

Blok 2



INHOUD

BASISSTOF

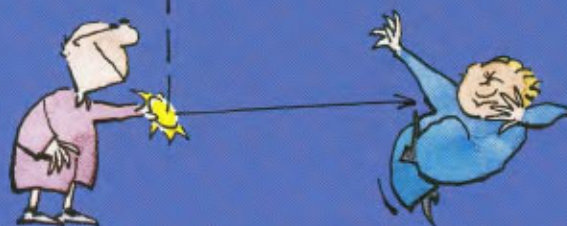
- T1 **Wat is licht?** 38
- W1 41
- T2 **Als licht op een voorwerp valt** 42
- W2 43
- T3 **Spiegeltje, spiegeltje aan de wand** 44
- W3 47

HERHAALSTOF

- H1 **De begrippen die je in dit blok bent tegengekomen** 48
- H2 **Eigenschappen van het verschijnsel licht** 51
- H3 **Beeldvorming door een vlakke spiegel** 53

EXTRASTOF

- E1 **Spiegeling** 55
- E2 **Een afstandmeter bouwen** 57
- E3 **Zons- en maansverduistering** 59
- E4 **Oefenvragen en opgaven** 61





Licht en zien

LEERDOELEN

- 1 Je moet weten wat we verstaan onder:
a een lichtbron;
b een lichtbundel;
c een lichtstraal. [P1, T1, W1]
- 2 Je moet weten dat licht beweegt langs een rechte lijn. [P1, T1, W1]
- 3 Je moet weten hoe schaduwbeelden ontstaan en hoe je ze kunt tekenen. [P1, T1, W1]
- 4 Je moet weten hoe de grootte van een schaduwbeeld verandert, als de afstand tussen lichtbron en voorwerp verandert. [P1, T1, W1]
- 5 Je moet weten welke conclusie je kunt trekken uit het ontstaan van schaduwbeelden omtrent de beweging van licht. [P1, T1, W1]
- 6 Je moet weten uit welke kleuren wit licht bestaat. [P1, T1, W1]
- 7 Je moet weten dat er andere vormen van straling zijn en wat het effect is van deze straling. [T1]
- 8 Je moet weten hoe het komt dat je voorwerpen kunt zien. [P2, T2, W2]
- 9 Je moet weten wat er kan gebeuren met licht dat op een voorwerp valt. [P2, T2, W2]
- 10 Je moet weten welke twee soorten terugkaatsing er zijn en wanneer deze optreden. [P2, T2, W2]
- 11 a Je moet weten wat we bedoelen met de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing;
b en welke regel er geldt bij spiegelende terugkaatsing. [P2, T2, W2]
- 12 Je moet weten hoe het komt dat we een voorwerp gekleurd zien. [P2, T2, W2]
- 13 Je moet weten welke drie verschillende soorten lichtbundels er zijn en deze kunnen tekenen. [P3, T3, W3]
- 14 Je moet met behulp van de terugkaatsingswet het spiegelbeeld van een voorwerp kunnen tekenen. [P3, T3, W3]
- 15 Je moet weten wat een virtueel spiegelbeeld is. [P3, T3, W3]
- 16 Je moet weten hoe de beeldvorming door een spiegel plaatsvindt en de loop van een willekeurige lichtstraal kunnen tekenen. [P3, T3, W3]
- 17 Je moet weten wat we bedoelen met de voorwerpsafstand en de beeldafstand. [T3]
- 18 Je moet met behulp van randstralen kunnen aangeven, waar je een voorwerp in een spiegel kunt zien. [T3, W3]

Lichtbron, lichtstraal en lichtsnelheid

Licht ontstaat in een *lichtbron*. Een aantal bekende lichtbronnen zijn:

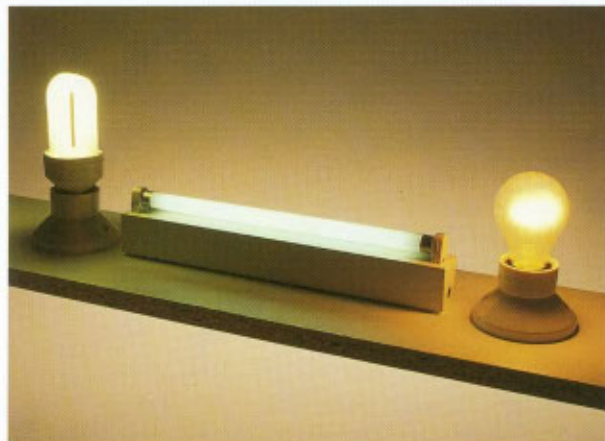
- de zon en de sterren;
- verschillende soorten lampen (figuur 1);
- vuur, maar ook gloeiend heet metaal.

De maan is géén lichtbron want deze maakt zelf geen licht.

Als we naar het licht van verschillende lichtbronnen kijken, zien we verschil in sterkte en kleur. Het licht van de zon is fel en helder wit, terwijl het licht van een gloeiende staaf zwak en rood gekleurd is. Het licht dat in een lichtbron ontstaat, beweegt langs een rechte lijn door de ruimte. We zeggen dat licht zich voortplant langs een rechte lijn. Een zeer smalle lichtbundel, zoals een laserbundel, noemen we een *lichtstraal* (figuur 2).

We kunnen een lichtstraal tekenen als een rechte lijn. De pijl geeft aan in welke richting het licht beweegt (figuur 3).

FIG. 1 Drie soorten lampen: gloeilamp, TL-buis en SL-lamp.



Een aantal lichtstralen samen vormen een *lichtbundel*. Licht beweegt met een enorme snelheid door de ruimte. In één seconde legt het licht een afstand af van 300 000 km (figuur 4).

**LICHTSNELHEID**

De lichtsnelheid is zo groot, dat men lange tijd heeft gedacht dat deze onmeetbaar was.

In 1672 echter heeft Rømer, een sterrenkundige uit Denemarken, aangetoond dat de snelheid van licht wél meetbaar is. Hoewel hij toen niet de juiste waarde vond, zat hij er toch niet zo ver naast.

In 1854 is de Fransman Foucault er in geslaagd de lichtsnelheid nauwkeurig te bepalen. Hij vond een waarde van 300 000 km/s. Grotere snelheden dan de lichtsnelheid heeft men nog nooit gemeten. Einstein heeft aan het begin van deze eeuw aangetoond dat het onmogelijk is om sneller te gaan dan het licht. Deze theorie is heel beroemd geworden en heet de *relativiteitstheorie*.

FIG. 2 Lasers hebben een zeer felle en smalle lichtbundel.

