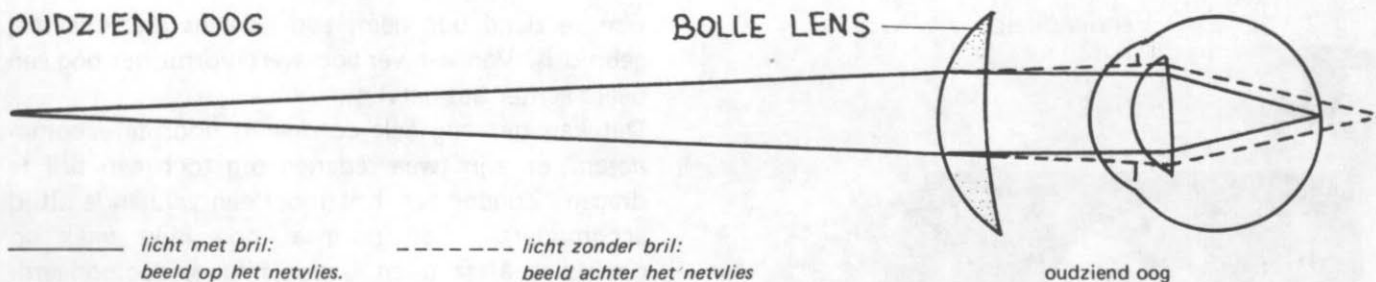
gezichtsscherpte

30 LEEFTIJD 35 40 45 50 55

De gezichtsscherpte neemt af bij het ouder worden

oudziend oog

BOLLE LENS



Oudziendheid kan gecorrigeerd worden door de ooglenzen te helpen met een lens met dezelfde werking: een bolle lens die extra convergeert. Daardoor komt het beeld dat zonder bril achter het netvlies komt, met een bril op het netvlies.

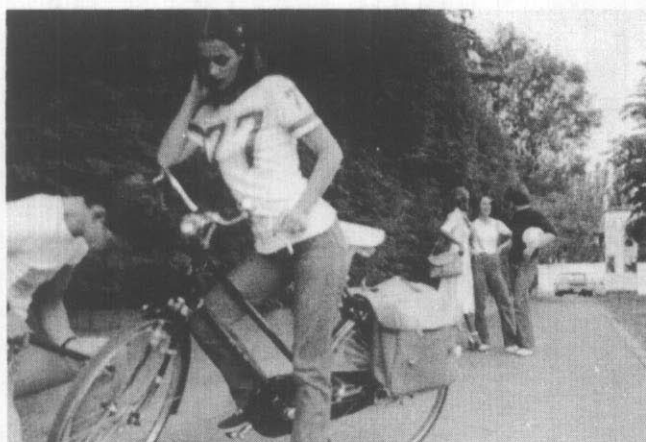


Het passen van een bril bij de opticien



Bij het in de verte zien zetten oudziende mensen hun bril af of kijken er over heen

Oudziende mensen kunnen wel goed in de verte zien. Houden ze hun bril op bij het kijken in de verte, dan gaat het mis. Is de ooglenzen ingesteld op oneindig, dan komt door de extra convergerende werking van de bril het beeld voor het netvlies. De bril moet je dan dus afzetten.



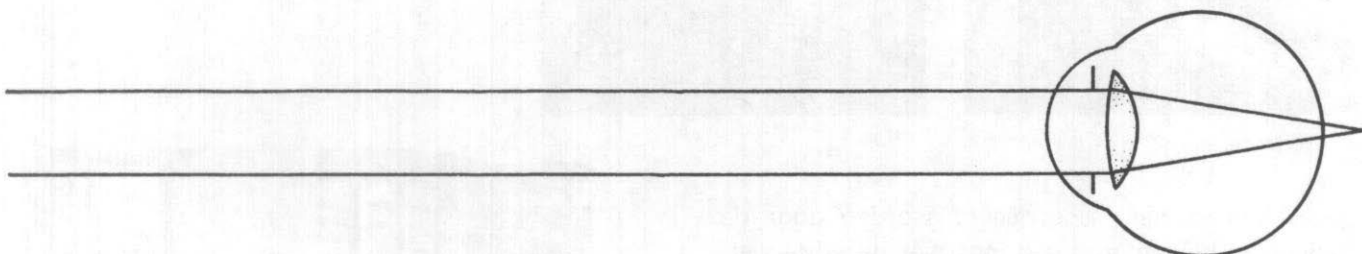
Een verziende kan goed in de verte zien, maar minder goed dichtbij

Een verziend oog heeft een oog lens die te weinig gebold is. Van een ver voorwerp vormt het oog een beeld achter het netvlies.

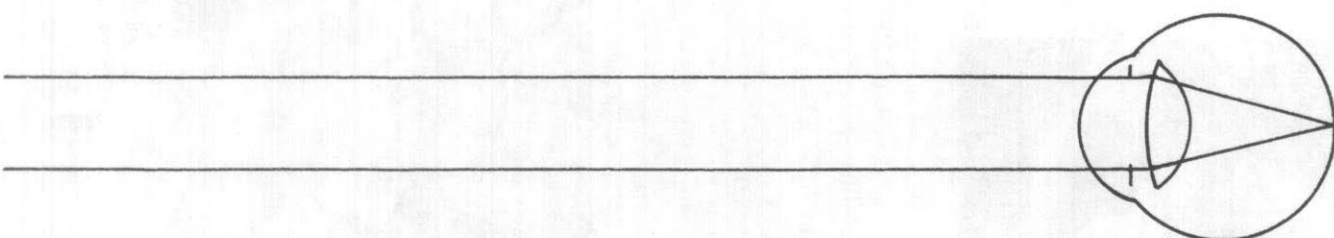
Dat kan het oog zelf corrigeren door te accommoderen. Er zijn twee redenen om toch een bril te dragen. Zonder een bril moet een verziende altijd accommoderen. Een normaal oog kijkt vaak op oneindige afstand en is dan niet geaccomodeerd. Moet je altijd accommoderen, dan zijn je ogen snel vermoeid en krijg je gauw hoofdpijn. Bovendien ligt het nabijheidspunt bij een verziend oog meestal verder weg dan bij een gewoon oog. Dat komt doordat de oog lens weinig gebold is. Om boeken te lezen moet je ze dan ver van je oog houden.

Een verziend oog kun je weer corrigeren met een bril die dezelfde werking heeft als de oog lens: een bril met bolle lenzen. Hoe minder de oog lens gebold is, des te boller de lenzen (brilleglazen) moeten zijn.*

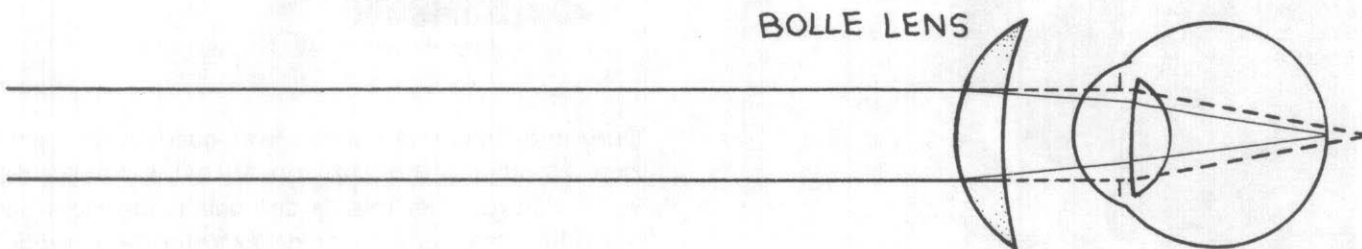
De brillen van een oudziende en van een verziende hebben allebei bolle glazen. De oudziende heeft zijn bril alleen op bij het lezen, de verziende heeft hem altijd op.



verziend oog;
beeld komt achter het netvlies.



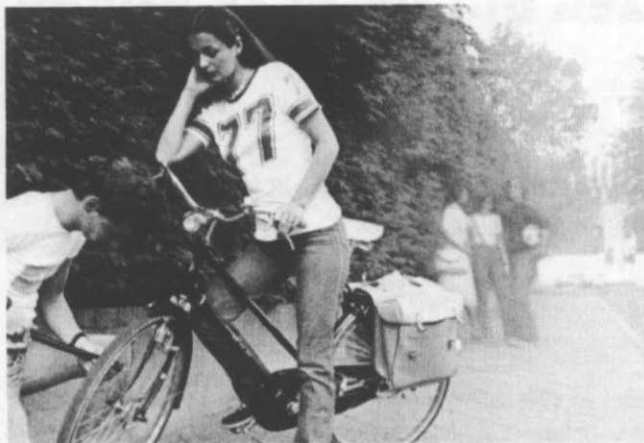
verziend oog gecorrigeerd door te accommoderen. Beeld op het netvlies.



----- licht zonder bril, beeld achter netvlies.
———— licht met bril, beeld op het netvlies.

verziend oog.

* Sterkte brillen: zie voetnoot blz. 76



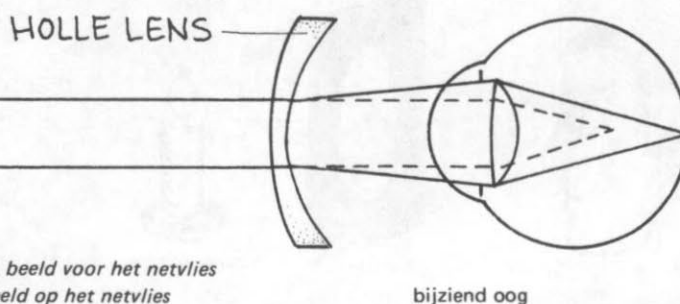
Een bijziende kan voorwerpen dichtbij goed zien, maar in de verte ziet hij minder scherp

Bijziendheid

Een bijziende heeft een ooglenzen die te sterk bolt. Van een ver voorwerp komt het beeld voor het netvlies terecht. Door accommoderen is dat niet te verbeteren. Doordat de ooglenzen van een bijziende te sterk gebold is, kan hij vaak erg dichtbij zijn oog scherp zien.

De werking van het oog kan gecorrigeerd worden door een bril die de werking van de ooglenzen tegengaat: dus door een holle lens die een divergerende werking heeft. (proef 10, blz. 9).

Een bijziende heeft zijn bril haast altijd op. Als hij erg dichtbij wil kijken, kan hij hem afzetten.



Astigmatisme

Sommige ogen zien vormen van voorwerpen niet goed. Ze zien cirkels vervormd tot ellipsen en punten tot strepen. Dit verschijnsel heet astigmatisme. Het wordt veroorzaakt doordat de ooglenzen niet gelijkmatig gebold is. Hij is bijvoorbeeld in het horizontale vlak sterker gebold dan in het verticale. Je kunt dit corrigeren met brillenglazen die een tegengestelde werking hebben. In geval van het voorbeeld, een lens die horizontaal hol is en vertikaal bol. Zulke glazen heten glazen met een cilinder. Ze zijn meestal opgebouwd uit een gewone lens en een cilinderlens, omdat iemand die astigmatisch is, meestal ook verziend of bijziend is.

KONINKLIJK NEDERLANDS GASTHUIS VOOR OOGLIJDERS
F. C. DONDERSTRAAT 65 - UTRECHT - TEL. 030 - 71 24 24

BRILRECEPT voor De Heer C. Floor Lijst no. 762899
a. Einsteinw-32

	Spher.	Cyl.	Prisma
Rechter oog			
afstand	-4.75	-0.50	
nabijheid			
Linker oog			
afstand	-4.50	-0.50	
nabijheid			

add=

105° 90°

180° 0°

90° 75°

180° 0°

Distantie optische centra: 62 mm.

d = mm.

d = mm.

Bijzonderheden: _____

Utrecht, de 20-2 19 79 Voorgeschreven door _____

De leverancier wordt verzocht het recept na levering van de bril terug te geven.

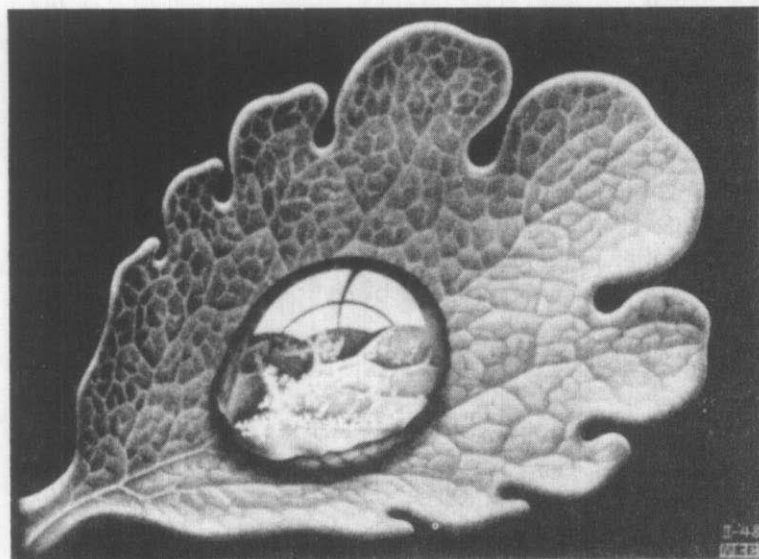
Een brilrecept



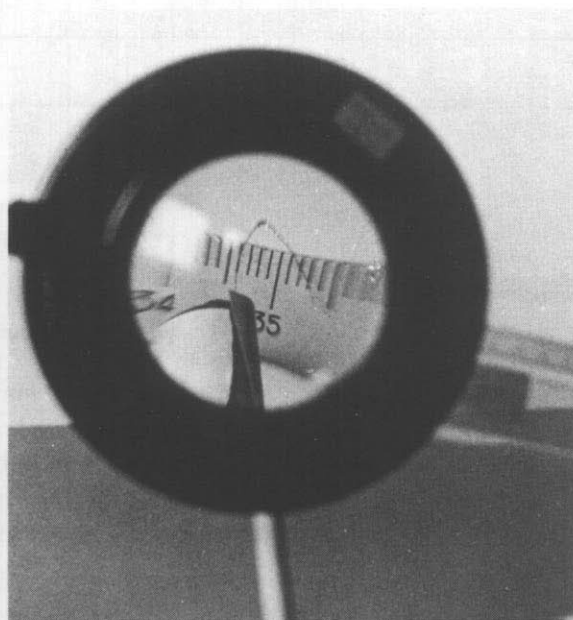
Lenzen worden veel gebruikt. In het basisdeel heb je al gelezen over het fototoestel en de filmcamera. In deze leestekst vind je hoe lenzen gebruikt worden om kleine dingen te zien. Ook lees je hoe je dingen veraf beter kunt zien met lenzen.

Vergrootglas

Als je een vergrootglas, borduurglas of leesglas gebruikt, heb je een bolle lens in je handen. Het beeld dat je door de lens waarneemt, is vergroot. Een bolle lens vormt een beeld op een scherm als het voorwerp verder van de lens is dan het brandpunt. (proef 13, blz. 10). Zet je het voorwerp dichterbij de lens, dan vormt hij een beeld dat je alleen ziet als je door de lens kijkt. Zo'n vergrootglas heet ook wel een loep.

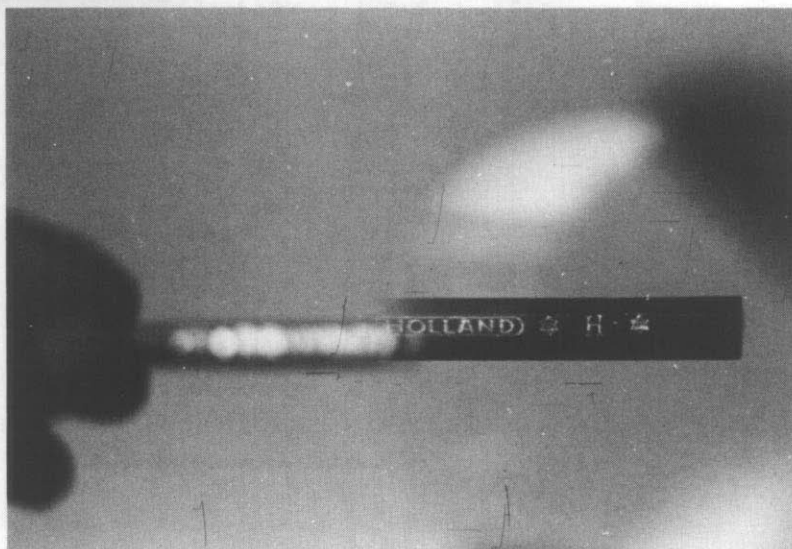


een waterdruppel als loep



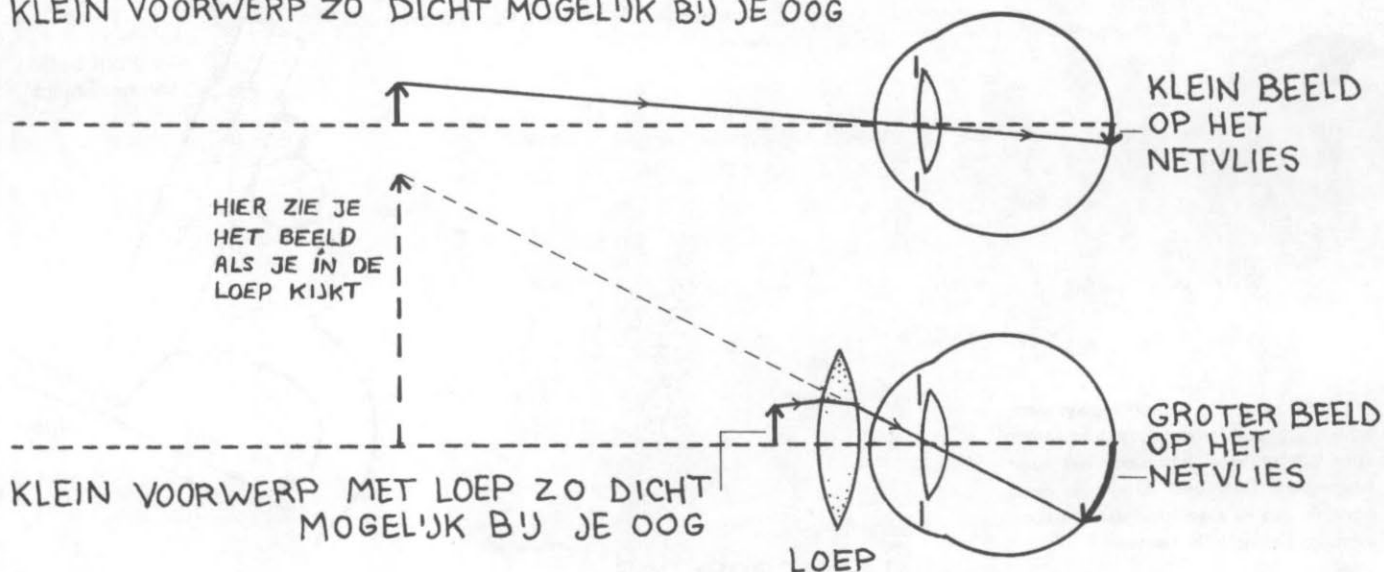
bolle lens als vergrootglas. Je ziet het beeld als je door de lens naar het voorwerp kijkt.

Als je door een loep kijkt, zie je een groter beeld. Je ziet dat beeld ook verder van de lens dan het voorwerp. Dat blijkt uit de foto's. Ook waterdruppels zijn bolle lenzen en kunnen dus als loep dienen (zie proef 2, blz. 64).



Beeld van een potlood door een loep, scherp gesteld op het beeld.

KLEIN VOORWERP ZO DICHT MOGELIJK BIJ JE OOG



Werking van de loep.

In de tekening zonder loep zie je een klein netvliesbeeld. Hoe groot het netvliesbeeld is, vind je door uit de uiteinden van het voorwerp lichtbundeltjes door het midden van de ooglenzen te trekken. In de tekening met loep zie je op dezelfde manier dat het netvliesbeeld veel groter is.

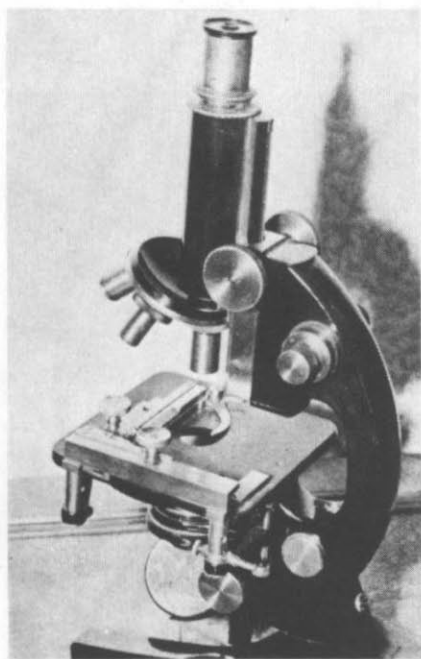
Werking van een loep

Om veel details van een voorwerp te zien, houd je het zo dicht mogelijk voor je oog. Dichter dan ongeveer 25 cm gaat niet (zie leestekst 1, blz. 105).