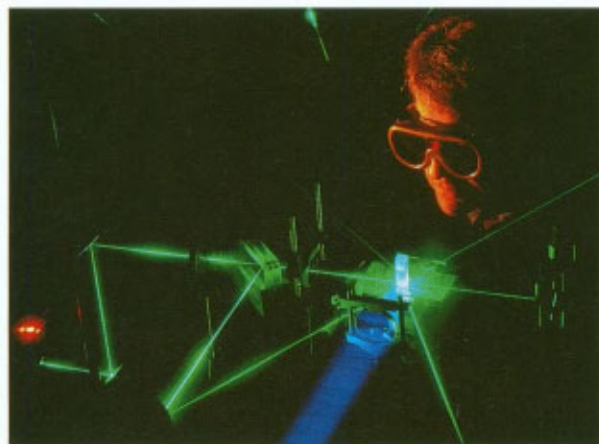


FIG. 3 Zo teken je een lichtstraal. De pijl geeft de richting van het licht aan.



FIG. 4 Het licht van de zon doet er iets meer dan 8 minuten over om de aarde te bereiken.



De zon is de ster die het dichtst bij de aarde staat. Alle andere sterren staan ontzettend ver weg, zo ver dat het licht er jaren over doet om de aarde te bereiken.

De afstand die het licht aflegt in een jaar, noemen we een lichtjaar. De lichtjaar is dus geen tijds-eenheid, maar een lengte-eenheid.

De ster die na de zon het dichtst bij de aarde staat, is Proxima Centauri, op een afstand van 4,2 lichtjaar.

Het licht van deze ster doet er dus 4,2 jaar over om de aarde te bereiken.

Sommige sterren staan miljoenen lichtjaren ver weg. Het licht van deze sterren dat ons nu bereikt, is dus miljoenen jaren geleden uitgezonden!

Schaduwvorming

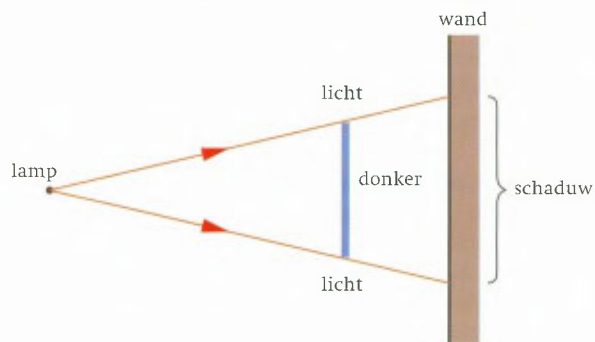
Als we een voorwerp in een lichtbundel plaatsen, wordt een deel van de bundel door het voorwerp tegengehouden. Op een scherm achter het voorwerp ontstaat dan een schaduwplek (figuur 5).

Omdat het licht beweegt langs een rechte lijn, kunnen we de grootte van de schaduwplek bepalen door de lichtstralen te tekenen die nog juist het voorwerp passeren (deze stralen noemen we randstralen). De schaduw heeft dezelfde vorm als het voorwerp (figuur 6).

FIG. 5 Schaduwplek op de wand.



FIG. 6 Schaduwbeeld op een wand.



De kleuren van de regenboog

Wit licht is niet zo wit als het er uitziet. Het blijkt te zijn opgebouwd uit verschillende kleuren. Deze komen te voorschijn, als wit licht valt op waterdruppeltjes, een prisma en zelfs op een compact-disc. Er ontstaat een regenboog. Hierin kun je zien dat wit licht is opgebouwd uit de kleuren: *rood, oranje, geel, groen, blauw, violet*.

In deze volgorde vormen deze kleuren de regenboog. We noemen dit het *kleurenspectrum* van wit licht. Omgekeerd kun je wit licht maken door bundels rood, groen en blauw licht over elkaar te laten vallen.

Als je het scherm van een kleurentelevisie van dichtbij bekijkt, zul je ontdekken dat dit bestaat uit zeer veel rode, groene en blauwe vlekjes, die samen het kleurenbeeld opbouwen.

Straling

Licht is een vorm van straling. *Licht* is de straling die we kunnen zien. De zon zendt – behalve (zichtbaar) licht – ook *ultraviolette straling* en *infrarode straling* uit. Deze twee soorten straling kun je niet zien.

Infrarode straling kun je wél voelen. Bijvoorbeeld: als je je hand op enkele centimeters afstand langs de zijkant van een radiator van de centrale verwarming houdt.

Ultraviolette straling zorgt er voor dat we bruin worden.

Dank zij infrarode straling kan zonlicht gebruikt worden voor verwarming. Bijvoorbeeld om warm water te maken met een zogenaamde zonnecollector (figuur 7). Alle soorten straling bewegen met dezelfde snelheid: 300 000 km per seconde.



ANDERE VORMEN VAN STRALING

Behalve zichtbaar licht, ultraviolette straling (UV) en infrarode straling (IR) zijn er nog vele andere vormen van straling. Denk aan radiogolven, radarstraling, röntgenstraling en gammastraling. Al deze soorten straling reizen met dezelfde snelheid.



ZONNECOLLECTOREN

Een zonnecollector is een apparaat waarmee water wordt verwarmd door gebruik te maken van de warmte van de zon. De zonnecollector bestaat uit een aantal platen, waarin fijne kanalen zijn aangebracht. Er is ook een opslagvat (boiler). Door de kanalen stroomt koud water dat door het zonlicht wordt verwarmd. Het warme water wordt bewaard in de boiler en kan overal voor worden gebruikt, zoals afwassen en douchen.



DE OZONLAAG

In de buitenste lagen van de dampkring komt het gas *ozon* voor: de zogenaamde *ozonlaag*. Deze laag werkt als filter voor de schadelijke ultraviolette straling (UV) van de zon. Sterke UV-straling kan huidkanker veroorzaken. De ozonlaag beschermt ons daar tegen.

De ozonlaag wordt de laatste jaren steeds dunner. Dit komt voor een belangrijk deel door de vernietigende werking van drijfgassen uit spuitbussen.

Wat is licht?

We hebben nu een aantal eigenschappen van licht leren kennen. Wat licht precies is, kunnen we niet vertellen. Dat is ook niet zo erg, want zelfs de knapste natuurkundigen weten dat niet. Wel weten we zoveel van het verschijnsel licht dat we er mee kunnen werken. We gebruiken brillen, verrekijkers, foto- en filmtoestellen, zonnecollectoren en zonnecellen, enzovoorts.

In de rest van dit blok zul je nog een aantal, soms heel merkwaardige, eigenschappen van licht ontdekken.

FIG. 7 Zonnecollector.



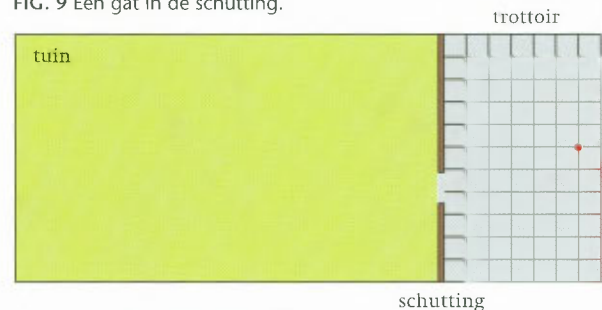
- 1 **a** Wat is een lichtbron?
b Noem minstens vier lichtbronnen.
c Waarom is een fietsreflector geen lichtbron?
- 2 Wat is een lichtstraal en wat is een lichtbundel?
- 3 Aan schaduwvormen kun je zien dat licht langs een rechte lijn voortbeweegt. Verklaar dit.
- 4 Noem drie eigenschappen van het verschijnsel licht.
- 5 Wat zijn de overeenkomsten en de verschillen tussen zichtbaar licht, ultraviolette straling en infrarode straling?
- 6 Toen de Amerikaanse astronauten op de maan waren, duurde het 1,3 s voordat de radiogolven hun stemgeluid op de aarde brachten. Ook radiogolven bewegen met de snelheid van het licht.
a Bereken de afstand tussen de maan en de aarde. Bij gesprekken tussen het ruimtevaartcentrum in Houston en de astronauten op de maan, kon men dus bijna zonder tussenpozen met elkaar praten. Bij landingen op de planeet Mars wordt dat veel moeilijker. Mars staat zo'n 50 000 000 km van ons vandaan.
b Bereken hoe lang de radiogolven erover doen om vanaf Mars de aarde te bereiken.
- 7 In de namiddag worden de schaduwen van de zon langer. Leg dit uit met een tekening.
- 8 **a** Welke kleuren komen voor in de regenboog?
b Wat zijn de hoofdkleuren bij een kleuren-televisie?
- 9 Iedereen die bellen blaast, staat verwonderd over de mooie kleuren van de zeepbellen. Waar komen deze kleuren vandaan?

FIG. 8 Fietsreflector.



- 10 **a** Beschrijf het meest indrukwekkende lichtverschijnsel dat je kent.
b Waarom vind je het zo mooi en hoe denk je dat het ontstaat?
- 11 Door een gat in de schutting kun je vanaf de aangegeven plaats op het trottoir een deel van de tuin zien (figuur 9).
a Neem de tekening over en geef aan welk deel van de tuin je kunt zien.
b Maak met de tekening duidelijk waar je moet gaan staan om een groter stuk van de tuin te kunnen zien.

FIG. 9 Een gat in de schutting.



- 12 De zon geeft in de zomer meer warmte dan in de winter. Verklaar dit met behulp van een tekening.

T2 Als licht op een voorwerp valt

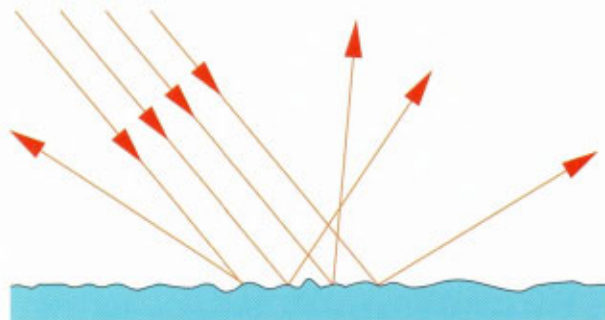
Wanneer kun je een voorwerp zien?

Overdag is het licht en kunnen we de dingen om ons heen zien. Als het 's avonds donker wordt, moeten we lampen aandoen, anders zien we niets meer. Hoe komt het eigenlijk, dat we dingen zien als we ernaar kijken? Om zo'n vraag te kunnen beantwoorden moet je weten hoe het oog werkt, hoe de signalen doorgegeven worden aan de hersenen, en wat er daar verder mee gebeurt. Maar één ding is duidelijk: je kunt een voorwerp alleen zien, als er licht op valt. Toch is dat niet genoeg. Er moeten lichtstralen vanaf het voorwerp in ons oog terechtkomen. Dat kan alleen als het voorwerp licht in de juiste richting terugkaatst. *We zien een voorwerp, als er lichtstralen vanaf het voorwerp onze ogen bereiken.*

In welke richting wordt licht teruggekaatst?

De meeste voorwerpen om ons heen zoals muren, tafels, stoelen en kleren, kaatsen het licht dat er opvalt, in alle richtingen terug. We noemen dit *diffuse terugkaatsing* (figuur 10). Het opvallend licht wordt dan door de voorwerpen gespreid.

FIG. 10 Het verschil tussen diffuse en spiegelende terugkaatsing.



diffuse terugkaatsing

Gladde oppervlakken zoals glas, metaal en wateroppervlakken, maar ook natte voorwerpen en glimmend gepoetste schoenen, kaatsen het licht maar in één richting terug. Dit heet *spiegelende terugkaatsing* (figuur 10).

Als een bundel licht op een spiegel valt, zie je de spiegel fel verlicht, als je in de teruggekaatste bundel staat. Buiten de teruggekaatste bundel zie je de spiegel als een donker vlak.



EEN BIJZONDERE MANIER VAN TERUGKAATSEN

Fietsreflectoren, markeringsstrepen op de weg en sommige verkeersborden, kaatsen het licht op een bijzondere manier terug. Ze worden zo gemaakt dat het licht voor het grootste deel wordt teruggekaatst in de richting waar het vandaan komt, ongeacht de hoek waaronder het licht invalt.

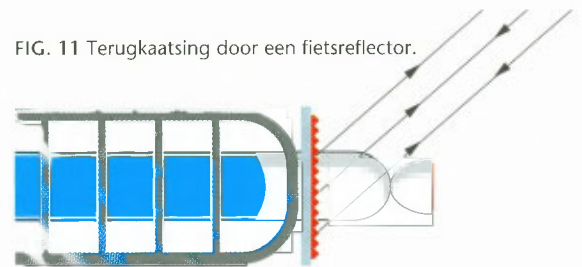
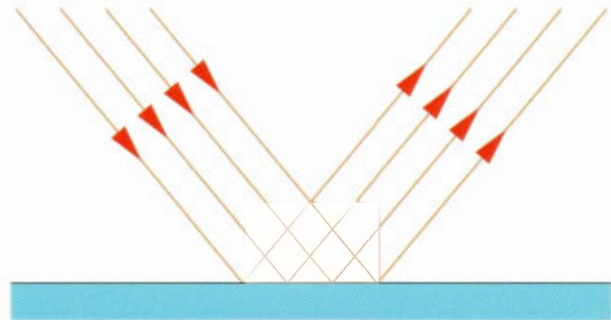


FIG. 11 Terugkaatsing door een fietsreflector.