Met een loep kun je het voorwerp wel dichter bij je oog zetten. Door de loep zie je het beeld namelijk verder weg en vergroot. Uit de tekening zie je dat het netvliesbeeld met loep groter is dan zonder loep. Er worden meer netvliescellen gebruikt en daardoor zie je meer details.

Hoe dichter je het voorwerp met loep bij je oog kunt zetten, hoe meer de loep vergroot.

Microscop



microscop

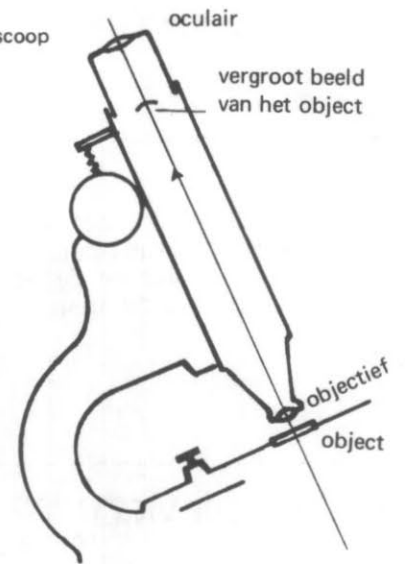
Een microscoop gebruik je om erg kleine dingen te zien. Je hebt hem bijvoorbeeld gebruikt in het thema „IJs, Water, Stoom” om de Brownse beweging te bekijken.

De microscoop vergroot in twee stappen. Wat je wilt bekijken (het object), ligt vlak onder een lens. Die lens heet het objectief. Het objectief vormt een vergroot beeld. De beeldafstand is dus veel groter dan de voorwerpafstand (proef 16, blz. 12). De tweede lens heet het oculair. Hiermee bekijk je het beeld, dat door het objectief is gevormd. Het oculair gebruik je als vergrootglas.

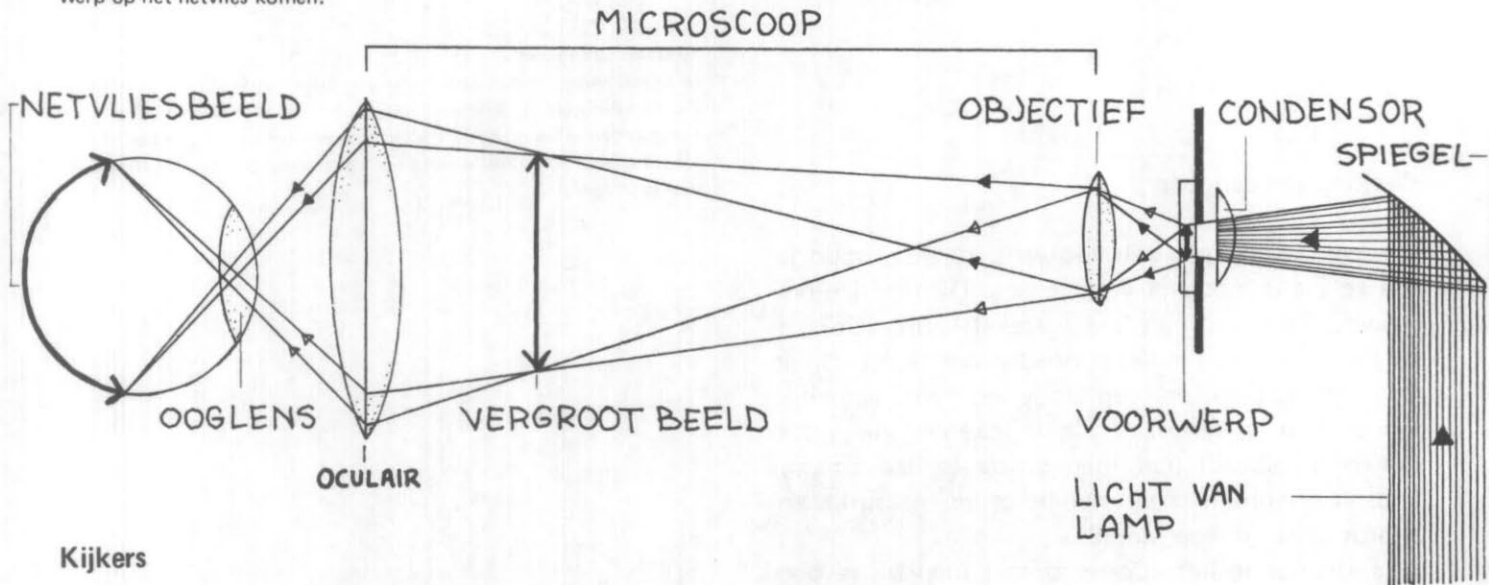
Het objectief vergroot het voorwerp ongeveer 50 keer. Met het oculair vergroot je nog eens ongeveer 10 keer, doordat je het beeld 10 keer zo dichtbij kunt bekijken als zonder loep. In totaal kun je ongeveer 10×50 keer = 500 keer vergroten met een microscoop. Om door een microscoop een voorwerp te bekijken, moet er licht van het voorwerp door de microscoop gaan. Het beeld dat je ziet, is sterk vergroot. Het licht dat van het voorwerp komt, wordt in je oog dus over veel meer netvliescellen verdeeld dan zonder microscoop. Daarom zijn voorwerpen zelf vaak niet licht genoeg. Je moet ze belichten met een lamp. Omdat je meestal heel dunne voorwerpen bekijkt, gaat het licht van onderen door het voorwerp.



schematische tekening van de microscoop

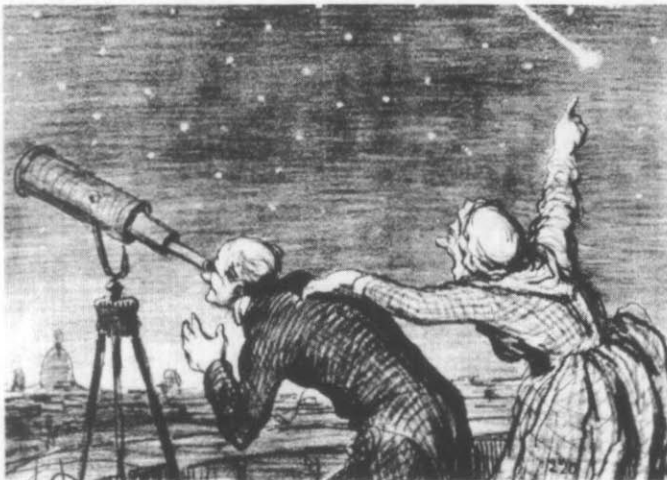


microscoop met belichtingssysteem. Spiegel en condensor zorgen er samen voor dat er veel licht door het voorwerp gaat. Getekend is hoe de lichtbundels van de uiteinden van het voorwerp op het netvlies komen.

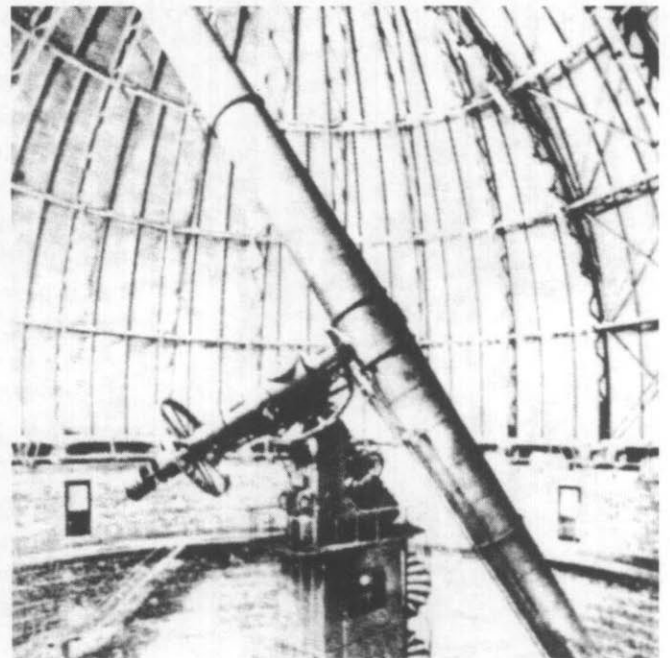


Kijkers

Een ver verwijderd voorwerp „haal je naar je toe” door met een lens een beeld op een scherm te maken. (proef 1, blz. 5). Dat beeld is verkleind en staat op zijn kop. Je kunt het scherm weghalen en het beeld bekijken met een loep. Dan zie je een vergroot beeld. Zo heb je een kijker gekregen. Net als bij een microscoop heten de lenzen objectief en oculair.

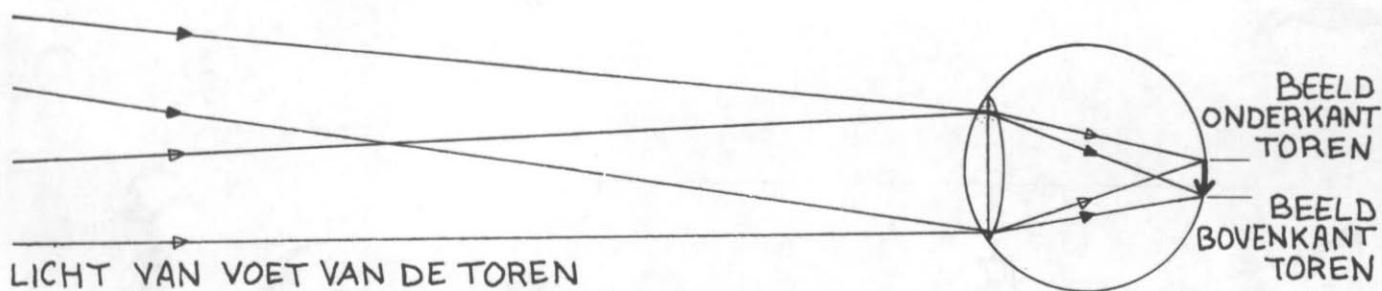


Kijken door een sterrekijker

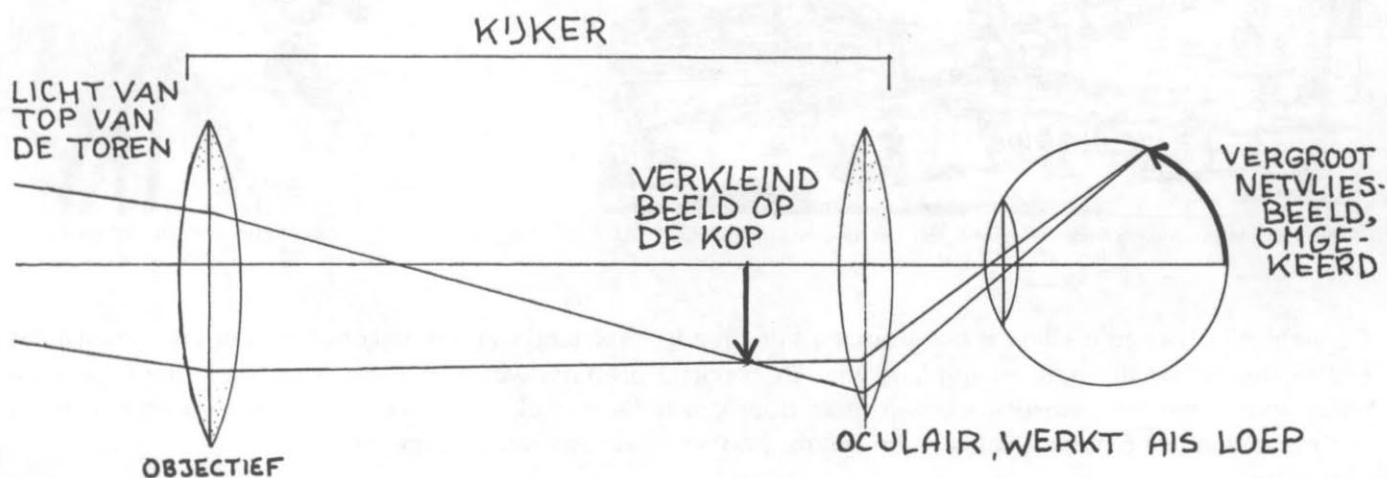


De grootste sterrekijker met lenzen op aarde (Yerkes sterrewacht)

LICHT VAN TOP VAN DE TOREN



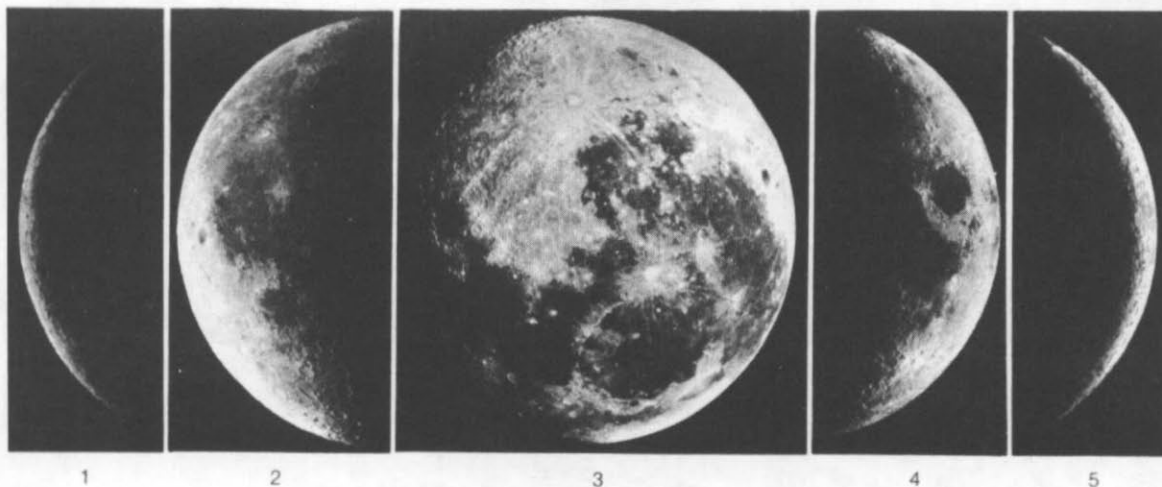
LICHT VAN VOET VAN DE TOREN



Schematische tekening van het bekijken van een toren met en zonder kijker. In de bovenste tekening zie je hoe licht van de top van de toren en van de voet van de toren op het netvlies komt als je geen kijker gebruikt. In de onderste tekening zie je hoe het licht van de top van de toren via de kijker op het netvlies komt.

Deze kijker is een sterrekijker. Je ziet alles op zijn kop.

Je kunt de vergroting van zo'n kijker berekenen als je weet wat voor lenzen hij heeft. Heb je bijvoorbeeld een objectief met brandpuntafstand 4 m en kijk je naar de maan, dan komt het beeld van de maan op 4 m van het objectief.

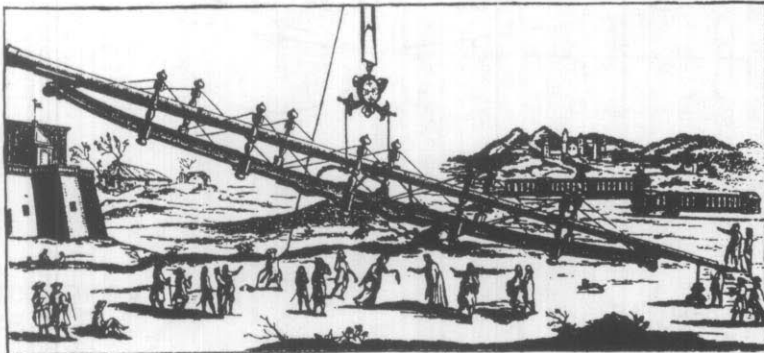


Opnamen van de maan, gemaakt met een sterrekijker

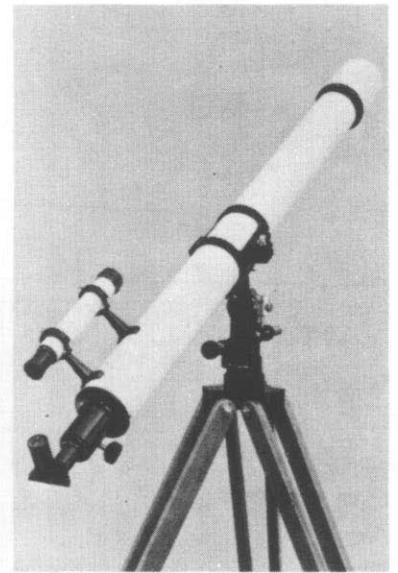
De maan is 400 miljoen meter van ons vandaan. De vergroting is $\frac{\text{beeldafstand}}{\text{voorwerpafstand}}$ en dus is het beeld

100 miljoen maal kleiner dan de maan.

Als het oculair een brandpuntafstand van 4 cm heeft, dan bekijk je dit verkleinde beeld vanaf ongeveer 4 cm. Dat is een 10.000 miljoen maal zo kleine afstand als zonder kijker. (4 cm in plaats van 400 miljoen m) De kijker geeft dus een vergroting van 100 maal.

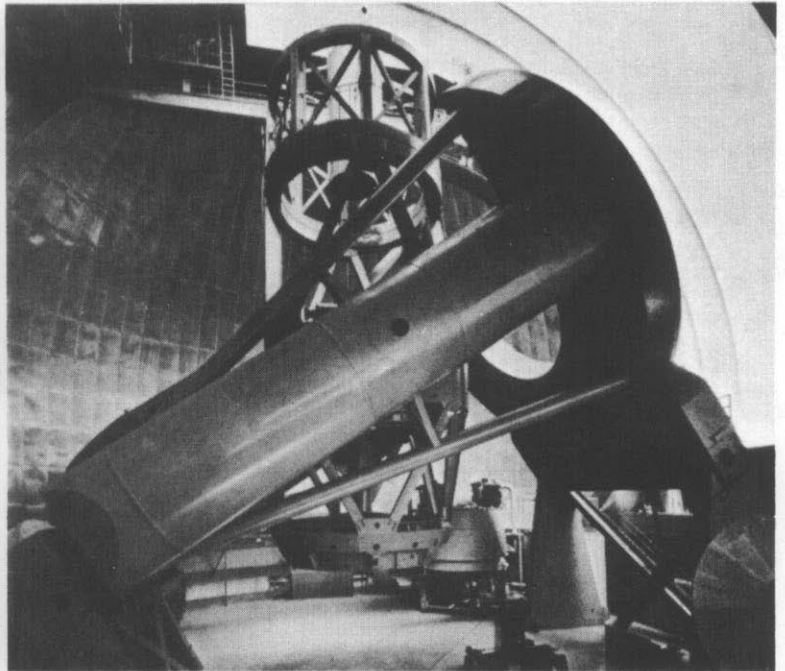
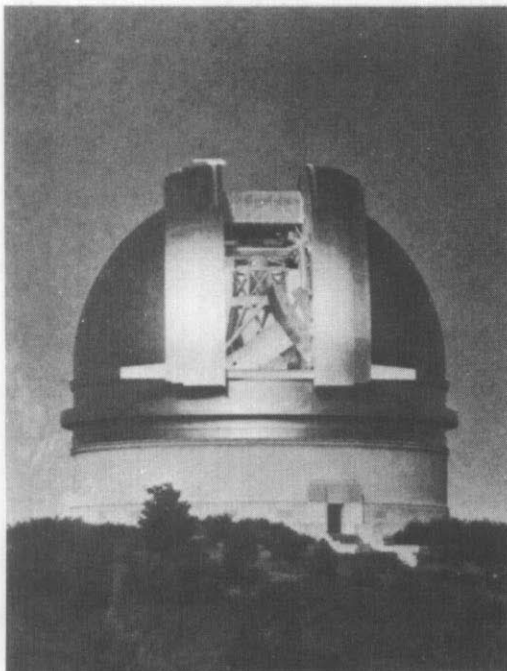


Een voorbeeld van een erg lange sterrekijker van een Italiaanse monnik uit 1670.



een sterrekijker voor amateurs

De vergroting van zo'n kijker is het grootst als de brandpuntafstand van het objectief erg groot is. Vandaar dat sterk vergrotende sterrekijkers erg lang zijn. De grootste prestatie wordt geleverd door een ander type telescoop waarin het licht wordt geconcentreerd door een holle spiegel. De spiegel van de Hale telescoop heeft een middellijn van 5 meter. Het is de op één na grootste telescoop van dit type ter wereld.