Op deze manier krijgt degene die met fietsverlichting of autoverlichting rijdt, het licht ook weer terug en wordt het voorwerp waar het licht opviel goed zichtbaar.



spiegelende terugkaatsing

Hoe ontstaan kleuren?

Niet alle lichtstralen die op een voorwerp vallen, worden *teruggekaatst*. Lichtstralen kunnen ook worden *doorgelaten* of door het voorwerp worden *geabsorbeerd* (opgenomen). Als lichtstralen op een voorwerp vallen, krijg je meestal een combinatie van deze drie mogelijkheden. Wat er precies gebeurt, hangt af van de aard van het oppervlak, de kleur en de stof waarvan het voorwerp gemaakt is.

Een glad metalen voorwerp zoals een mes, absorbeert een klein beetje licht, kaatst de meeste lichtstralen spiegelend terug en laat niets door.

Een dunne glasplaat, zoals een ruit, absorbeert een beetje licht, kaatst een deel van de lichtstralen terug en laat de meeste stralen door.

Bij gekleurd glas of plastic wordt het ingewikkelder. Doorzichtig rood plastic in een witte lichtbundel kaatst een beetje rood licht terug (want we kunnen het plastic zien), laat het meeste rode licht door en absorbeert alle andere kleuren van het kleurenspectrum.

Plaatsen we achter het rode plastic een stuk doorzichtig blauw plastic in de bundel, dan wordt er niets doorgelaten, want het blauwe plastic laat alleen blauw licht door en absorbeert het rode licht.

Als wit licht op een rood scherm valt, dan wordt alleen rood licht teruggekaatst. Alle andere kleuren van het spectrum worden door het scherm geabsorbeerd.

Valt er een bundel blauw licht op het rode scherm, dan zien we het scherm zwart. Het scherm absorbeert het blauwe licht en kaatst geen licht terug.

We kunnen het scherm toch 'zien', omdat het donker afsteekt tegen andere voorwerpen.

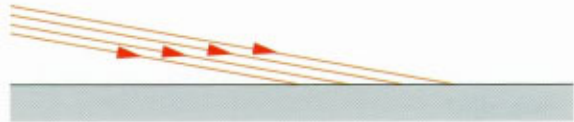


'GROEN' GLAS

Als je naar de zijkant van een glasplaat kijkt, zie je dat deze groen gekleurd is. Dat komt doordat normaal glas niet alle kleuren even goed doorlaat. Alleen groen licht wordt door het glas niet geabsorbeerd. Als je normaal door een glazen ruit kijkt, valt dit niet op, omdat de ruit zo dun is. Kijk je tegen de zijkant, dan kijk je als het ware door een heel dikke glasplaat en valt het op dat alle kleuren, behalve groen, geabsorbeerd worden.

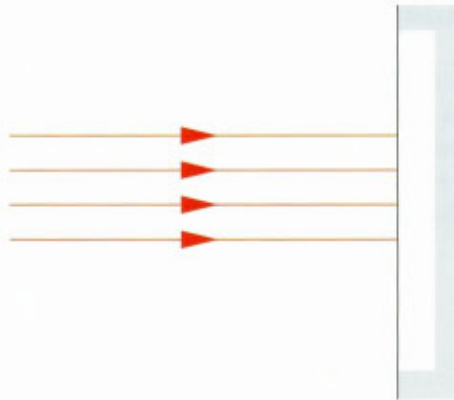
- 1 Wat is het verschil tussen spiegelende en diffuse terugkaatsing?
- 2 Een lichtbundel valt op een nat wegdek (figuur 12). Teken de teruggekaatste bundel.

FIG. 12 Een lichtbundel valt op een nat wegdek.



- 3 Een lichtbundel valt op een witte muur (figuur 13). Teken de teruggekaatste bundel.

FIG. 13 Een lichtbundel valt op een witte muur.



- 4 Sommige moderne kantoorgebouwen lijken van buiten op grote, spiegelende kubussen. Voor de ruiten (en vaak ook voor de hele buitenkant) heeft men dan sterk spiegelend glas genomen. Wat weet je nu van de hoeveelheid licht die overdag in zo'n gebouw naar binnenkomt?

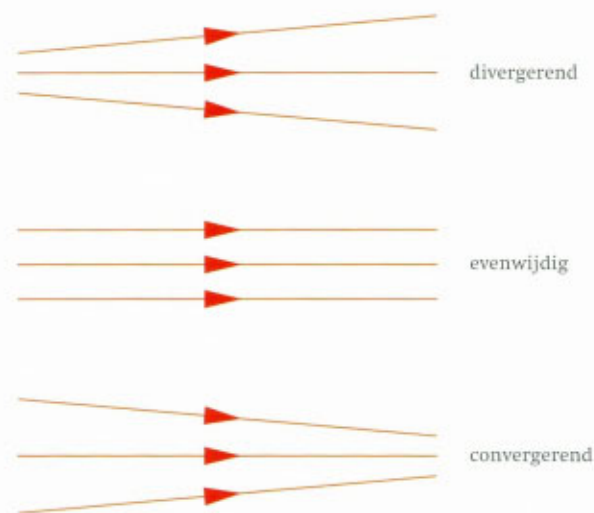
T3 Spiegeltje, spiegeltje aan de wand ...

- 5 In fotolijsten wordt vaak ontspiegeld glas gebruikt.
 - a Leg uit wat met ontspiegeld glas bedoeld wordt.
 - b Waarom zal men ontspiegeld glas gebruiken?
- 6 Reflectoren zorgen ervoor dat een fietser in het donker beter te zien is (zie figuur 8). Leg dit uit.
- 7 Als het bijna donker is, zie je een fles melk beter dan een donkerbruine broek.
 - a Verklaar hoe dit komt.
Katten hebben zeer goede ogen, zoals je waarschijnlijk wel weet.
 - b Kan een kat iets zien, als het helemaal donker zou zijn?
- 8 In zwarte kleding krijg je het in de zon warmer dan in witte kleding.
Geef hiervoor een verklaring.
- 9 Leg uit waarom een groene trui in rood licht er zwart uitziet.
- 10 Onder natrium-straatverlichting (geel licht) worden bijna alle auto's grijs en zwart.
 - a Voor welke kleuren auto's geldt dit niet?
 - b Welke kleur krijgen deze auto's? Geef hiervoor een verklaring.

Verschillende lichtbundels

Een lichtbundel is opgebouwd uit heel veel lichtstralen. Als de lichtstralen uit elkaar lopen, spreken we van een *divergerende* lichtbundel. Een bundel waarvan de stralen evenwijdig lopen, noemen we een *evenwijdige* bundel. Lopen de lichtstralen naar elkaar toe, dan hebben we een *convergerende* bundel (figuur 14).

FIG. 14 Drie soorten bundels.



Spiegelende terugkaatsing

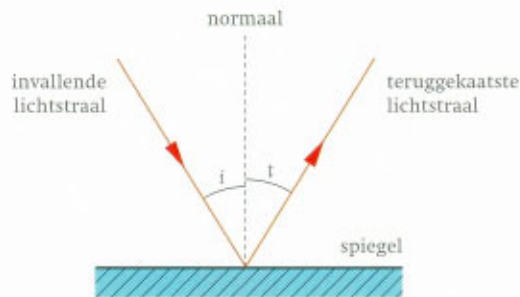
Lichtstralen die een vlakke spiegel treffen, worden in een bepaalde richting teruggekaatst. De richting hangt af van de hoek waaronder de stralen de spiegel treffen. Om ervoor te zorgen dat we allemaal dezelfde hoek bedoelen, spreken we het volgende af:

- De lijn loodrecht op de spiegel noemen we de *normaal*. Deze lijn wordt gestippeld.
- De *hoek van inval* ($\angle i$) is de hoek tussen de invallende straal en de normaal.
- De *hoek van terugkaatsing* ($\angle t$) is de hoek tussen de normaal en de teruggekaatste straal (figuur 15).

Voor terugkaatsing door een spiegel geldt de *terugkaatsingswet*:

hoek van inval = hoek van terugkaatsing
of korter: $\angle i = \angle t$

FIG. 15 Spiegelwet: hoek van inval = hoek van terugkaatsing.



Beeldvorming door een vlakke spiegel

Als je in een spiegel kijkt, zie je van jezelf een spiegelbeeld. Vanuit ieder punt van je gezicht vertrekken lichtstralen, die door de spiegel worden teruggekaatst. Een deel van die teruggekaatste lichtstralen wordt daarna door jouw ogen waargenomen.

Als je de lichtstralen die van het puntje van je neus komen achter de spiegel doortrekt, snijden ze elkaar in één punt: het beeldpunt van het puntje van je neus (figuur 16). Alle beeldpunten samen vormen je spiegelbeeld.

We kunnen de terugkaatsingswet gebruiken om de plaats van het spiegelbeeld te bepalen. Het spiegelbeeld blijkt dan even ver achter de spiegel te liggen, als je er zelf voor staat (figuur 17).

Daardoor is het spiegelbeeld even groot als je eigen gezicht en heeft het dezelfde vorm.

Omdat er in werkelijkheid achter de spiegel niets te zien is, spreken we van een *virtueel* beeld.

Ook de lichtstralen achter de spiegel zijn er niet echt; vandaar dat we deze stralen stippelen.

Als je in de spiegel kijkt, ontvangen je ogen de lichtstralen die door de spiegel zijn teruggekaatst. Deze lijken van het spiegelbeeld te komen, maar zijn in werkelijkheid afkomstig van je gezicht.

FIG. 16 Beeldvorming door een vlakke spiegel.

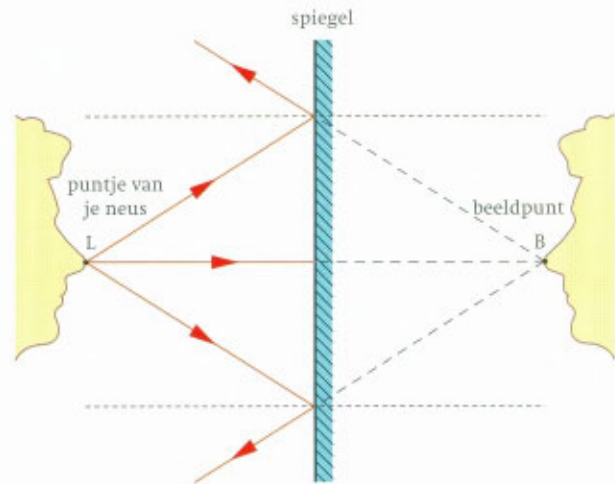
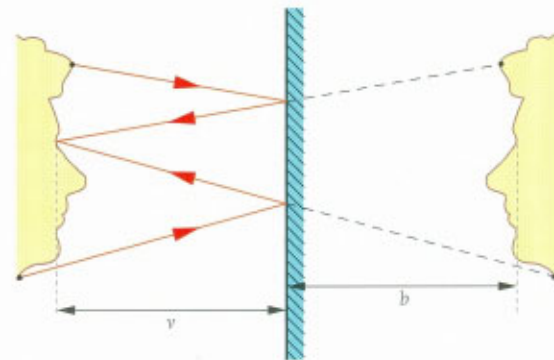


FIG. 17 Jouw spiegelbeeld: $v = b$.



De afstand tussen je gezicht (het voorwerp) en de spiegel noemen we de voorwerpsafstand v .

De afstand tussen de spiegel en het beeld is de beeldafstand b (figuur 17).

Bij de beeldvorming door een vlakke spiegel geldt steeds: voorwerpsafstand = beeldafstand
of korter: $v = b$

We kunnen van deze wetmatigheid gebruik maken om te weten te komen hoe het licht van een lamp door een spiegel wordt teruggekaatst.



HOE WORDT EEN SPIEGEL GEMAAKT?

Een spiegel is een dunne glasplaat die aan de achterkant is verzilverd. De lichtstralen die op de spiegel vallen, worden door het glas doorgelaten en door de zilverlaag teruggekaatst. Natuurlijk wordt er maar een heel dun laagje zilver op het glas aangebracht, want anders zouden spiegels erg duur worden.

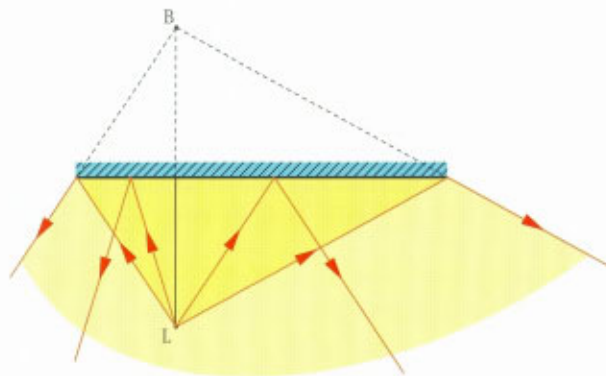
Het licht wordt dus teruggekaatst door het metaal. De glasplaat dient voor de sterkte en de bescherming van de zilverlaag.

Als je je vinger voor de spiegel houdt en je kijkt van opzij naar het spiegelbeeld, dan zie je om je vinger nog een dun randje. Dat komt doordat de voorkant van de glasplaat ook een klein gedeelte van de lichtstralen terugkaatst.