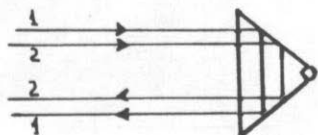


De Hale Telescoop op Mount Palomar

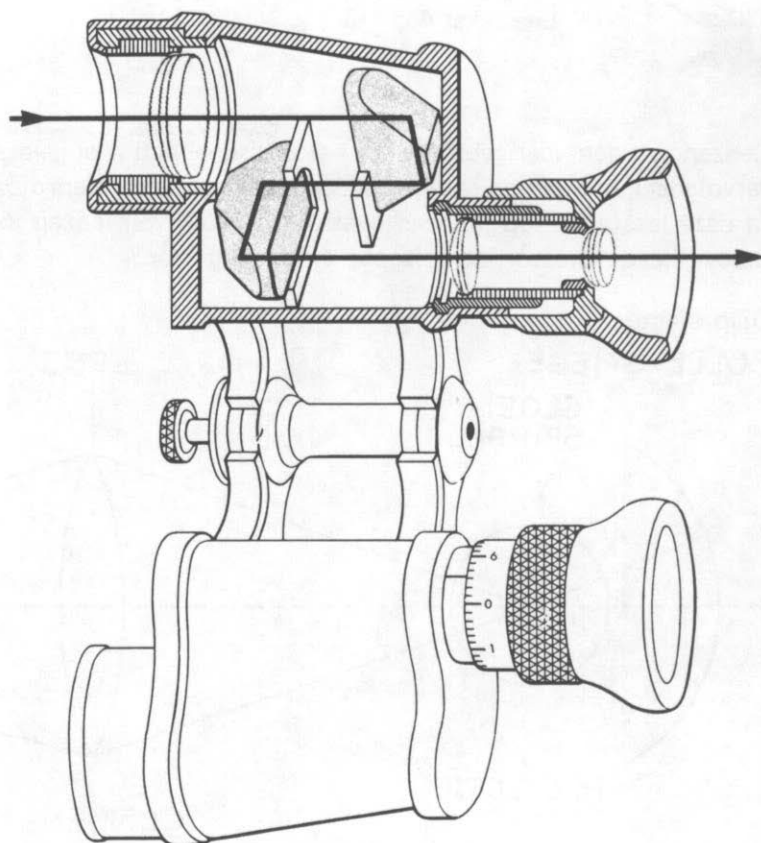
Verrekijker

Bij een sterrekijker is het niet zo erg dat alles op zijn kop staat.

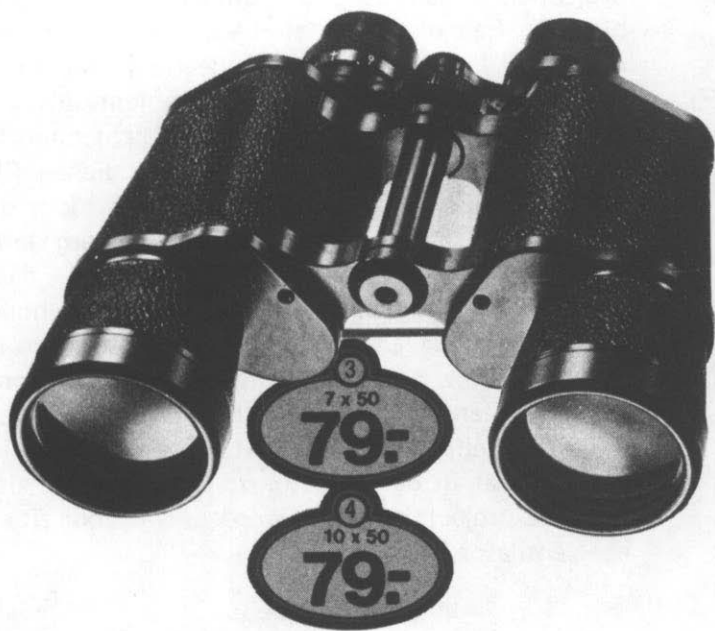
Bij verrekijkers wordt ervoor gezorgd dat het beeld rechtop staat. In een prismakijker wordt dat gedaan met twee prisma's. In de tekening hieronder zie je dat door het spiegelen de onderste en de bovenste lichtstraal zijn omgekeerd. In



een prismakijker staan twee van zulke prisma's, het ene een kwartslag gedraaid ten opzichte van het andere. Het ene prisma wisselt onder en boven, het andere links en rechts.



Doorsnede van een prismakijker



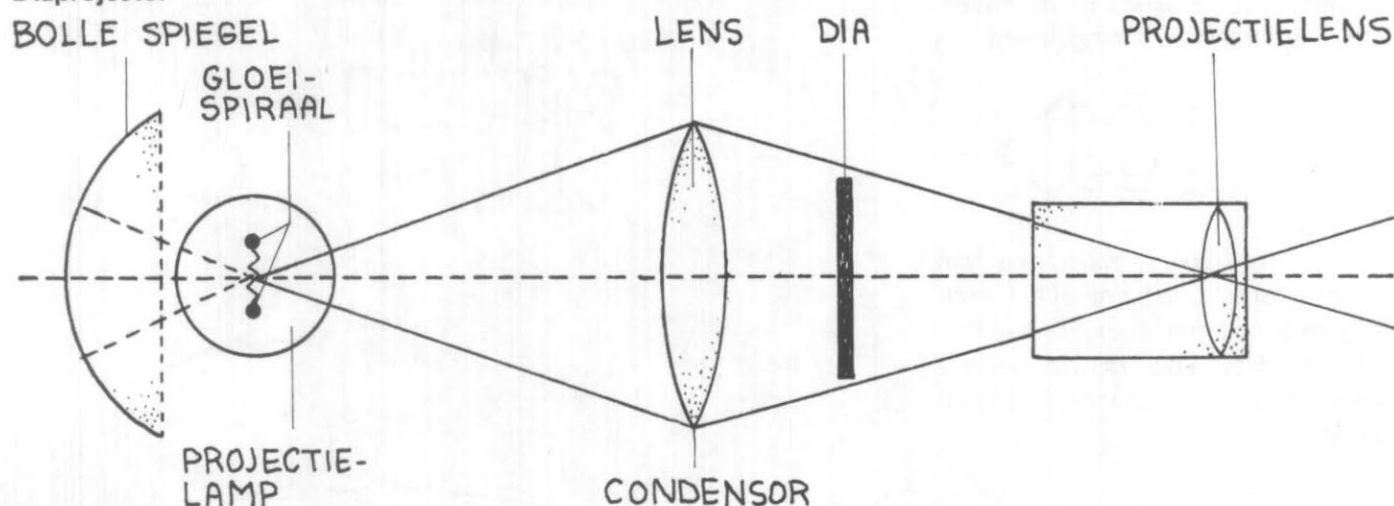
Verrekijkers worden voorzien van aanduidingen als 7 x 30 en 6 x 40. Het eerste getal geeft de vergroting aan, het tweede de middellijn van het objectief in millimeters. Een groot objectief „vangt” een grote hoeveelheid licht, wat vooral als je 's nachts wilt waarnemen, belangrijk is. Hoe meer licht de kijker vangt, hoe meer je kunt zien.



Lenzen worden veel gebruikt. In het basisdeel heb je al gelezen over het fototoestel en de filmcamera. In het vervolgdeel vind je nog andere toepassingen, zoals de diaprojector en brillen.

In deze leestekst kun je lezen over het gebruik van lenzen in projectoren: de diaprojector, de filmprojector, de overheadprojector, de episcoop en de vergroter.

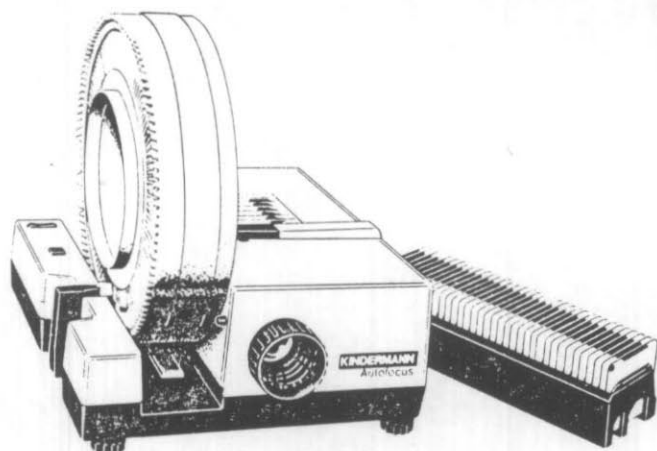
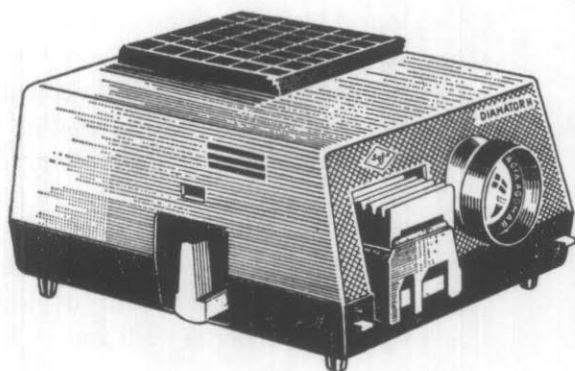
Diaprojector



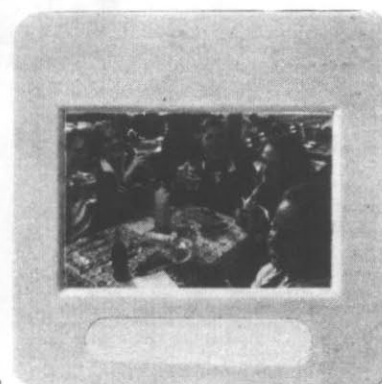
schematische tekening van een diaprojector

Een diaprojector wordt gebruikt om een vergrootte afbeelding (projectie) te maken van de dia die met de fotocamera is gemaakt. Om de afbeelding vergroot te maken, staat de dia iets verder van de projectielens dan de brandpuntafstand (proef 13, blz. 10). Een dia is een stuk van een filmstrook, meestal in kleur, waarop een gedeeltelijk doorzichtig beeld staat. De dia zendt zelf geen licht uit.

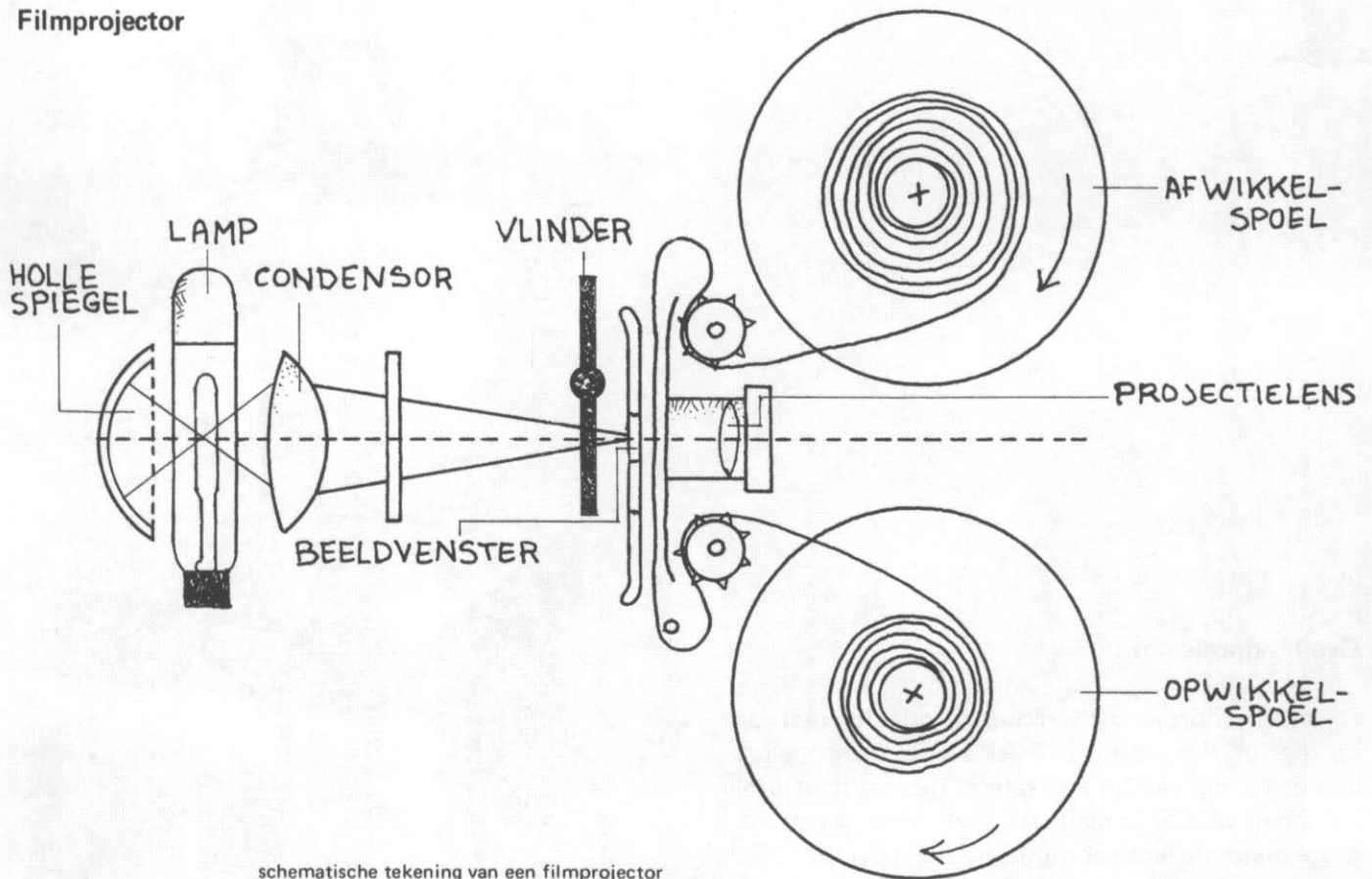
De projectielamp zorgt ervoor dat er licht door de dia valt, zodat de dia als voorwerp kan dienen. Bij het afbeelden wordt de dia sterk vergroot door de projectielens. Daarom is de projectielamp erg sterk en is de projector zo gemaakt dat er zo min mogelijk licht van de lamp verloren gaat. Door de holle spiegel achter de lamp wordt het licht dat achteruit de lamp komt, teruggekaatst naar de dia. De condensor is een bolle lens die ervoor zorgt dat er zoveel mogelijk licht gelijkmatig door de hele dia gaat. Omdat in de projector zo'n sterke lamp zit, moet de projector gekoeld worden. Daarvoor zit er een ventilator in.



Diaprojektoren



Een dia

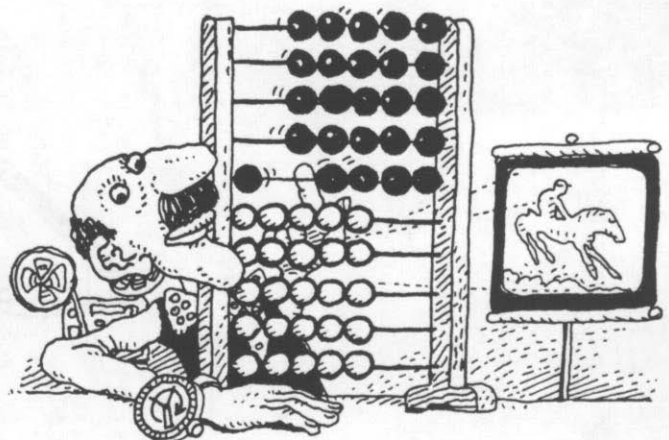


schematische tekening van een filmprojector

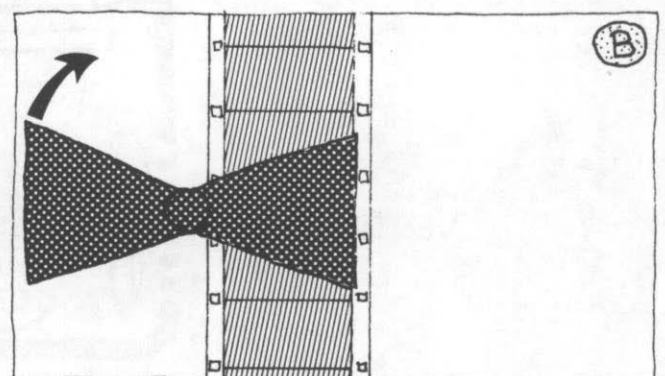
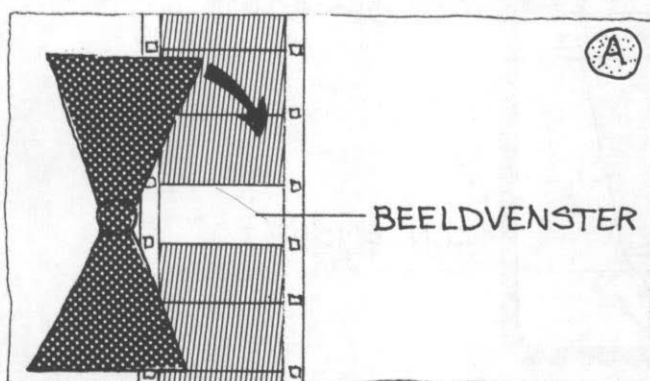
De filmprojector is in veel opzichten te vergelijken met de diaprojector; met de projector worden ook dia's geprojecteerd op een scherm.

De dia's bevinden zich nu echter op een filmstrook die is opgenomen met de filmcamera. De projectie van de beeldjes door de filmprojector gebeurt met dezelfde snelheid als waarmee de opnamen zijn gemaakt met de filmcamera; de projector projecteert meestal 24 beeldjes in een seconde.

In de tijd, dat in de projector de film een beeld doorschuift, wordt de lichtbundel die uit de projector treedt, onderbroken. De onderbreking van de lichtbundel gebeurt door de vlinder; de film wordt doorgeschoven door het transportmechanisme.



... 24 beeldjes per seconde! ...



werking van de vlinder

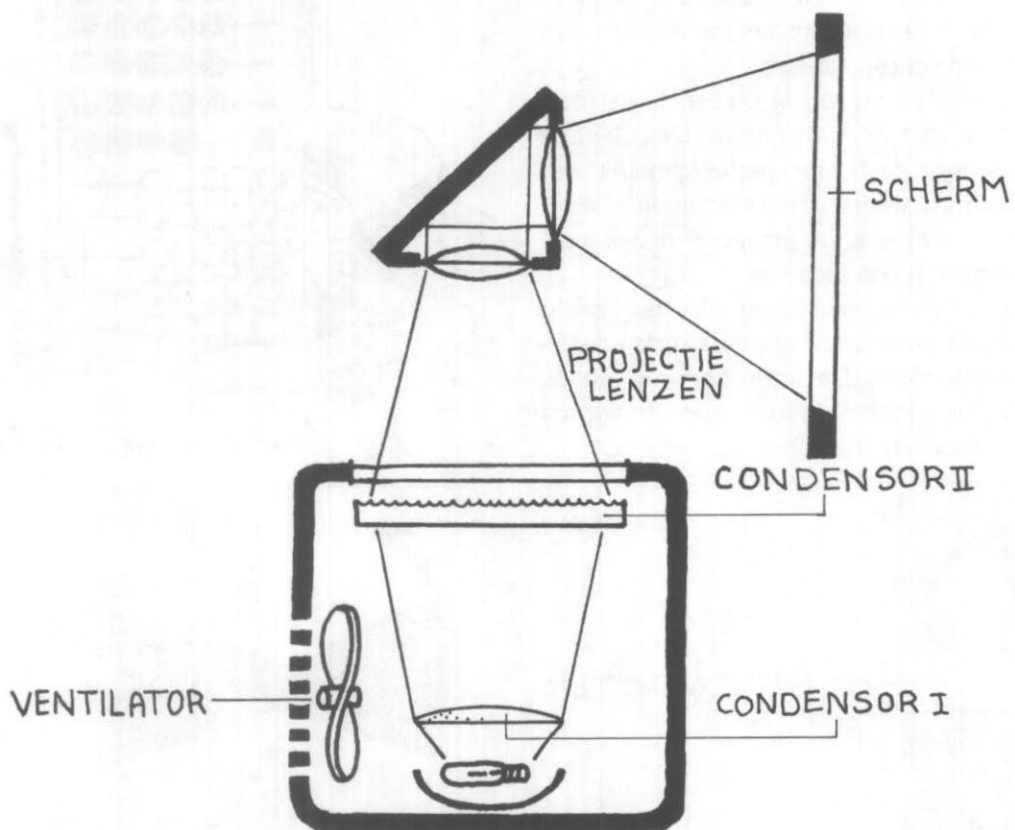


Overheadprojector

De overheadprojector verschilt in principe niet van de dia- of filmprojector. Hier zit de projectielens aan een stang vlakbij een spiegel die het licht over een hoek van 90° draait. Als condensor wordt een grote platbolle lens gebruikt, die zich bevindt op de plaats waarop de transparanten gelegd worden. Deze condensor zorgt met een condensor dichterbij de lamp weer voor zoveel mogelijk lichtopbrengst.



overheadprojector



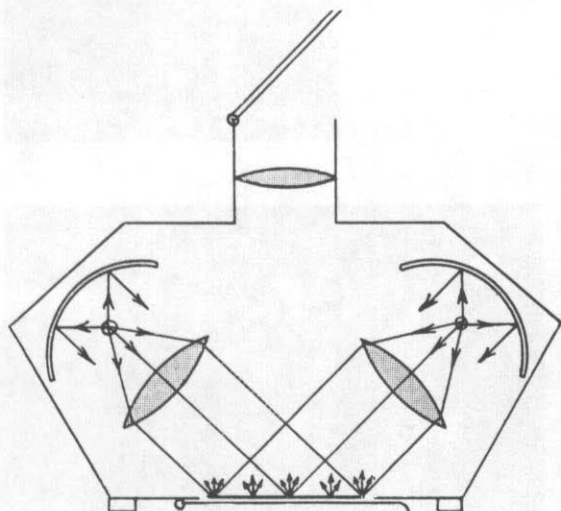
schematische tekening van een overheadprojector

Episcoop

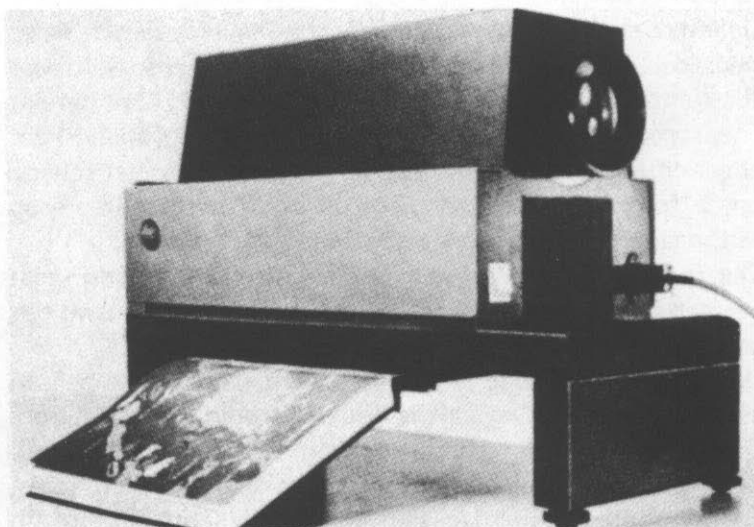
Plaatjes uit een boek kun je direct projecteren met een episcoop (uit het Grieks: „op iets kijken“).