Ook bij dubbel glas treedt hetzelfde effect op. Dit kun je vooral 's avonds goed zien, als het buiten donker is. De lichtstralen worden dan teruggekaatst door de voorkant van de eerste én door de voorkant van de tweede glasplaat.

We bepalen eerst de plaats van het spiegelbeeld B. Daarna tekenen we de lichtstralen die nog net door de rand van de spiegel worden teruggekaatst: de *randstralen*. De randstralen lijken uit B te komen, maar ze zijn in werkelijkheid afkomstig van lamp L. Zo ontstaat de teruggekaatste bundel (figuur 18). Vanuit elk punt in het gebied tussen de randstralen kunnen we de lamp in de spiegel zien.

FIG. 18 Een teruggekaatste bundel.

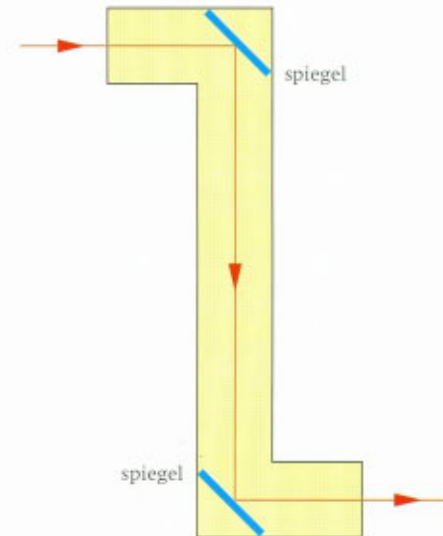


PERISCOOP

Een periscoop is een apparaat waarmee je om een hoekje kunt kijken. Je kunt zo'n apparaat bouwen, als je een lange buis hebt en twee spiegeltjes of glanzende, vlakke metalen plaatjes.

Zaag de buis aan beide kanten schuin af, zodat je stukjes van 10 cm overhoudt. Plak de spiegeltjes op de aangegeven plaatsen (figuur 19) en plak de afgezaagde stukjes onder een rechte hoek op de lange buis.

FIG. 19 Werking van een periscoop met twee spiegels.



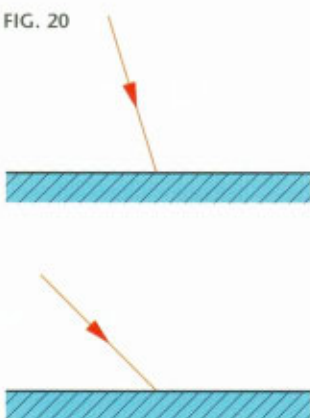
SPIEGELBEELDEN

Bij vlakke spiegels is het spiegelbeeld even groot en heeft het dezelfde vorm als het voorwerp. Boven en onder worden in het beeld *niet* verwisseld, maar *wél* links en rechts. Je rechterhand wordt in de spiegel als een linkerhand afgebeeld ('spiegel-beeld').

Op de kermis zien we dat wel anders. In een geheimzinnige tent waar ons allerlei mysterieuze zaken worden beloofd, veranderen we in afzichtelijke gedachten bij een blik in de aanwezige spiegels. Gelukkig is het allemaal niet echt en kunnen we er hartelijk om lachen. Die afgrijselijke vormen ontstaan doordat de spiegels niet vlak, maar op verschillende manieren gebogen zijn.

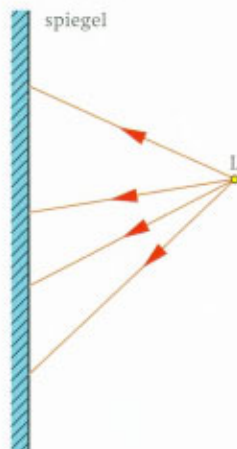
- 1 Teken de drie verschillende soorten lichtbundels en geef aan hoe ze heten.
- 2 Maak met een tekening duidelijk wat we bedoelen met de begrippen:
 - a normaal;
 - b hoek van inval;
 - c hoek van terugkaatsing.
- 3 Schrijf de 'terugkaatsingswet' op.
- 4 Neem de tekeningen van figuur 20 over.
 - a Teken de normaal, meet de hoek van inval en schrijf op hoe groot deze is.
 - b Teken de teruggekaatste straal.

FIG. 20



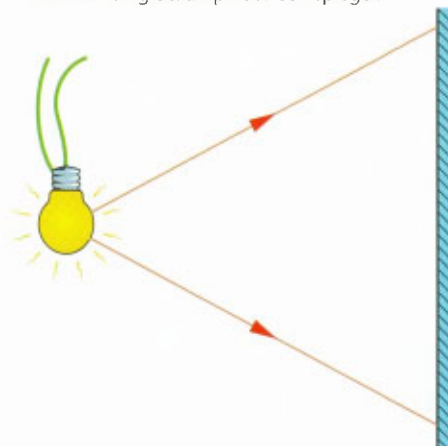
- 5 Een puntvormige lichtbron L staat voor een spiegel (figuur 21). Vanuit de lichtbron zijn vier stralen getekend.
 - a Neem de figuur over en teken met behulp van de 'terugkaatsingswet' de teruggekaatste stralen.
 - b Verleng de vier teruggekaatste stralen en bepaal de plaats van het beeld B van de lichtbron.
 - c Meet de voorwerpsafstand en de beeldafstand en schrijf deze op.

FIG. 21 Een puntvormige lichtbron voor een spiegel.



- 6 Een lamp hangt voor een spiegel (figuur 22). Vanuit de lamp zijn twee lichtstralen getekend die op de spiegel terechtkomen.
 - a Meet de voorwerpsafstand v .
 - b Neem de figuur over en teken het beeld van de lamp.
 - c Teken de teruggekaatste stralen.

FIG. 22 Een gloeilamp voor een spiegel.



H1 De begrippen die je in dit blok bent tegengekomen

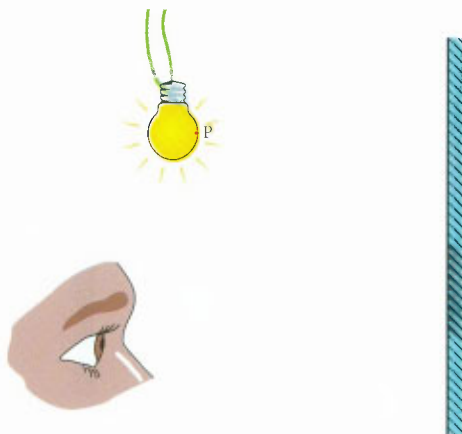
- 7 Een stoel staat voor een spiegel (figuur 23). Neem de figuur over en teken het spiegelbeeld van de stoel.

FIG. 23 Een stoel voor een spiegel.



- 8 Een lamp hangt voor een spiegel (figuur 24).
- a Neem de figuur over en teken het beeld van de lamp.
 - b Teken de lichtbundel vanuit punt P die door de hele spiegel wordt teruggekaatst.
 - c Teken de lichtbundel uit punt P die na terugkaatsing in het getekende oog terechtkomt.

FIG. 24 Een lamp voor een spiegel.



In dit blok ben je een groot aantal nieuwe begrippen tegengekomen. Het gevaar is groot dat je een aantal van deze begrippen vergeet of met elkaar verwart. Daarom zetten we deze begrippen nog een keer op een rijtje.

Probeer de volgende opdrachten en vragen te maken. Als dat niet lukt, lees dan het betreffende onderdeel in de tekst na de vragen en opdrachten goed door.

Vragen en opdrachten

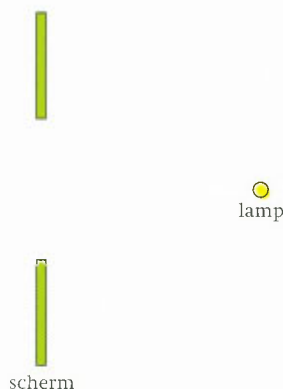
- 1 Waarom is de maan geen lichtbron en een ster wel?
- 2 Wat is het verschil tussen een lichtbundel en een lichtstraal?
- 3 Welke kleuren uit het spectrum ontbreken bij een gele kaarsvlam?
- 4 Wat is het verschil tussen diffuse en spiegelende terugkaatsing?
- 5 Teken een evenwijdige lichtbundel die diffuus wordt teruggekaatst door een witte muur.
- 6 Van welke soort is de lichtbundel van een zaklantaarn?
- 7 Tussen een lamp en een scherm staat een voorwerp (figuur 25).
 - a Neem de tekening over en bepaal de vorm van de schaduw op het scherm.
 - b Hoe verandert de schaduw, als we het voorwerp naar de lamp toe schuiven?

FIG. 25 Schaduwvorming.



- 8 Een lamp staat voor een opening in een scherm (figuur 26).
Neem de tekening over en bepaal met behulp van de randstralen de vorm van de bundel die uit de opening komt.

FIG. 26 Lichtbundel voor een opening in een scherm.



Belangrijke begrippen

LICHTBRON

Een lichtbron is een voorwerp dat zelf licht maakt.

LICHTSTRAAL

Licht beweegt langs een rechte lijn. Zo'n rechte lijn noemen we een lichtstraal (figuur 27).

LICHTBUNDEL

Vanuit een lichtbron vertrekken heel veel lichtstralen, die we lang niet allemaal tekenen. Al die lichtstralen samen noemen we een lichtbundel (figuur 27). Heel smalle bundels zoals bij een laser noemen we ook wel een lichtstraal.

FIG. 27 Een lichtstraal en een lichtbundel. De pijl geeft de richting aan.



KLEURENSPECTRUM

Wit licht bestaat in werkelijkheid uit een aantal kleuren. Deze kleuren komen te voorschijn in de regenboog. De kleuren rood, oranje, geel, groen, blauw en violet vormen het kleurenspectrum van wit licht.

TERUGKAATSING

Licht dat op een voorwerp valt, kan worden doorgelaten, geabsorbeerd (= opgenomen) of teruggekaatst. Meestal is er sprake van een combinatie van deze drie mogelijkheden.

Er zijn twee manieren van terugkaatsing:

- diffuse terugkaatsing, waarbij het licht in verschillende richtingen wordt teruggekaatst (figuur 28);
- spiegelende terugkaatsing, waarbij het licht in een bepaalde richting wordt teruggekaatst (figuur 29).

FIG. 28 Diffuse terugkaatsing. De bundel wordt in alle richtingen teruggekaatst.

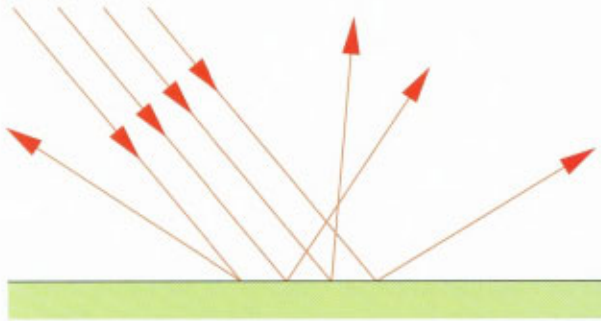
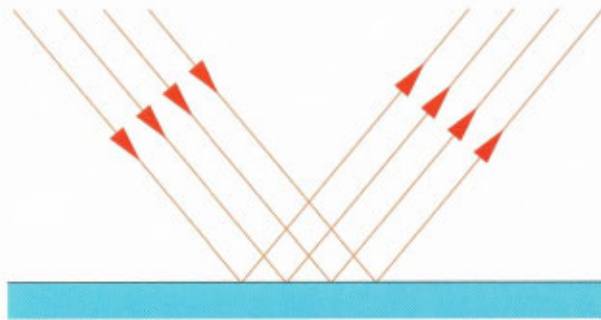


FIG. 29 Spiegelende terugkaatsing.



SCHADUWVORMING

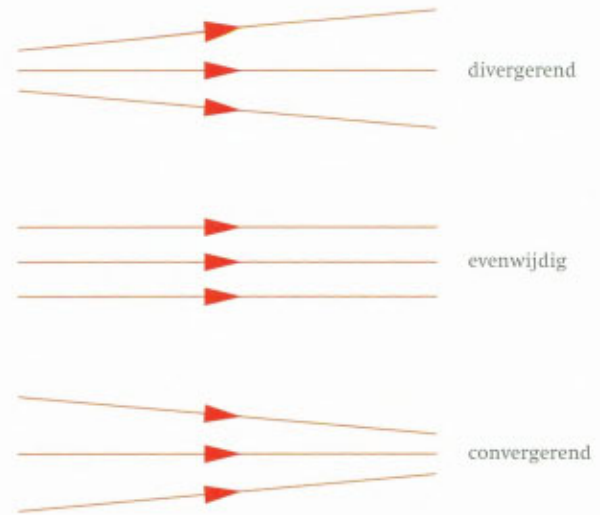
Als we een ondoorzichtig voorwerp in een lichtbundel plaatsen, dan wordt een deel van het licht door het voorwerp geabsorbeerd of teruggekaatst. Op een scherm achter het voorwerp zien we dan een schaduwvlek. De vorm van de schaduw kunnen we vinden door de stralen te tekenen die nog juist het voorwerp passeren.