Het plaatje wordt belicht met sterke lampen, gecombineerd met een holle spiegel en een condensor. Het plaatje verstrooit (zie leestekst 5, blz. 122) dat licht en de projectielens projecteert het plaatje, meestal via een spiegel.

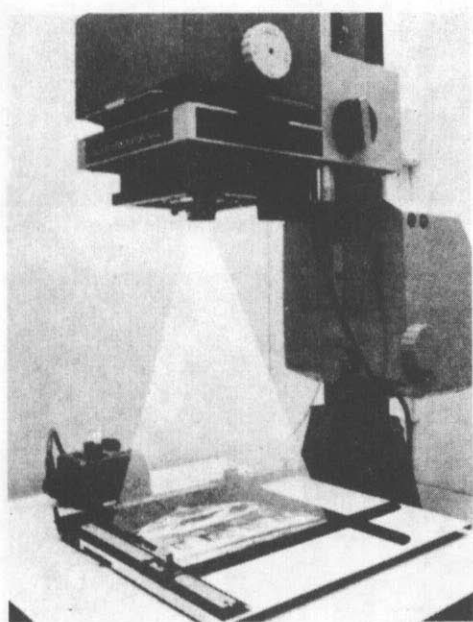
Een episcoop wordt niet zoveel meer gebruikt, omdat het steeds gemakkelijker wordt om dia's van plaatjes uit boeken en tijdschriften te maken. Dia's hebben bij het projecteren het voordeel dat ze veel lichtsterker zijn, zodat je de ruimte veel minder hoeft te verduisteren dan wanneer je een episcoop gebruikt. Dat komt doordat bij het terugkaatsen van licht erg veel licht verloren gaat. Dat licht wordt door het voorwerp opgenomen.



schematische tekening van een episcoop



een episcoop



een vergroter

De vergroter

Een vergroter waarmee afdrukken van fotografische negatieven worden gemaakt, werkt net als een diaprojector. De lens beeldt het negatief vergroot af op het vergrotingsbord. Het negatief komt dus overeen met de dia en het vergrotingsbord met het scherm.



Op foto 1 staat een lamp. Je kunt niet zien of de lamp brandt of niet. Als je een scherm voor de lamp zet, dan zie je aan de ronde lichte vlek op het scherm dat de lamp wel brandt. In foto 3 kun je de weg waarlangs het licht van de lamp naar het scherm gaat, wel goed zien. Dat is bereikt door fijne rookdeeltjes in de ruimte tussen de lamp en het scherm te blazen.

De rookdeeltjes zelf zijn geen lichtbronnen. We zien de lichtweg toch, doordat de rookdeeltjes licht dat erop valt naar alle richtingen verspreiden. Een gedeelte van dit licht bereikt onze ogen. Het verschijnsel dat voorwerpen opvallend licht alle richtingen opsturen, heet verstrooiing. Ook het scherm op de foto's verstrooit het licht uit de lichtbundel die erop valt, naar alle kanten. Daardoor zien we de vlek.

Een rookdeeltje dat het licht verstrooit, wekt de indruk dat het een lichtbronnetje is. Door de verstrooiing zien we dus de voorwerpen waarop licht valt.

Op een bewolkte dag is het toch licht, hoewel we de zon niet kunnen zien. Daglicht is ook verstrooid licht. Het zonlicht wordt door de waterdruppels in de wolken verstrooid. Dat geeft ons de indruk dat overal van de hemel licht komt. Op een onbewolkte dag zien we overal licht, dus ook in richtingen waar de zon niet is. Ook dat licht is verstrooid zonlicht. De stofdeeltjes in de lucht, de water- of ijsdeeltjes in de hogere luchtlagen en ook de luchtmoleculen verstrooien het licht. De verstrooiing van het zonlicht op zeer kleine deeltjes, zoals moleculen, veroorzaakt de blauwe kleur van de hemel.

Niet alle voorwerpen verstrooien het licht dat erop valt. In de opstelling op foto 4 zijn in de lichtbundel van de lamp een scherm, een spiegel en een kaars geplaatst.

Op deze foto zie je onder andere:

1. de verlichte vlek op het scherm,
2. de omtrek van de spiegel; de spiegel zelf zie je niet,
3. de kaars in de spiegel.

Het verlichte vlak zie je doordat het licht op het vlak wordt verstrooid. Omdat je de spiegel zelf niet kunt zien, verstrooit de spiegel het licht kennelijk niet. Er komt wel licht uit de richting van de spiegel, want je ziet er een kaars in. De spiegel kaatst het licht maar uit één richting terug. Dat heet spiegelende terugkaatsing.



Foto 1

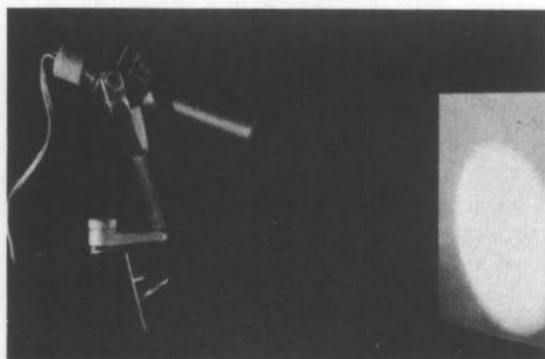


Foto 2: verstrooiing van licht op een wit scherm

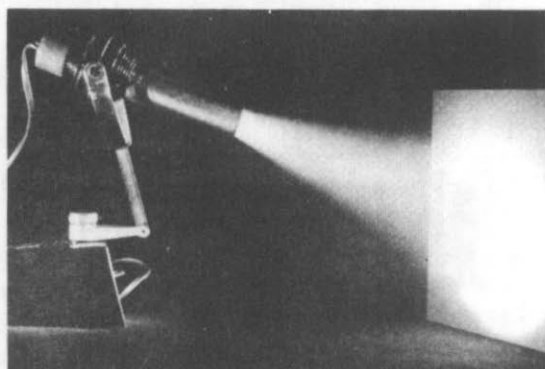


Foto 3: verstrooiing van licht door rookdeeltjes

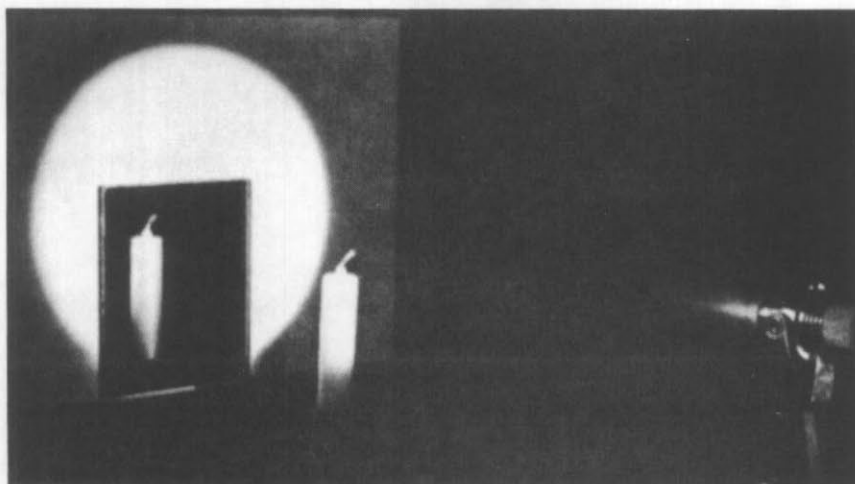
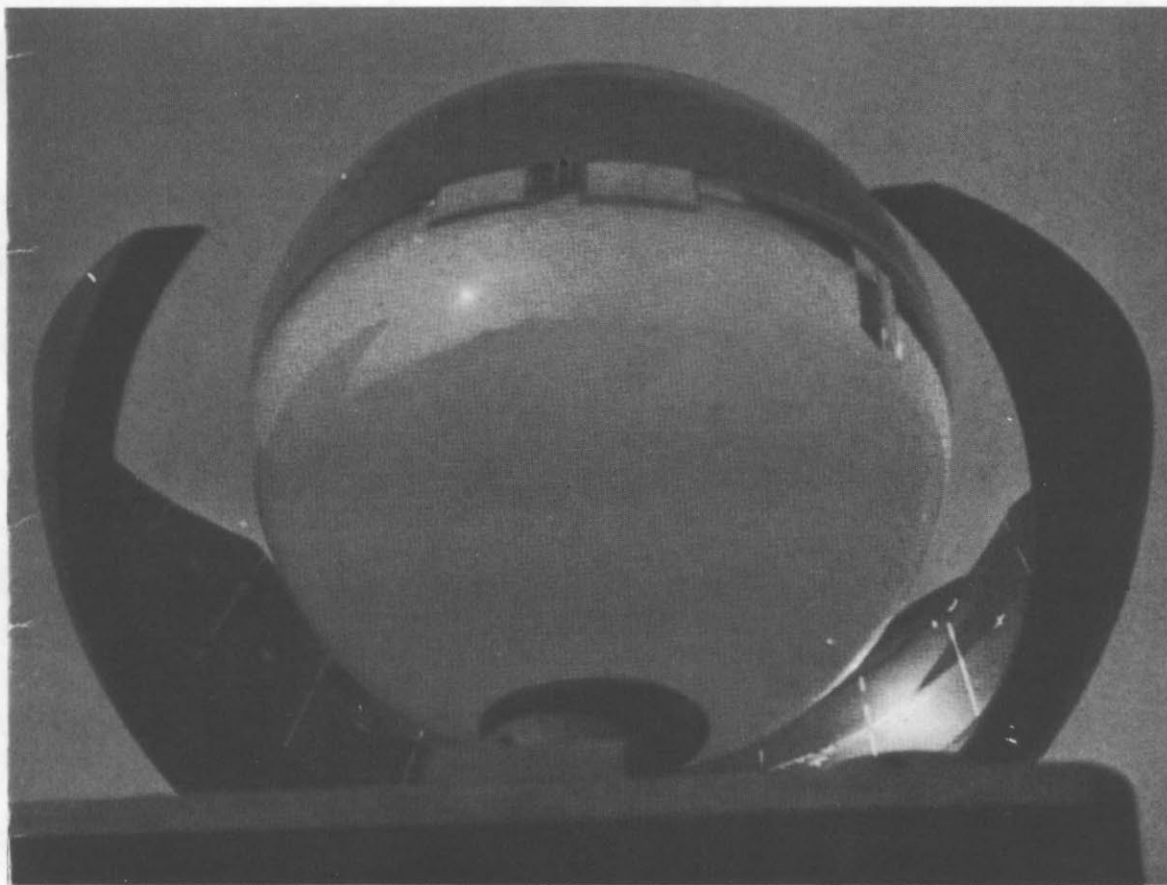


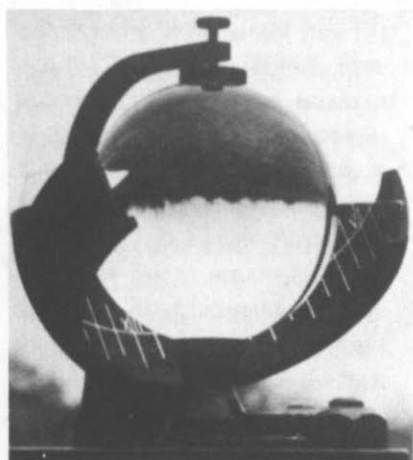
Foto 4: spiegelende en verstrooiende terugkaatsing



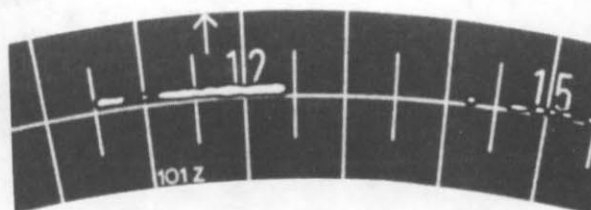
De glazen bol van de zonnescijnmeter vormt een beeld van de zon op de registratiestrook. Rechts op de strook is dat te zien als een lichte vlek.

Bolle lenzen kun je gebruiken als brandglas. Een toepassing daarvan is de zonnescijnmeter. Met dit apparaat leg je vast hoelang de zon heeft geschinen op een bepaalde dag. Een zonnescijnmeter bestaat uit een glazen bol (de bolle lens, het brandglas) met daarachter een papierstrook. Als de zon schijnt, brandt er een gat in de papierstrook. Door de beweging van de zon langs de hemel (zie foto's op blz. 88) beweegt het beeld dat de glazen bol van de zon vormt ook over de papierstrook. Op de strook staan de tijden aangegeven waarop het beeld van de zon op een bepaalde plaats van de strook valt.

Achteraf kunnen zo de tijden dat de zon scheen worden bepaald.



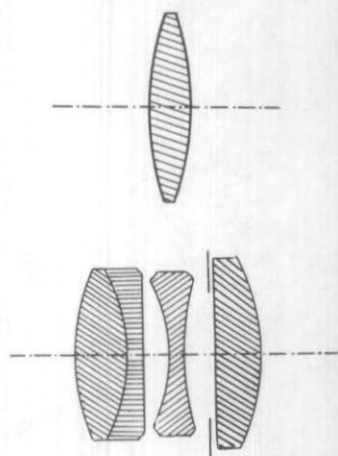
Zonnescijnmeter



Gedeelte van de registratiestrook van een zonnescijnmeter. Het brandspoor is duidelijk zichtbaar. (rond 12 uur)

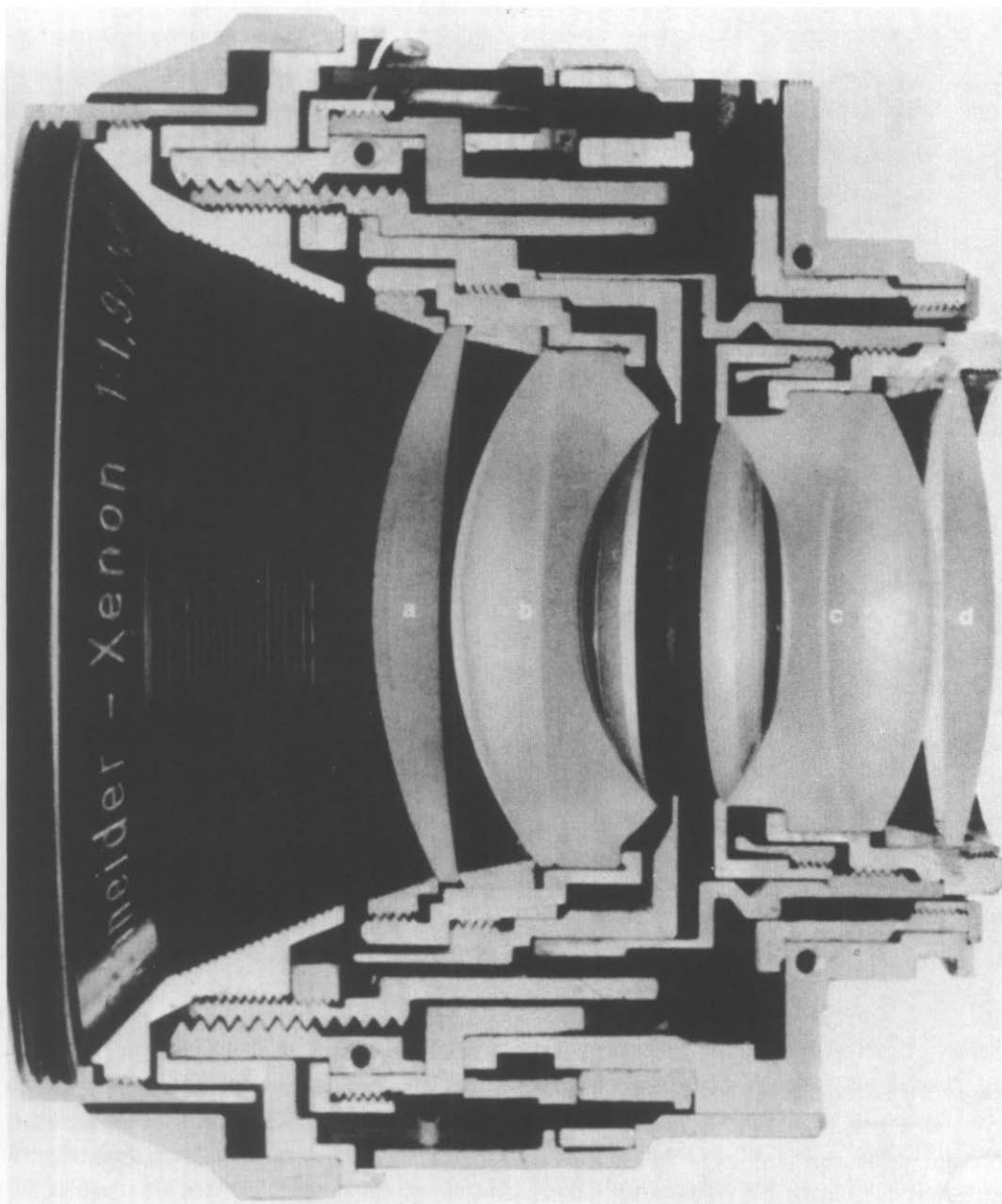


De lens van een foto-toestel wordt gewoonlijk het objectief genoemd. Een gewone lens bestaat uit één stuk glas; bij objectieven worden meerdere stukken glas gebruikt. Bij



Een gewone lens (boven) bestaat uit één stuk glas; een objectief (onder) uit meerdere stukken.

het maken van nieuwe objectieven wordt vooral gelet op glassoorten, vormen van de stukken glas en op de plaatsing daarvan t.o.v. elkaar. Daardoor wil men de kwaliteit van de lens zo goed mogelijk maken. Een zo goed mogelijke kwaliteit betekent: de vormen en de kleuren van het beeld dat de lens vormt, komen overeen met die van het object dat op de foto komt.



Doorsnede door een objectief, opgebouwd uit 4 stukken glas. Samen vormen a en d een bolle lens. De stukken b en c dienen om de beeldkwaliteit te vergroten.

Soorten objectieven

Bij een kleinbeeldcamera met verwisselbaar objectief wordt meestal een objectief meegeleverd met een brandpuntafstand van 50 mm. Zo'n objectief heet een *standaard-objectief*. Als je dat gebruikt bij je opname, krijg je ongeveer evenveel op de foto als wat je normaal scherp ziet met je ogen.* De foto hier-



Standaardobjectief

* voor je gevoel zie je met je ogen meer dan door de zoeker van een fototoestel. Maar je vergeet dan dat je niet alles tegelijk scherp ziet en ook je ogen gauw wat beweegt.

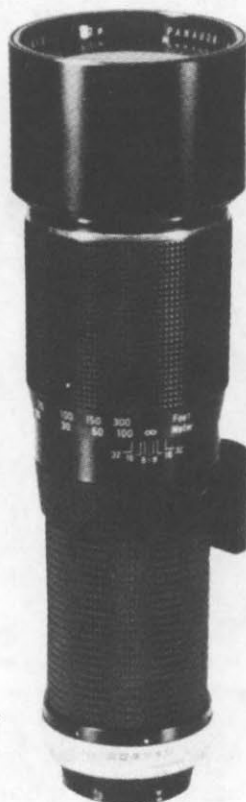
naast werd gemaakt met zo'n standaardobjectief.

Als je meer op de foto wilt krijgen, heb je een groothoekobjectief nodig. De brandpuntsafstand van een groothoekobjectief is kleiner dan die van het standaardobjectief; de waarden variëren tussen 15 en 35 mm. Bij proef 2 op blz. 5 heb je waarschijnlijk gezien dat het beeld kleiner wordt bij een kleinere brandpuntsafstand. Er past dan dus meer op de foto.

Als je voorwerpen op enige afstand toch nog redelijk groot op de foto wilt zetten, heb je een *tele-objectief* nodig. De brandpuntsafstand is groter dan die van het standaardobjectief, bijvoorbeeld 135 mm. Bij proef 2 op blz. 5 heb je kunnen zien dat het beeld groter wordt bij een grotere brandpuntsafstand. Er past dan minder op de foto.



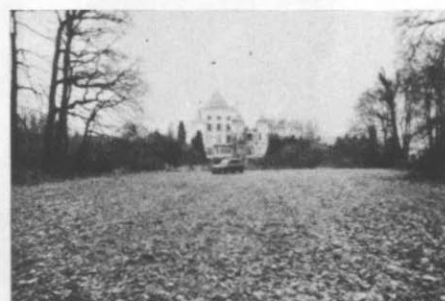
Groothoekobjectief



Tele-objectief



Foto, gemaakt met een standaardobjectief



Foto, gemaakt met een groothoekobjectief, vanaf hetzelfde standpunt als de vorige foto. Het beeld van de auto is kleiner, maar er staat meer op de foto.



Foto, gemaakt met een tele-objectief, vanaf hetzelfde standpunt als de beide vorige foto's. Het beeld van de auto is groter, maar er staat minder op de foto.



Opnamen van een auto met een groothoekobjectief (links), standaardobjectief (midden) en tele-objectief. De plaats van de opname werd zo gekozen dat het beeld van de auto steeds ongeveer even groot is. Let op het verschil in perspectief.



De opname van de vrouw op de foto links werd gemaakt met een groothoekobjectief.

Rechts werd een tele-objectief gebruikt. De plaats van de opname werd zo gekozen dat het beeld van de vrouw ongeveer even groot is. De scherptediepte is bij de opname met de telelens veel kleiner.

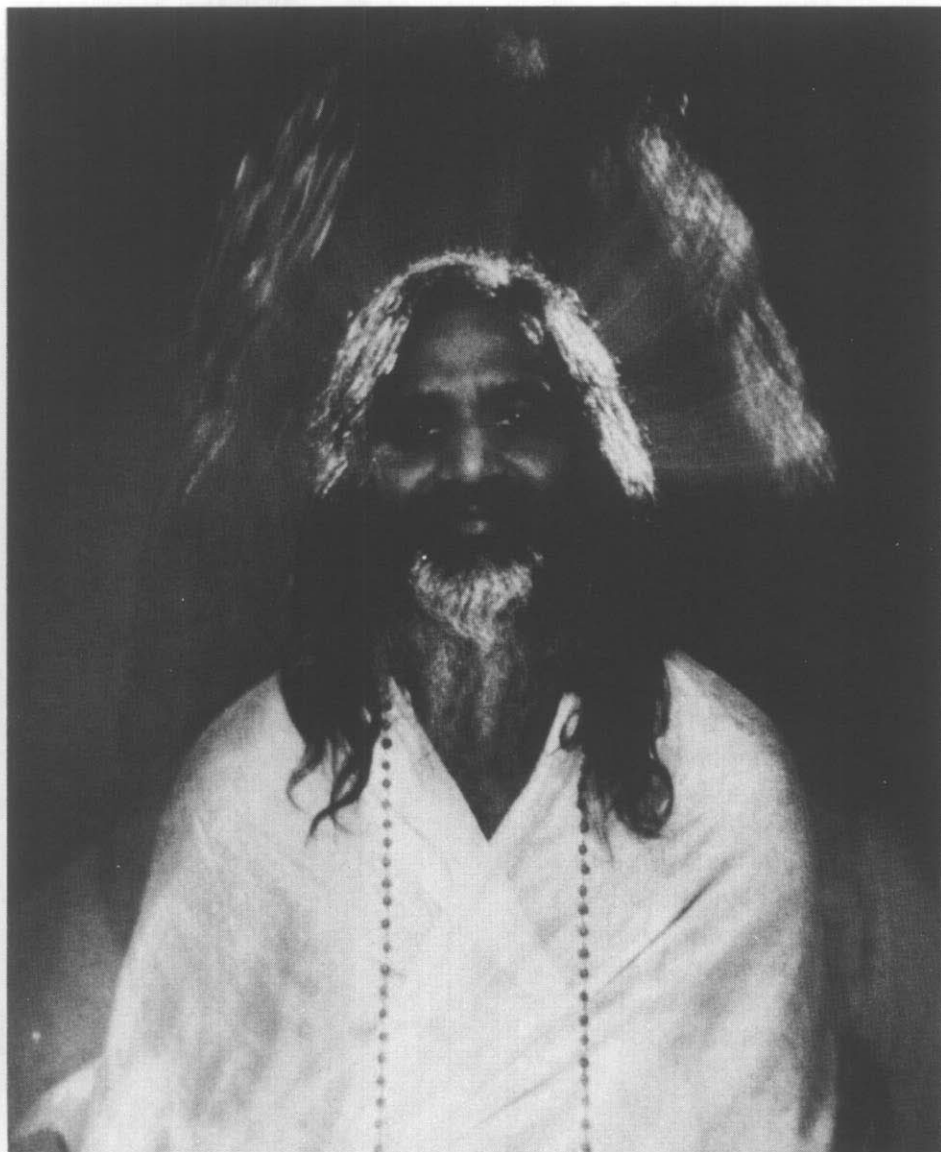




Zoomobjectief

Objectieven waarvan je de brandpuntafstand kunt veranderen heten *zoomobjectieven*. Ze worden ook elders gebruikt, bijvoorbeeld in t.v.-opnamen van sportwedstrijden (het „inzoomen”) en bij projectoren (zie de extra proef op blz. 69).

Voor opnamen van kleine voorwerpen, zoals postzegels en kevers bestaan er zgn. *macro-objectieven*. De afmetingen van het beeld op de film kun je daarmee even groot krijgen als de afmetingen van het voorwerp. Bij proef 17, punt 4, op blz. 12 heb je gezien dat in dat geval voorwerpafstand en beeldafstand even groot zijn (beide 2 maal de brandpuntafstand). Een macro-objectief heeft een brandpuntafstand van 55 mm of meer en steekt dus sterk naar voren bij een opname van voorwerpen dichtbij. De afstand tussen film en objectief kun je ook vergroten door extra ringen te plaatsen tussen het fototoestel en het objectief dat je gebruikt.



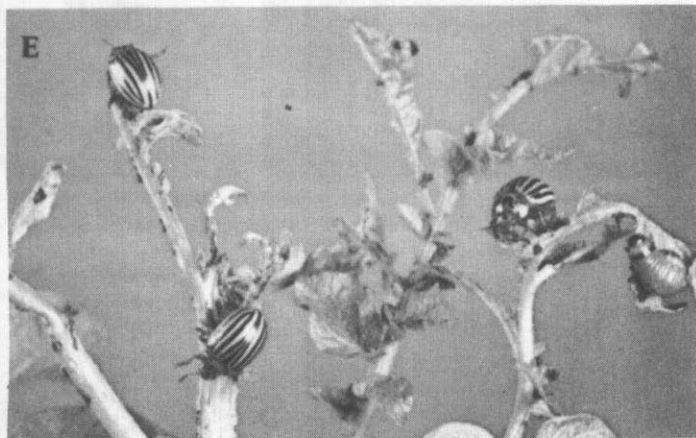
Opname van Maharishi Mahesh Yogi met een zoomobjectief. Tijdens de opname werd het hele bereik aan brandpuntafstanden doorlopen.



Macro-objectief

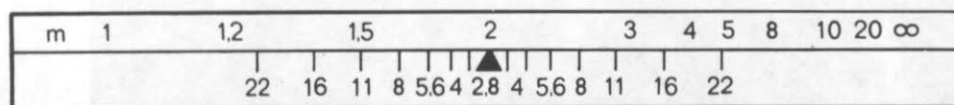


Hetzelfde objectief in geheel uitgedraaide toestand



Kevers op een aardappelplant. De opname werd gemaakt met een macro-objectief.

Soms wil je een foto maken van een aantal mensen, die op verschillende afstanden van de lens staan. Je wilt dan van te voren weten wie scherp op de foto komt en wie niet. Op veel objectieven zit een scherptediepteschaal, waarmee je dit kunt nagaan. Hij bevindt zich direct naast de afstandschaal en werkt als volgt.



Scherptediepteschaal.

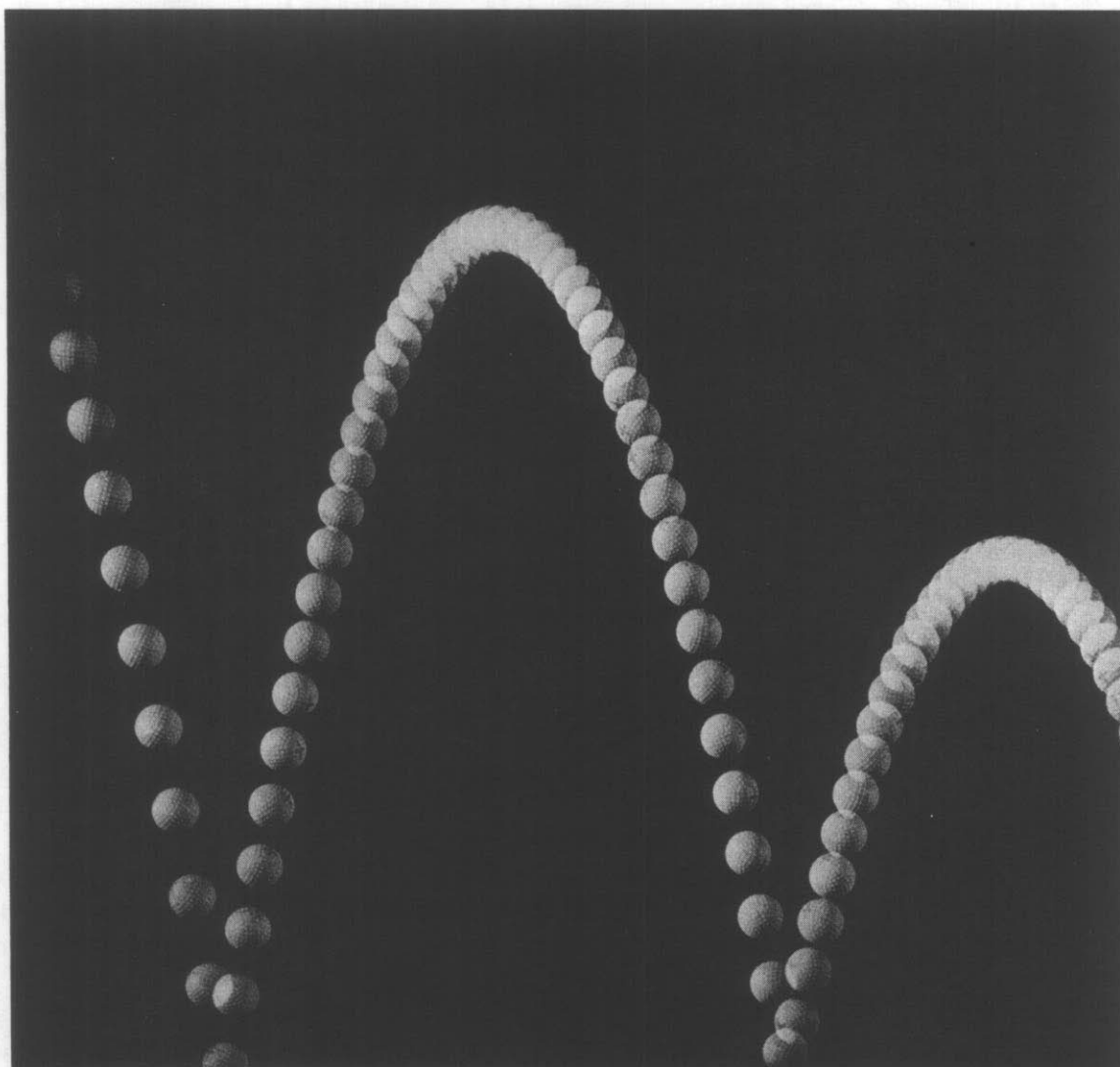


Je kiest eerst de afstandsinstelling waarmee je een opname wilt maken; bijvoorbeeld 2 meter (zie tekening).

De streepjes rechts van de pijl op de scherptediepteschaal geven aan tot hoe ver je mensen scherp krijgt bij verschillende diafragma-openingen. Bij diafragma 5,6 is dat ongeveer tot 2,40; bij diafragma 22 bijna tot 5 m.

De streepjes links van de pijl op de scherptediepteschaal geven aan tot hoe dichtbij je mensen scherp krijgt bij verschillende diafragma-openingen. Bij diafragma 5,6 is dat ongeveer 1,70 m; bij diafragma 22 ongeveer 1,30 m.

Als je de afstand instelt op 2 m krijg je bij een diafragma 5,6 alles scherp op de foto tussen 1,70 m en 2,40 m. De scherptediepte is dan $2,40 - 1,70 = 0,70$ m. Bij diafragma 22 krijg je alles tussen 1,30 en 5 m scherp op de foto. De scherptediepte is dan $5,00 - 1,30 = 3,70$ m.



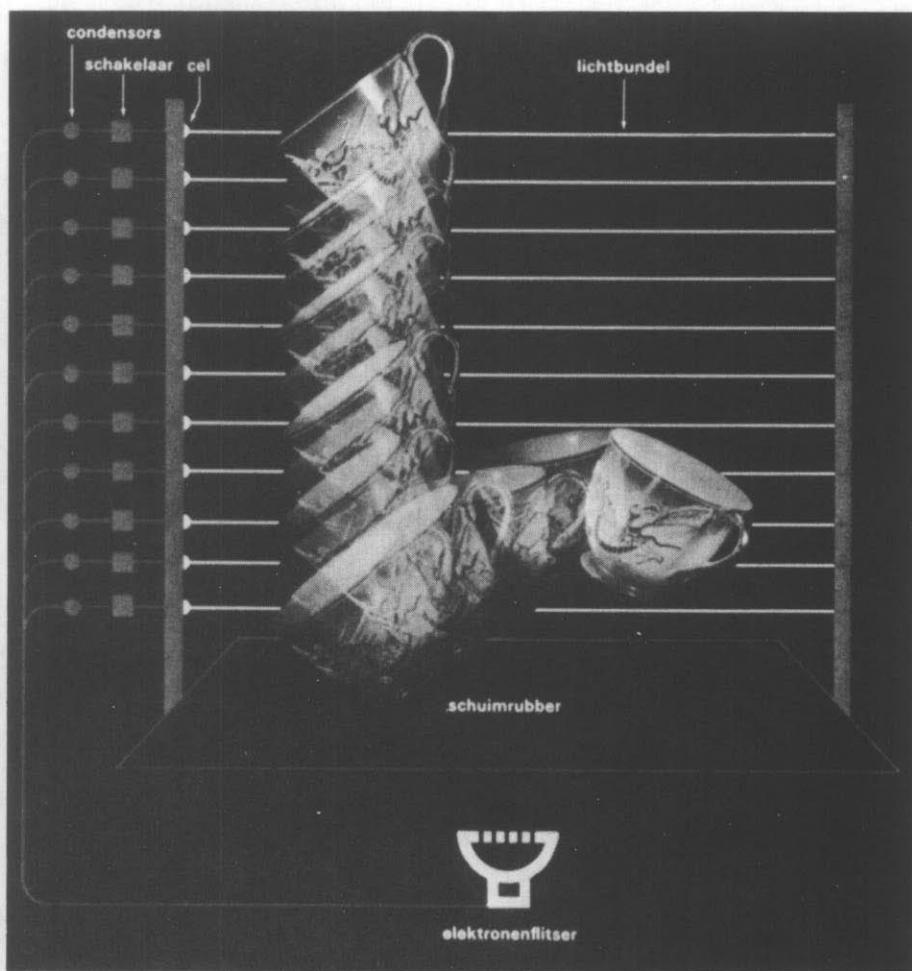
Stuiterend balletje

Als je de foto van het stuitende balletje op blz. 128 vergelijkt met deze foto van een stuitend kopje, zie je het volgende verschil. Het balletje valt het snelst als het vlak bij de grond is. Het kopje lijkt steeds even snel te vallen. Hoe kan dat?

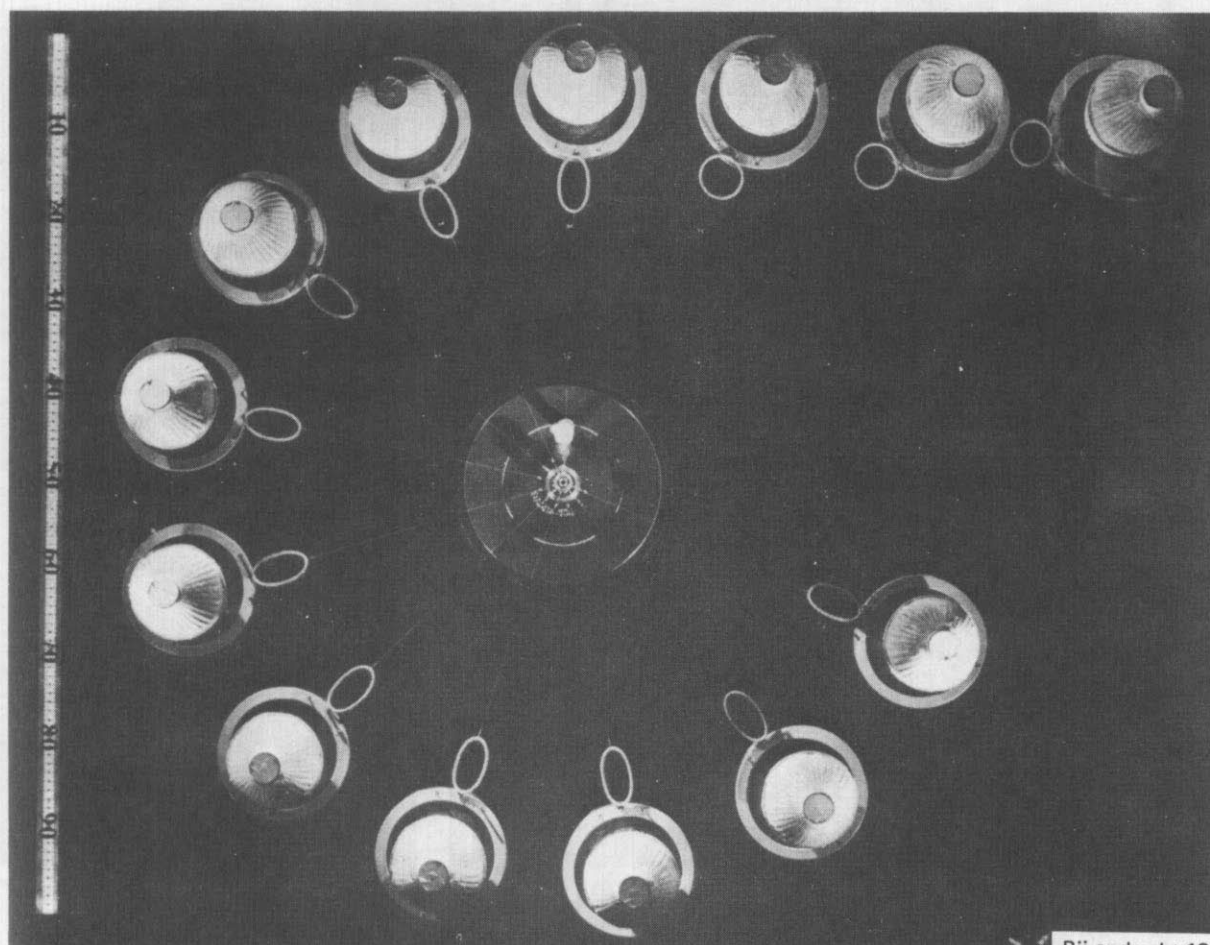


stuitend kopje

Een antwoord op deze vraag vind je als de bladzijde omslaat.



Om een veelvoudige belichting van een vallend kopje te kunnen maken, plaatste fotograaf Lou Carrano 11 foto-elektrische cellen op de hierboven afgebeelde manier met vaste tussenruimtes vertikaal boven elkaar. Elke cel ontving een smalle lichtbundel uit een er tegenover aangebrachte lamp en was verbonden met een elektronische schakelaar die een elektronenflits liet afgaan wanneer de stralenbundel naar de cel werd verbroken. Nadat hij van zwart fluweel een achtergrond had gemaakt en op de ondergrond een schuimrubber mat had neergelegd, verduisterde Carrano de kamer en liet het kopje langs de batterij van elektrische ogen vallen. Elke keer dat het kopje een van de lichtbundels onderbrak, ging de flits af wat uiteindelijk resulteerde in de veelvoudig belichte opname



Bij opdracht 13 op blz. 92

films ontwikkelen en filmgevoeligheid

Als je een foto maakt, komt er een scherp beeld op een fotografische film in de camera. De film bestaat uit een strook celluloid met daarop een lichtgevoelige laag. De laag is gemaakt van korreltjes zilverbromide in gelatine. Licht dat op zo'n korreltje zilverbromide valt, verandert dat korreltje.

Doordat op de film een beeld valt, veranderen sommige korreltjes wel en andere niet. Die verandering is niet zichtbaar. Door de film te ontwikkelen, wordt hij zichtbaar gemaakt. Tijdens het ontwikkelingsproces gaat de film achtereenvolgens in vier baden:

1. het ontwikkelingsbad

De ontwikkelaar verandert de belichte zilverbromidekorrels in zilverkorreltjes. Die korreltjes zijn zwart in tegenstelling tot het zilver dat je bijvoorbeeld bij de juwelier ziet. Aan korreltjes die niet belicht zijn, verandert de ontwikkelaar niets. Na een korte tijd in het ontwikkelbad wordt het beeld zichtbaar.

2. het stopbad

In het stopbad wordt het teveel aan ontwikkelaar verwijderd.

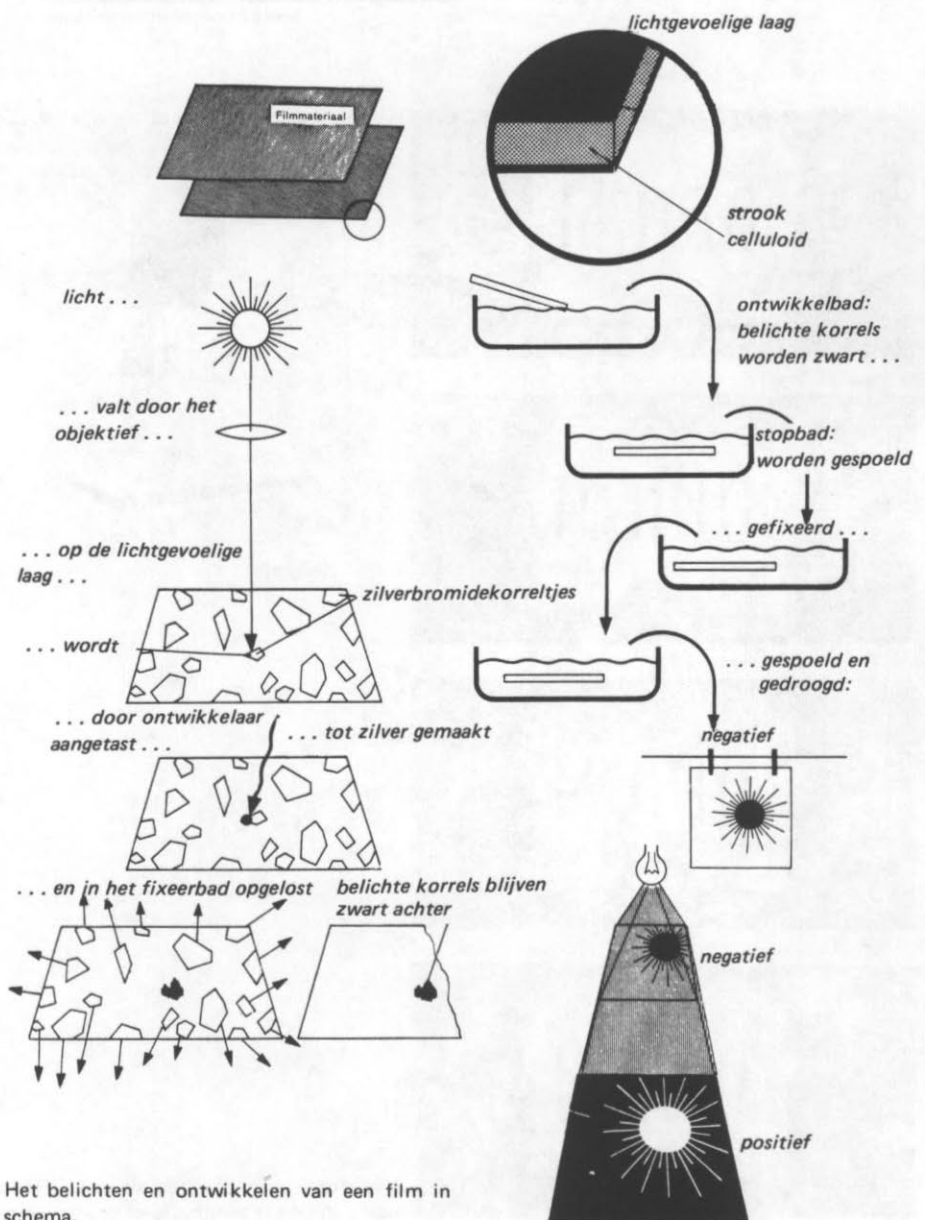
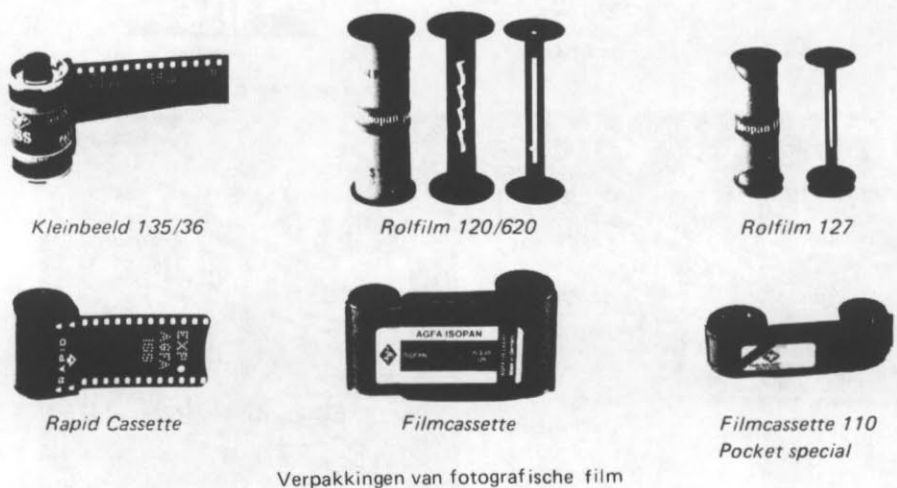
3. het fixeerbade

Het fixeer verwijderd de niet belichte korrels van de film, zodat dat gedeelte van de film doorschijnend wordt.

4. spoelen

Alle overgebleven chemicaliën uit vorige baden worden hier verwijderd.

Zo ontstaat een negatief: waar licht op de film kwam, heb je zwarte zilvervlekken.



Het belichten en ontwikkelen van een film in schema.



onderwerp

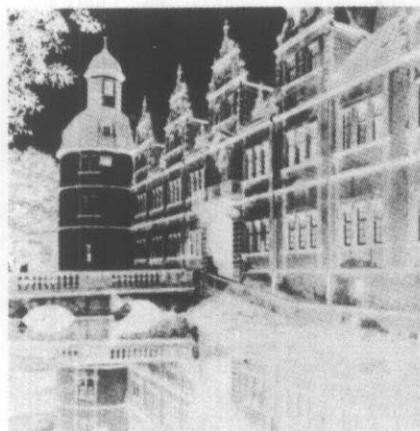


negatief



afdruk

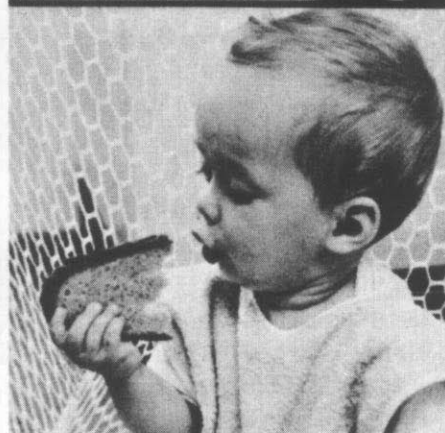
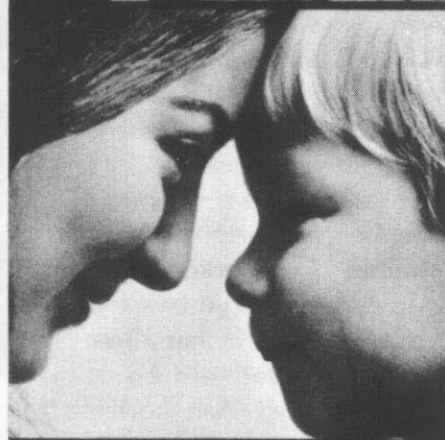
van onderwerp tot afdruk



een fotonegatief en -positief



vergroter



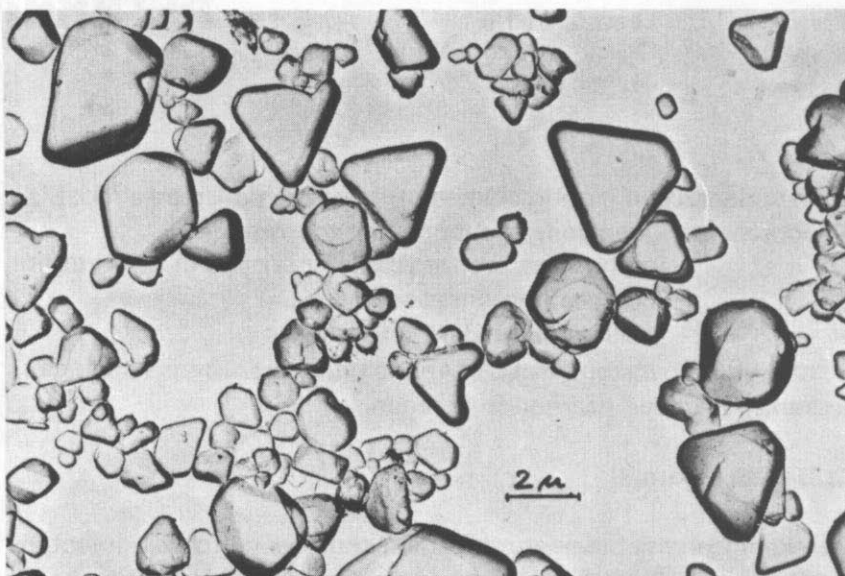
Kwam er geen licht, dan is het negatief doorzichtig. Om van het negatief een gewone afdruk (positief) te maken, wordt het proces herhaald.

Vier foto's van dezelfde situatie. Van boven naar beneden is de film steeds grofkorreliger.

Met een vergroter maak je van het negatief een afbeelding op fotografisch papier. Dit papier gaat door een ontwikkelbad, een stopbad en een fixeerbad. Daarna wordt het gespoeld en dan is de foto klaar.



De invloed van vergroten op de scherpte bij verschillende filmgevoeligheden. Van onder naar boven is de film steeds gevoeliger. De rechterfoto's zijn vergrotingen van de linkerfoto's.



Een sterk vergroot negatief; 1 cm is in werkelijkheid 0,001 mm. Je ziet de korrels.

Filmgevoeligheid en scherpte

Een ontwikkeld negatief is opgebouwd uit kleine zwarte vlekjes. De afmetingen van die vlekjes komen overeen met de afmetingen van de korrels.

Er bestaan verschillende filmsoorten: met grove en met fijne korrel. De gevoeligheid van een film is afhankelijk van de grootte van de zilverbromide korrels. Wanneer er op een gedeelte van een korrel licht valt, wordt de hele korrel zwart. Bij een film met grove korrel is dus maar weinig licht nodig om grote stukken van de film zwart te maken. De grote gevoeligheid van een film met grove korrel is een prettige eigenschap, bijvoorbeeld als je binnen wilt fotograferen zonder flitslicht. Zo'n film heeft ook een nadeel. Een foto op een grofkorrelige film kan niet sterk vergroot worden, omdat je dan de korrel gaat zien.

De korrels dragen bij aan de onscherpte van een foto doordat hele korrels zwart worden ook als er maar een gedeelte van de korrel belicht wordt. Daarom is een opname scherp zolang de onscherpte kleiner is dan de afmetingen van de korrels.

Voor sterke vergrotingen kun je beter een wat gevoeliger film nemen met een kleine korrel.

Hieronder vind je een overzicht van verschillende films met hun eigenschappen. De gevoeligheid van de film wordt uitgedrukt in Din of ASA.

film		gebruik
15 Din	25 ASA	voor extreme vergrotingen
18 Din	50 ASA	
21 Din	100 ASA	universele film
24 Din	200 ASA	voor weinig licht
27 Din	400 ASA	voor erg weinig licht

Van boven naar beneden neemt de filmgevoeligheid toe, wordt de korrel grover, en het beeld minder scherp.



Bij de onderzoeken, opdrachten en proeven van dit thema moet je nog al eens een berekening uitvoeren.

Bijvoorbeeld: – berekeningen met de lenzenformule

– omrekenen van snelheden naar m/s of naar km/uur

– berekeningen met snelheden

– berekeningen van vergrotingen

Je moet deze berekeningen zelf kunnen uitvoeren. Het is handig om ze snel even te kunnen controleren. Deze leestekst geeft een paar mogelijkheden.

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

1. De lenzenformule

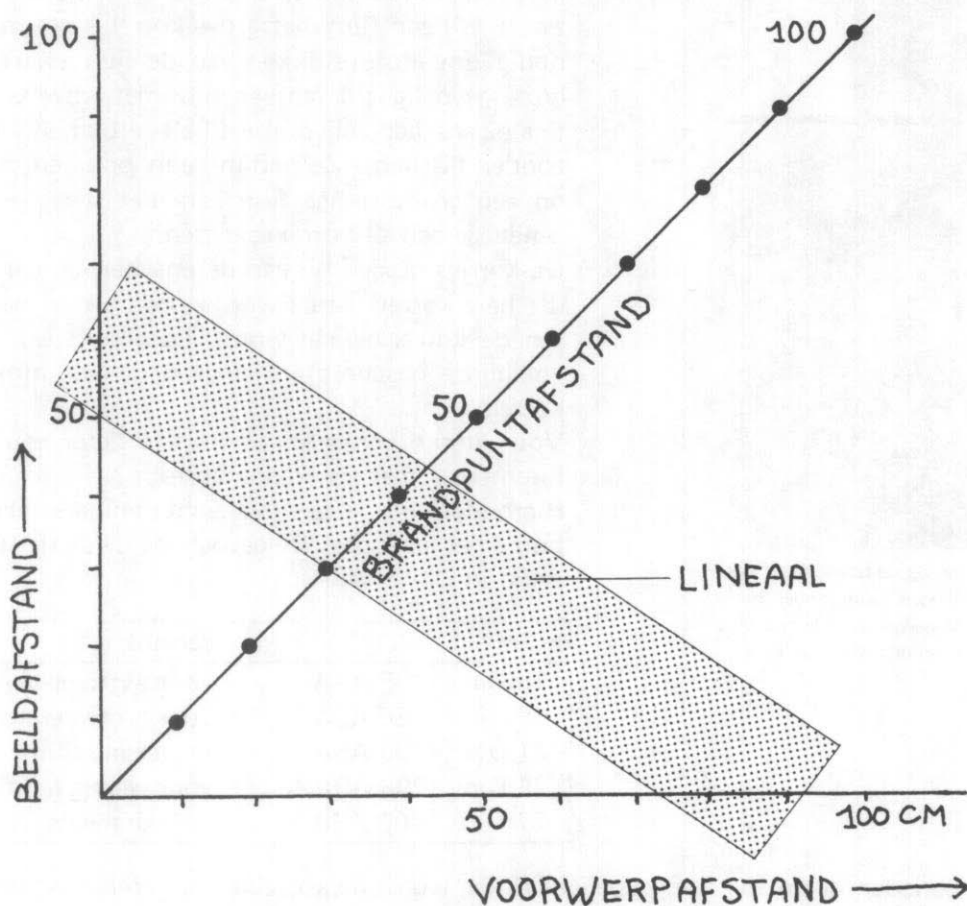
Berekeningen met de lenzenformule kun je controleren met het diagram hieronder. Je moet b.v. of f berekenen als de andere twee gegeven zijn. We geven een voorbeeld, waarin de beeldafstand en de brandpuntafstand gegeven zijn: $b = 50$ cm; $f = 30$ cm.

1. Leg de liniaal zó neer dat de rand het punt „beeldafstand” 50 cm en het punt „brandpuntafstand” 30 cm verbindt.

2. Lees de voorwerpapstand af van de lijn „voorwerpapstand”.

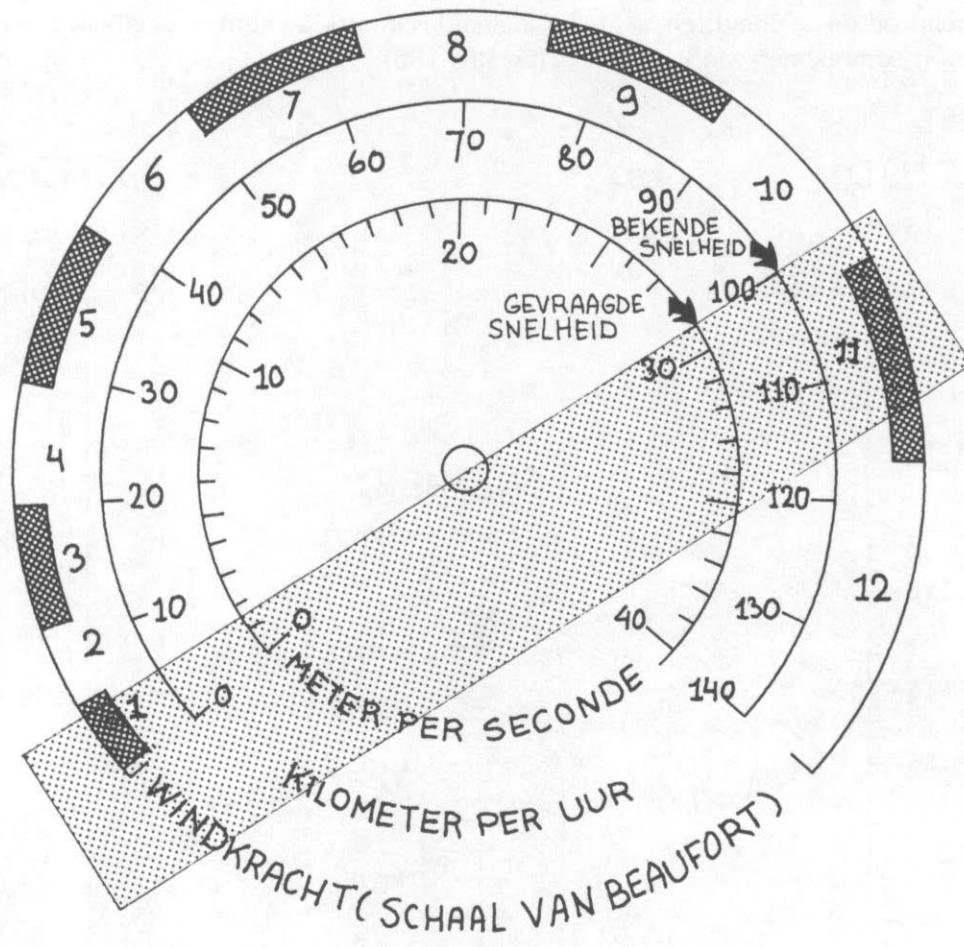
We vinden zo voor de voorwerpapstand 75 cm.

Op dezelfde manier vind je bijvoorbeeld bij een voorwerpapstand van 40 cm en een beeldafstand van 40 cm, een waarde van 20 cm voor de brandpuntafstand. Ga dit na.



2. Omrekenen van snelheden

1. Leg de liniaal zó neer dat een rand èn door het midden gaat èn door de bekende snelheid.
2. Lees de gevraagde snelheid af.



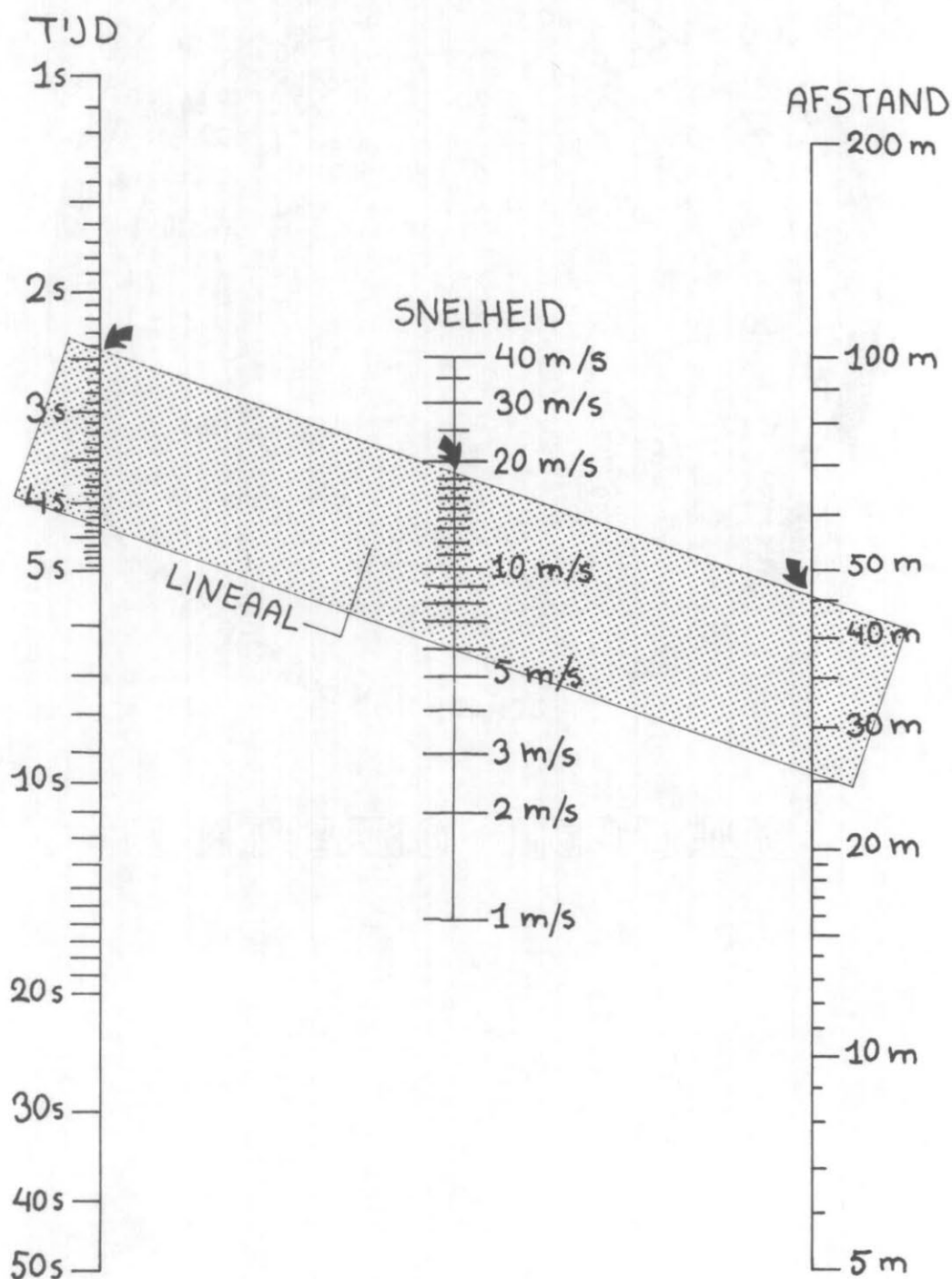
SNELHEDEN OMREKENEN



3. Berekenen van snelheden

Snelheidsberekeningen kun je controleren met het diagram hieronder. Je moet de snelheid, de afgelegde weg of de bijbehorende tijd berekenen als de andere twee gegeven zijn. We geven een voorbeeld waarin de snelheid berekend moet worden, als er 46 m is afgelegd in 2,4 s.

1. Leg de liniaal zó neer dat een rand de tijdschaal snijdt bij 2,4 s en de afstandsschaal bij 46 m.
2. Lees de snelheid op de snelheidsschaal af. De snelheid is in m/s. Je kunt de snelheid omrekenen in km/uur met het diagram „omrekenen van snelheden” (zie blz. 135).



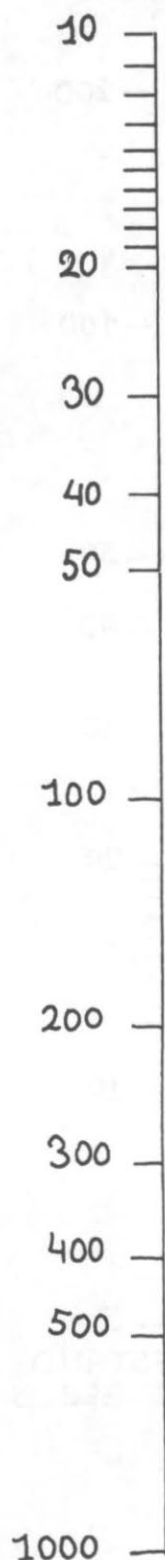
SNELHEDEN BEREKENEN

4. Vergrotingen

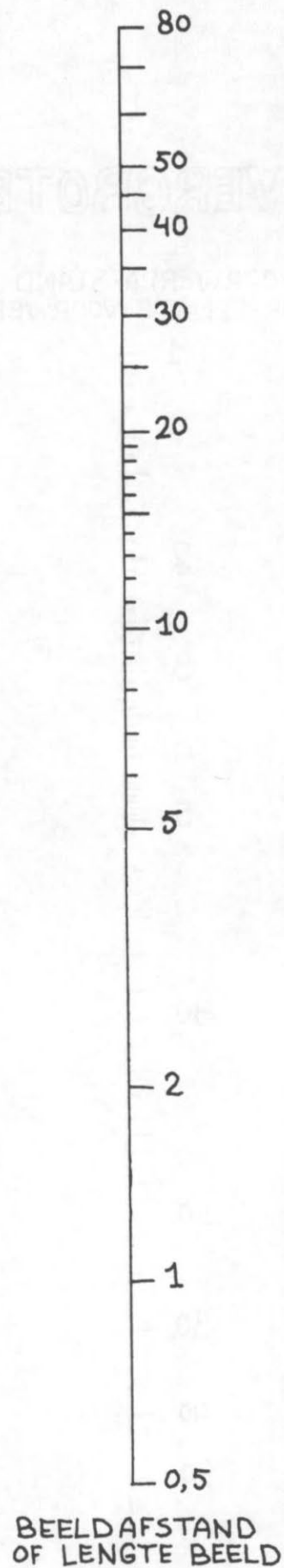
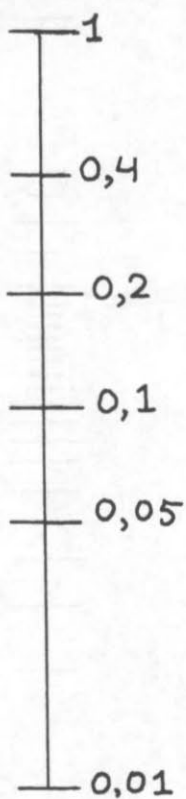
Ga zelf na hoe je deze diagrammen kunt gebruiken.

VERKLEINEN

VOORWERPAFSTAND
OF LENGTE VOORWERP



VERGROTING

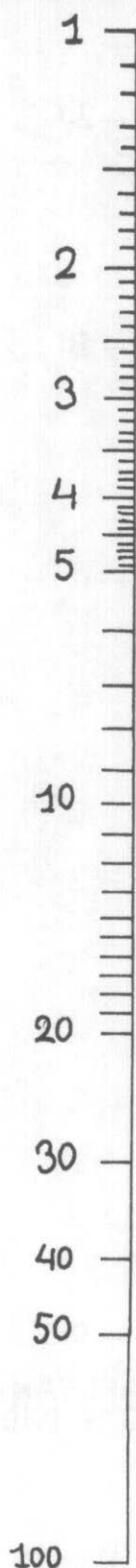


BEELDAFSTAND
OF LENGTE BEELD

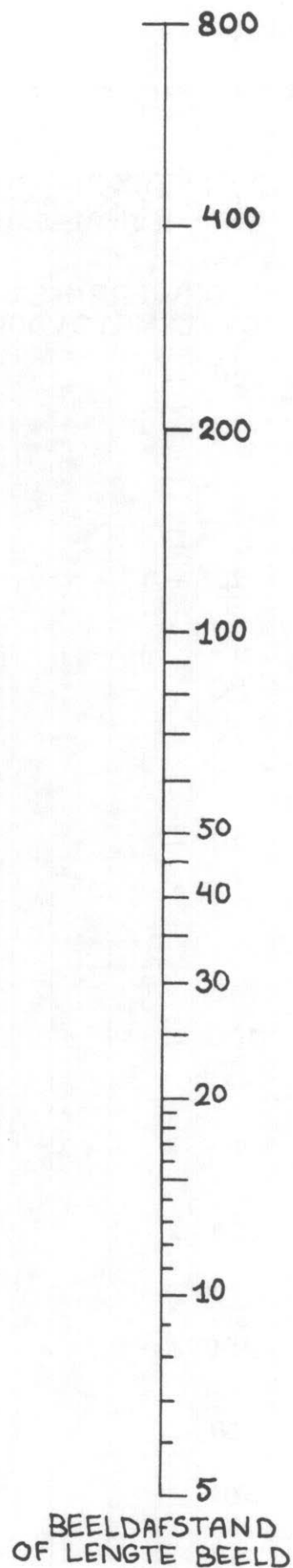
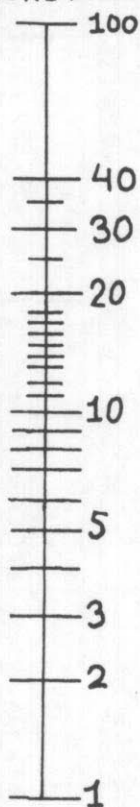


VERGROTEN

VOORWERPAFSTAND
OF LENGTE VOORWERP



VERGROTING



De truuk van de supersnelle camera

Supersnelle camera's brengen een kogel in zijn baan tot stilstand; aaneengeschaalde momentopnamen laten bergen bewegen. In de moderne fotografie is de tijd nog rekbaarder dan elastiek. . .

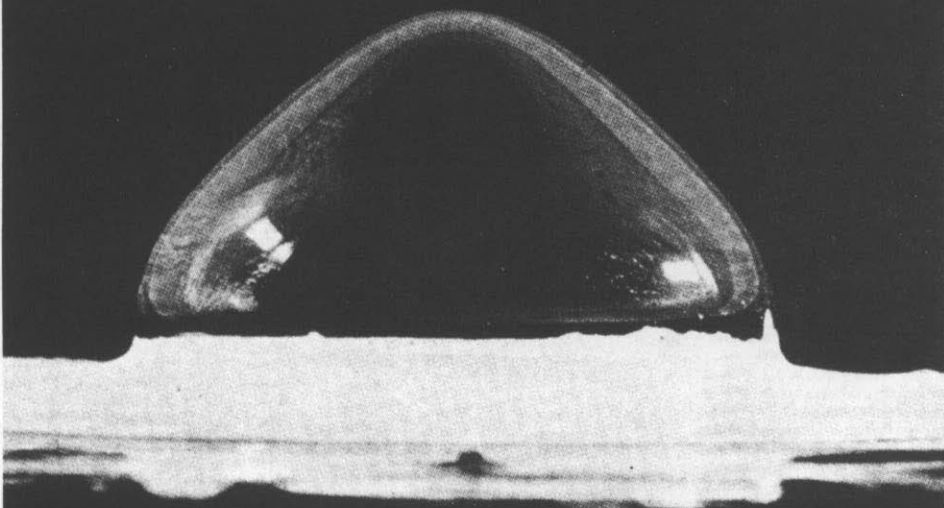
Op topsnelheid raast de auto over de betonnen baan. De bestuurder doet geen enkele poging de massief-stalen paal midden in het wegdek te ontwijken. Vlak voor de daverende klap van de botsing beginnen de filmcamera's te draaien. Maar de chauffeur die even later wat duizelig en met een paar onbetekende schaafwonden uit het wrak wordt bevrijd, is geen stuntman in dienst van een Amerikaanse filmmaatschappij. Hij heeft een veelbelovend veiligheidssysteem uitgevonden dat bij frontale botsingen mensenlevens kan redden, en hij wilde op een testbaan uitzoeken of daaraan nog iets verbeterd kon worden.

Daartoe moest hij weten wat er exact gebeurt in de fractie van een seconde onmiddellijk nadat de voorkant van de auto de stalen paal raakt. De filmcamera's hebben dat vanuit verschillende gezichtshoeken met een opnamesnelheid van 5300 beeldjes per seconde vastgelegd. Als een projector die films met de normale snelheid van *twintig* beeldjes per seconde afdraait, lijkt het of de tijd als een stuk elastiek wordt uitgerekt. . .

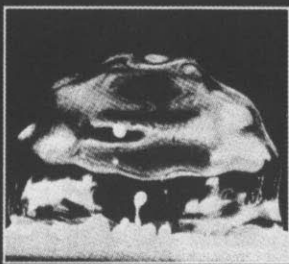
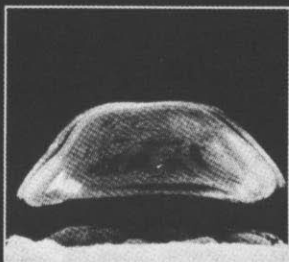
Reddende ingreep met lichtsnelheid

Bij het eerste contact tussen bumper en paal wordt een stroomkring gesloten. Terwijl de dodelijke schokgolf zich in het metaal van motor en carrosserie voortplant, ijlt de stroomstoot vooruit met de snelheid van het licht, en bereikt een transistor in het dashboard. Die transistor laat door middel van een elektrische vonk een capsule ontploffen; en terwijl de schokgolf nog nadert, springt uit het dashboard een stootkussen te voorschijn dat zich bliksemsnel met lucht vult en de vooroverslaande bestuurder opvangt. Wat zich in werkelijkheid in één twintigste seconde afspeelt, wordt op het filmscherm vertraagd tot iets meer dan *dertien* seconden. Zo vaak als hij wil kan de uitvinder het hele gebeuren gadeslaan, en op zijn gemak bestuderen waar eventueel nog zwakke plekken in het systeem schuilen. Desnoods kan hij die kritieke twintigste seconde door enkelbeeldprojectie in 265 mootjes hakken en elk beeldje afzonderlijk als onder een tijdmicroscoop bekijken. . .

Het tempo waarin onze hersenen registreren wat onze ogen opvangen, is tamelijk hoog. Allerlei



Alle voorwerpen, ook vaste, gaan onder invloed van geluidstrillingen pulserend meetrillen. Hier „momentopnamen“ uit deze beweging bij zeepbellen: hogere tonen veroorzaken grotere aantastingen van de natuurlijke bolvorm. Boven: een zwevende bal.





gebeurtenissen om ons heen voltrekken zich voor ons bewustzijn zo langzaam, dat we ze niet als bewegingen waarnemen. Geen mens heeft ooit een boom zien groeien; we kunnen alleen na verloop van tijd constateren dat hij gegroeid is. Anderzijds echter ligt het registratietempo van ons bewustzijn veel te laag om bijvoorbeeld de vleugelbewegingen van een vliegende hommel waar te nemen. Daardoor is filmprojectie mogelijk.

We zien te weinig, dus leve de film

Tijdens een bioscoopvoorstelling van een uur zitten we zonder het te merken ruim een half uur in het stikdonker. De lens van de projector wordt in één seconde ongeveer twintig keer afgeschermd, en daar tussendoor verschijnt telkens heel even een nieuw beeld op het scherm. Dat is net iets sneller dan we als afzonderlijke beelden kunnen verwerken, en dus nemen onze hersenen via ons netvlies één doorlopend, bewegend maar strak beeld waar. Natuurlijk moet een filmcamera evenveel beeldjes per seconde opnemen als de projector weer geeft. Bij meer dan twintig opnamen per seconde ontstaat het

Onder: Een kogel, betrapt op het moment dat hij een sinaasappel doorboort, toont in één opname het verschil in schadewijde bij de plaats van binnendringen en uittreding. Hoe harder het voorwerp, des te meer verwoesting aan de achterkant.

„slow-motion“-effect uit de *Man van Zes Miljoen*, bij minder dan twintig krijgen we het slapstick-effect uit de filmkomedies van de jaren twintig. Bij een gelijkblijvende projectie-snelheid kan de filmcamera de tijd dus schijnbaar langer of korter maken. Nemen we om de vijf minuten een beeldje op van een opengaande bloem, dan is het resultaat een filmpje waarin datzelfde gebeuren zich in zes seconden afspeelt. Maar een filmopname met vierhonderd beeldjes per seconde laat zien hoe een druppel melk te pletter valt. Er vormt zich een langzaam uitwaaiende kroon, terwijl zich in het midden daarvan een zuil begint te verheffen. De kroon stort weer in, maar de zuil stijgt intussen nog steeds hoger op, tot ze zich ongeveer halverwege insnoert en statig terugzakt.

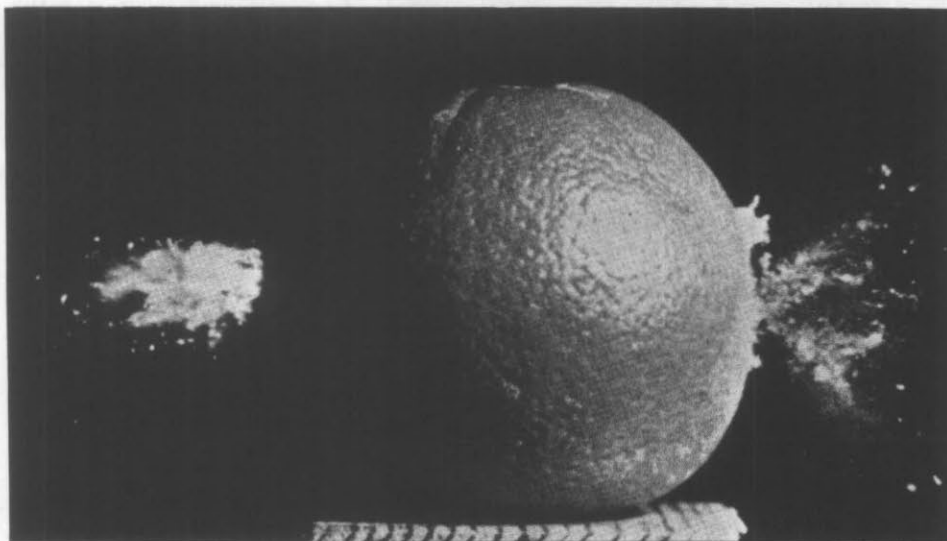
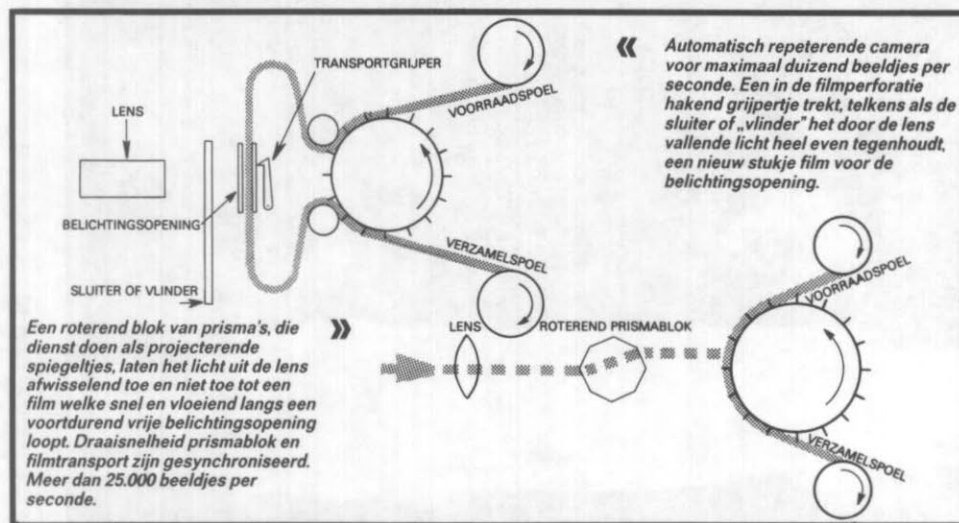
Een gebeurtenis van een halve seconde ligt op de film vast in tweehonderd beeldjes; afgedraaid met een snelheid van twintig beeldjes per seconde wordt die gebeurtenis uitgerekend tot tien seconden.

Er bestaan filmcamera's die een snelheid halen van een miljoen opnamen per seconde. Dergelijke hogesnelheidsfilmcamera's worden bijvoorbeeld gebruikt om een afgevuurde geweerkogel te volgen. De kogel moet de juiste draaiende beweging krijgen door de spiraalgroeven („trekken en velden“) in de geweerloop. Of de kogel inderdaad draait, en hoe groot de draaisnelheid is, kan worden gecontroleerd door hem gedurende een honderdste seconde in een klein stukje van zijn baan te betrappen met een opnamesnelheid van vele duizenden beeldjes per seconde.

De draaisnelheid kan dan worden berekend aan de hand van de merktekens op de kogel, want de afgelegde afstand en de opnamesnelheid zijn bekend.

Even lijken of mijn kogel draait

Vaak gaat het de onderzoekers niet om een beweging, maar om een toestand daarin; dus om één enkel beeld. Dan kan worden volstaan met een hogesnelheidsfoto. Om het moment te betrappen waarop een kogel een sinaasappel doorboort, of een hamer door een glazen bol zakt terwijl het glas nog bezig is te scheuren, zijn echter extreem korte belichtingstijden nodig. Een gewone mechanische sluiters kan



die niet opbrengen. Dergelijke foto's maakt men zo mogelijk in een donkere ruimte, of bij getemperd licht dat geen invloed heeft op de film. Daarbij kan de lens gewoon open blijven staan en zorgt een zeer korte lichtflits voor de gewenste belichting. Met speciale elektronenflitsers zijn belichtingstijden tot één miljoenste seconde mogelijk, en met een pulslaser zelfs één miljardste. Het juiste moment van de flits wordt mogelijk gemaakt door een foto-elektrische cel en een lichtbundel die door het bewegende voorwerp wordt onderbroken. Bij hele of halve duisternis kan men bovendien een aantal achtereenvolgende opnamen maken van een sterk schokkend of trillend voorwerp met behulp van een zgn. stroboscoop, een soort lichtflitsenmitrailleur waarvan de frequentie wordt aange-

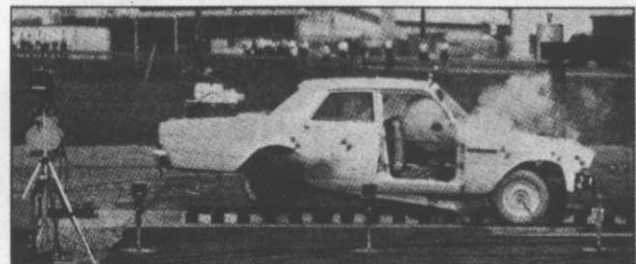
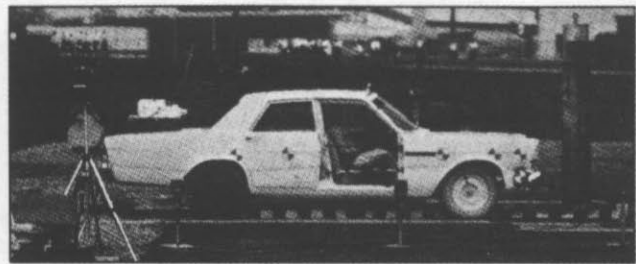
past aan de fracties van seconden waarin men het voorwerp wil vangen. Een stroboscoop in zijn primitiefste vorm is zo iets als een schijf met gaatjes, die langs een opening met daarachter een continue lichtbron draaien; maar de hogesnelheidsfotografie werkt met een elektronische stroboscoop.

Het snelst gaat het in het donker

Kan een opname niet in een donkere of schemerachtige ruimte worden gemaakt, dan draait men de procedure om: dan blijft de lichtbron ononderbroken aan, maar gaat de lens heel even open. Dat systeem is ook het enig mogelijke om voorwerpen te fotograferen die zelf licht uit-

Opnamen met een belichtingstijd van een miljardste seconde: gebruik een laserstraal als flits!

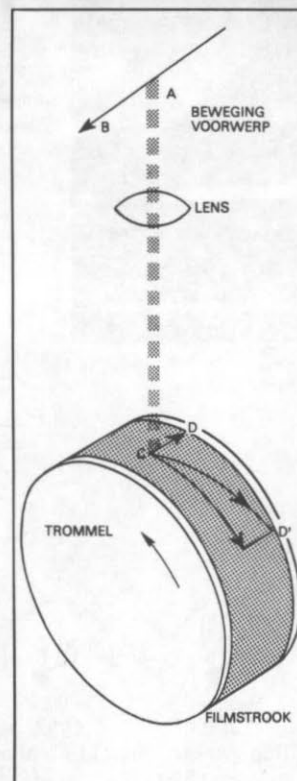
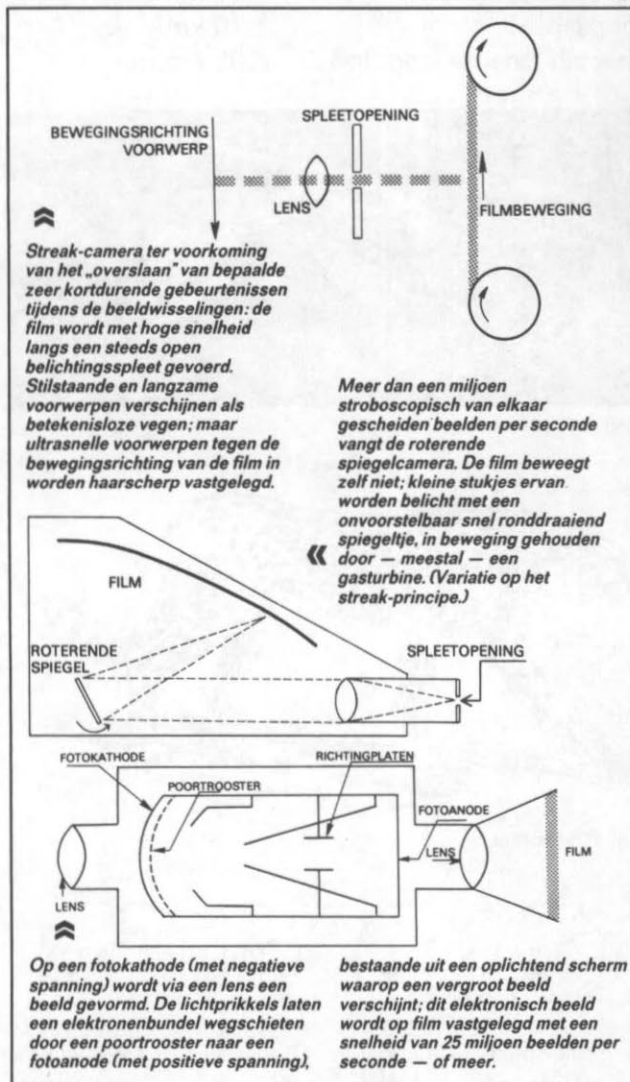
stralen. Met een betrekkelijk nieuwe vinding als de Kerr-cel zijn sluitertijden tot één tienmiljoenste seconde mogelijk. Of men bij een bepaalde foto uitgaat van een zeer kort stralende lichtbron dan wel van een zeer kort durende lensopening, wordt in het algemeen door twee gegevens bepaald: de aard van het licht én de gewenste belichtingstijd.



FRONTALE BOTSING ALS STRIPVERHAAL

Boven: Hogesnelheidscamera's (waarvan één gemonteerd op het kofferdeksel) registreren de waarde van een nieuw veiligheidssysteem bij frontale botsingen. Op de eerste foto leunt de proefpersoon in een reactie op het besef van de naderende klap achterover. Dan boort het obstakel, een stalen paal, zich in de motorkap. Maar nog vóór de auto uit zijn voegen begint te barsten, wordt op commando van een elektrisch signaal een luchtzak opgeblazen die de naar voren klappende bestuurder opvangt. Pas daarna gaan de achterwielen omhoog en misvormt de schokgolf het chassis en de carrosserie.

« Nog een streak-toepassing: de film is aangebracht op de buitenkant van een sneldraaiende trommel. De beweging van het ultrasnelle voorwerp van A naar B zou, omgekeerd door de lens, op de film van C naar D lopen maar vertoont zich door de trommelrotatie als de uitgerekte resultante CD'. Ook hier stroboscopische belichting om vervloeiing van beeldpunten tot beeldlijnen te voorkomen.





hardloper: 48 km/uur

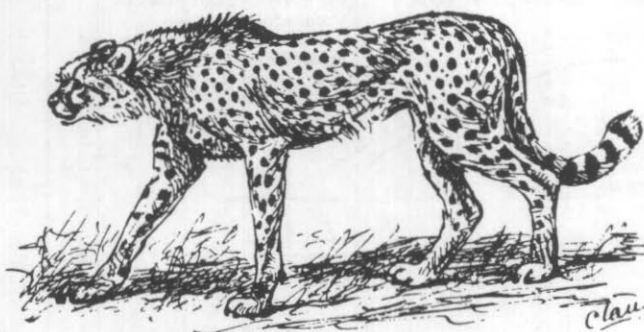
Iemand die rustig loopt, heeft een snelheid van ongeveer 5 km/uur.

Dat is ongeveer 1,5 meter — 2 stappen — per seconde. Maar altijd al willen er mensen sneller gaan. Op oude bekers en wandschilderingen vind je hardlopende mensen. De topsnelheid die rennende mensen en dieren kunnen halen is:

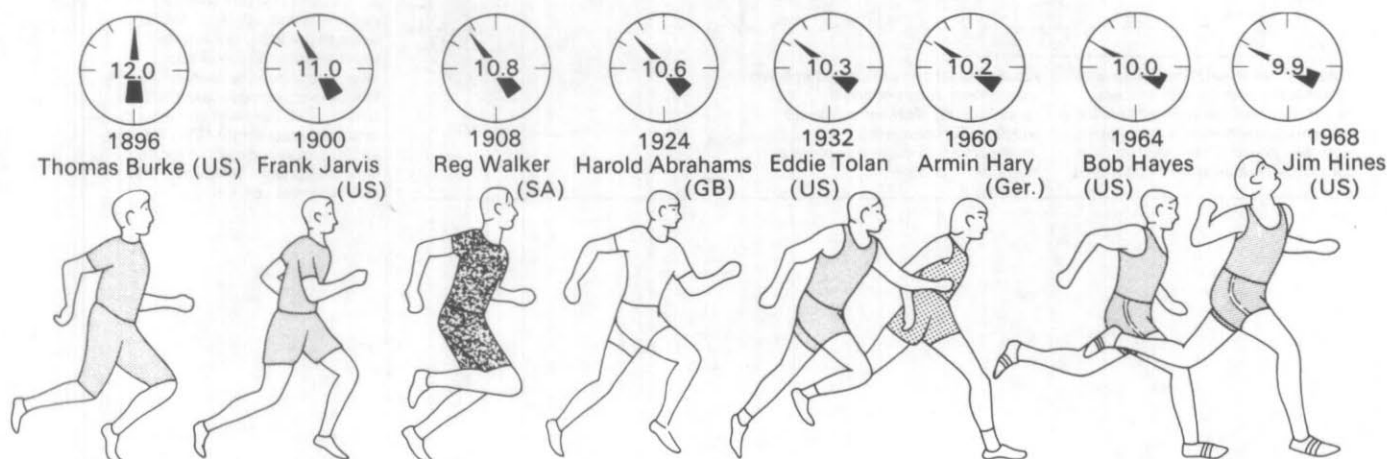
hardloper over korte afstand	48 km/uur
hardloper over lange afstand	25 km/uur
hazewindhond	65 km/uur
renpaard	70 km/uur
cheetah (snelste landdier)	105 km/uur



hazewindhond: 65 km/uur



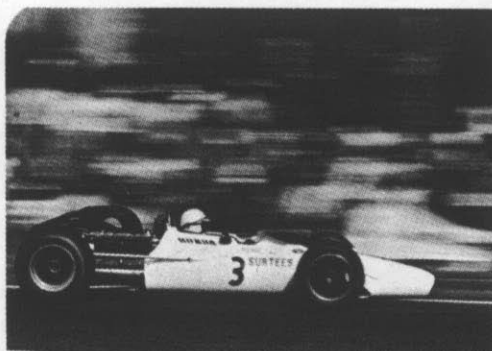
Cheetah: 105 km/uur



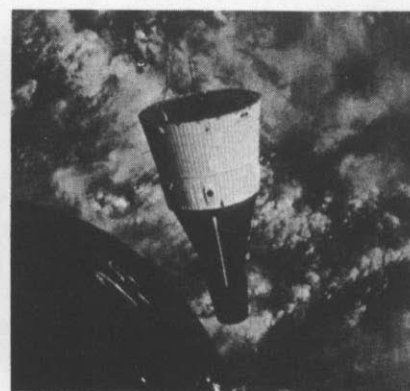
Olympische records op de 100 meter hardlopen van 1896 tot 1968



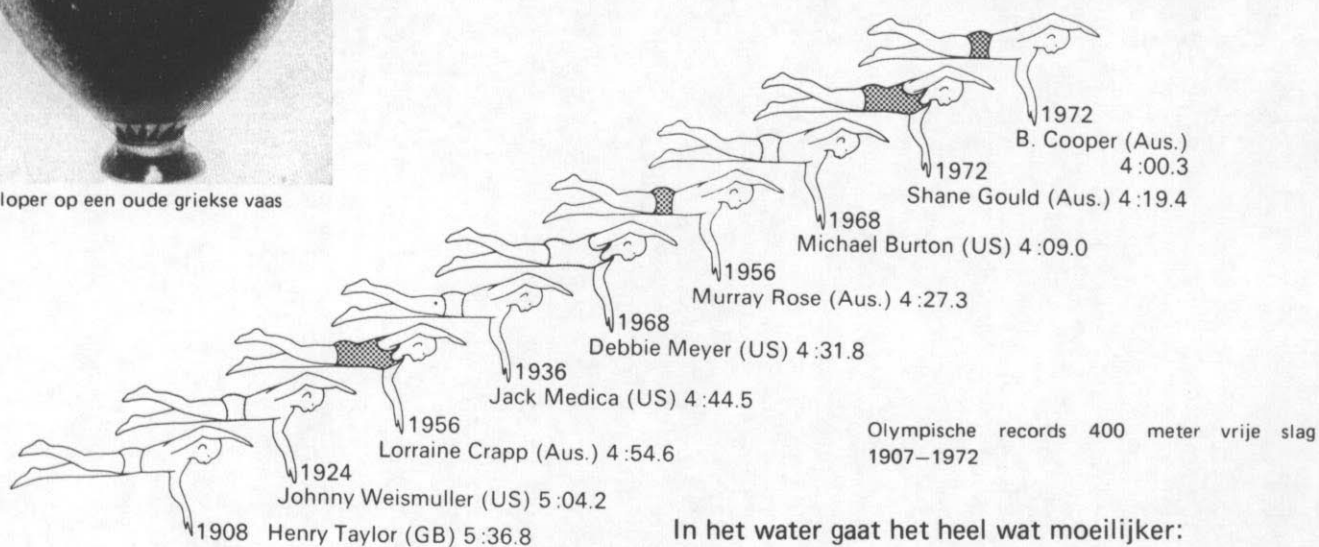
Hardloper op een oude griekse vaas



Auto (zuigermotor): 340 km/uur



Ruimtecapsule: 40.000 km/uur



In het water gaat het heel wat moeilijker:

zwemmer	8 km/uur
zeeleeuw	40 km/uur
snelste vis	110 km/uur

De snelste vogels halen 170 km/uur, een duif kan al een snelheid halen van 90 km/uur.

Als wij mensen hulpmiddelen gebruiken, kunnen we sneller gaan dan het snelste dier:

per motorfiets	258 km/uur
per trein	225 km/uur
per auto (zuigermotor)	340 km/uur
per auto (straalmotor)	990 km/uur
per oceaanstomer	65 km/uur
per raceboot	113 km/uur
per hovercraft	143 km/uur
per straalverkeersvliegtuig	1100 km/uur
per straaljager	3500 km/uur

De grootste snelheden worden in de ruimtevaart gehaald. De ruimtevaarders die van de maan terugkwamen, gingen vlak voor ze in de dampkring raakten, 40.000 km/uur.

Toch wordt een nog grotere snelheid gehaald door de aarde die door het heelal beweegt.

Wij (op aarde) bewegen met een snelheid van 100.000 km/uur rond de zon; dit is 30 km/s.



de aarde: 100.000 km/uur



Linksboven op de even pagina's van dit boek vind je steeds de afbeelding van een vliegende vogel. Op-eenvolgende afbeeldingen geven steeds een ander moment van de vlucht. Als je de vogel wilt zien bewegen, blader dan dit boekje van achteren naar voren door.

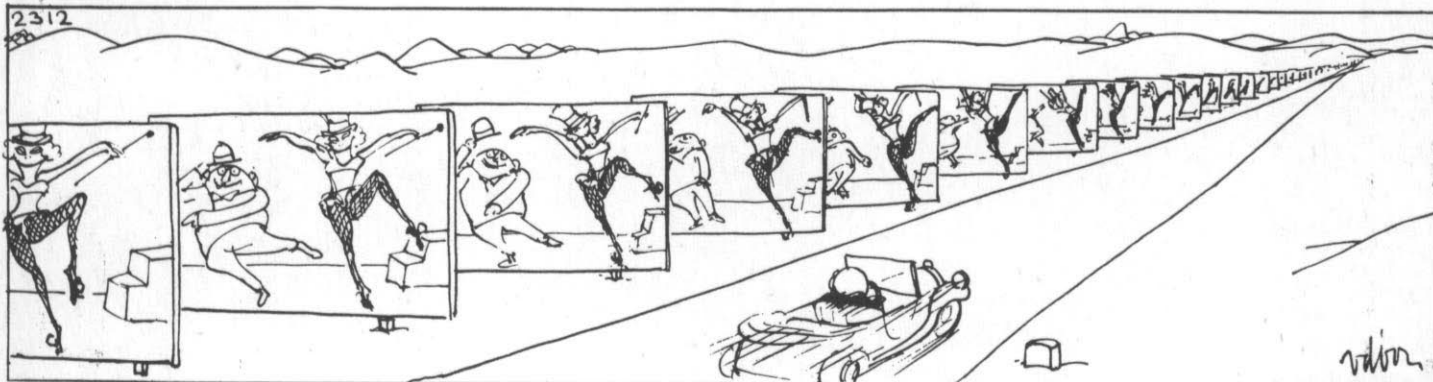
Bronnen illustratiemateriaal:

Agfa (Diamatorh); *Animals of East-Africa*; A.N.W.B./Kam-pioen; ASEP: Australian Science Education Project © State of Victoria (Australia); Auer & Hooymayers, *Terreinverken-ning in de Natuurkunde*, Uitgeverij Meulenhoff, Amsterdam; Bruna Nederland; B. van der Born; Bolton, *Patterns in Physics*, McGraw Hill, London; Capi-Lux; Coll. Physics; Consumenten Bond, Den Haag; Jong Edgeloe, *Het Grote Fotoboek*; E.N.W.B., *Vogelvrije fietser*; M. C. Escher; © Floor-Gaastra (J. F.), Albert Einsteinweg 32, De Bilt; Griffin, Breda; Imperial College London; Jardine, *Natuurkunde Doen*, Uitgeverij Kok, Kampen; Kindermann; KNMI/Teleac, *Wij en het weer*; Kijk, Oberon, Haarlem; MAPS: Modular Activities Program in Science, Houghton Mifflin Company, Boston; Minolta; Nikon; N.S.: *Spoorslag 70*; Nuffield Combined Science, Longman/Penguin Books; Panagor; Pattens, Schools Council Integrated Science Project (Longman/Penguin Books); Plon (Wim Kamphuis/Ad van Gameren); The Project Physics Course, Holt, Rinehart & Winston, New York, Toronto; PSSC: Physical Science Study Committee, *College Physics*, © Education Development Center, Inc. Raytheon Education Company; Rijkswaterstaat; SWOV, Voorburg; Time/Life; *Utrechts Nieuwsblad*; A. Wubbels, *Wolffenbuttelt*, Parklaan 47, Bilthoven; Yashika; Zenit, Stichting de Koepel; Zandstra, Paulides, Vink, *Van Bekijken tot Begrijpen*, Wolters-Noordhoff, Groningen; *Zien en Waarnemen*, Keuze-onderwerp, Wolters-Noordhoff, Groningen.



PROFESSOR PI

door bob van der born



*Overzicht van PLON-thema's voor mavo en onderbouw
havo-vwo*

VOOR DE 2e KLAS

- Een eerste verkenning in de natuurkunde
- Mensen en metalen — themaboek
- Keuzeonderzoeken
- Werken met water — themaboek
- Leven in lucht
- IJs, water en stoom (I en II)

Tevens zijn beschikbaar:

- Terugblik 2e klas, avol/app. gidsen, rommelpakket Leven in lucht, waterbladen en demonstratiebladen Werken met water.

VOOR DE 3e KLAS

- Bruggen
- Zien bewegen
- Geluid weergeven
- Natuurkunde in de samenleving: Water voor Tanzania
- Elektrische schakelingen — instructieboekje
- Energie thuis
- Natuurkunde in de samenleving: Energie in de toekomst

Tevens zijn beschikbaar:

- Kleur en licht
- Avol/app. gidsen

VOOR DE 4e KLAS MAVO EN DE 3e KLAS HAVO-VWO

- Verkeer en veiligheid
- Krachten — instructieboekje
- Natuurkunde in de samenleving: Stoppen of doorrijden?
- Verwarmen en isoleren
- Schakelen en regelen
- Machines en energie
- Natuurkunde in de samenleving: Kernwapens

Tevens zijn beschikbaar:

- Repeteerthema voor het eindexamen mavo
- Examenboekje voor mavo
- Avol/app. gidsen