SOORTEN LICHTBUNDELS

Er zijn drie soorten lichtbundels, die verschillen van vorm:

- een divergerende bundel: de lichtstralen lopen uit elkaar;
- een evenwijdige bundel: de stralen lopen evenwijdig;
- een convergerende bundel: de stralen lopen naar elkaar toe (figuur 30).

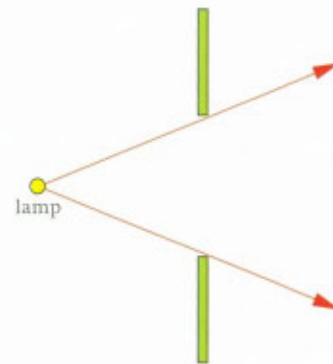
FIG. 30 Drie verschillende soorten lichtbundels.



RANDSTRALEN

De buitenste stralen van een lichtbundel noemen we de randstralen (figuur 31).

FIG. 31



H2 Eigenschappen van het verschijnsel licht

In dit blok hebben we een aantal proeven gedaan met licht. Door deze proeven zijn we verschillende dingen te weten gekomen over het verschijnsel licht. Ook weten we nu hoe het komt dat we voorwerpen kunnen zien en waarom we ze in een bepaalde kleur zien. In deze herhaaltstof vind je de verschillende eigenschappen van licht bij elkaar. Probeer onderstaande opdrachten en vragen te maken. Als dat niet lukt, lees dan het betreffende onderdeel in de tekst na de vragen en opdrachten goed door.

Vragen en opdrachten

- 1 Uit welke twee verschijnselen blijkt dat licht langs een rechte lijn beweegt?
- 2 Wanneer kunnen we licht zien?
- 3 **a** Wat kan er gebeuren, als licht op een voorwerp valt?
b Waar hangt dit van af?
- 4 Een blauwe trui ziet blauw, als er wit licht op valt. Hoe komt dat?
- 5 Waarom is een groene trui zwart, als er rood licht op valt?
- 6 Waarom wordt wit licht rood, als het door een stuk doorzichtig rood plastic gaat?
- 7 Een bak met water die de hele dag in de zon staat, wordt warm. Verklaar dit.

- 8 **a** Teken een lichtstraal die schuin op een spiegel valt.
b Teken de normaal en meet de hoek van inval.
c Teken de teruggekaatste straal.
- 9 Herhaal opdracht 8 met een andere hoek van inval.

Hoe beweegt licht door de ruimte?

Licht ontstaat in een lichtbron. Het licht beweegt langs een rechte lijn. Dit zien we aan de vorm van een lichtbundel (figuur 32). Het volgt ook uit de manier waarop schaduwen worden gevormd (figuur 33).

FIG. 32 Licht beweegt langs een rechte lijn.

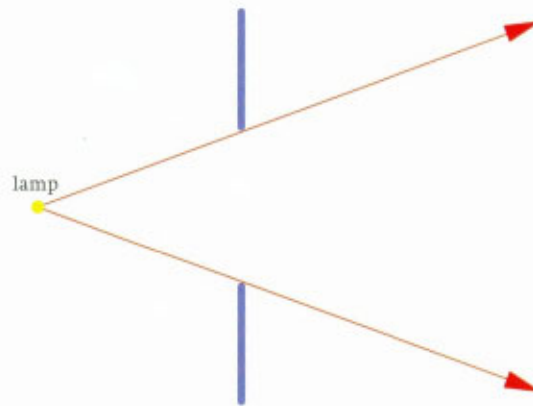
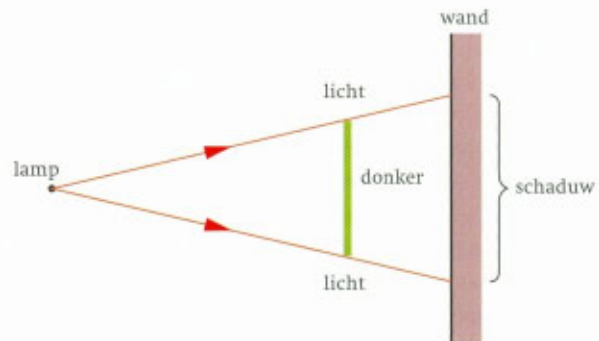


FIG. 33 Schaduwvorming.



Kunnen we licht zien?

Licht legt in één seconde 300 000 km af. We zien licht, als het in onze ogen terechtkomt. Dat kan gebeuren, als we in een lichtbundel kijken, maar ook als licht wordt teruggekaatst door voorwerpen in de bundel. Zo kunnen we de vorm van een lichtbundel zien, als we stofdeeltjes in de bundel verspreiden. De stofdeeltjes kaatsen het licht zó terug, dat het in onze ogen terechtkomt.

Waarom zien we kleuren?

Wit licht bestaat uit de kleuren: rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Deze kleuren komen te voorschijn bij een regenboog, maar ook als wit licht op een compact-disc valt.

Als wit licht op een voorwerp valt, kan het worden doorgelaten, geabsorbeerd of teruggekaatst. Dat hangt af van het materiaal waarvan het voorwerp gemaakt is, van de kleur en van de aard van het oppervlak.

Een normale glazen ruit laat alle kleuren door. Het gele sierglas in een voordeur laat alleen geel licht door en absorbeert de andere kleuren. Ook bij terugkaatsing gebeurt iets dergelijks.

Een witte muur kaatst alle kleuren terug, terwijl een rode trui alleen rood licht terugkaatst en alle andere kleuren absorbeert. Een rode trui in een bundel groen licht lijkt dus zwart, doordat de trui groen licht absorbeert. De trui kaatst dan geen licht terug.

Waarom is een zwarte trui in de zon warmer dan een witte trui?

Licht is in staat om voorwerpen te verwarmen. Als een auto de hele dag in de zon staat, dan kun je er een eitje op bakken. Dat komt doordat het zonlicht door het metaal wordt geabsorbeerd. Hoe meer licht er wordt geabsorbeerd, des te warmer wordt de auto. Een zwart voorwerp absorbeert al het licht dat er op valt en kaatst geen licht terug. Witte voorwerpen kaatsen juist al het licht terug en absorberen geen licht.

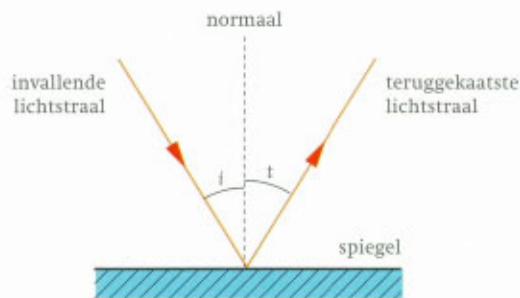
Hoe wordt licht teruggekaatst?

De meeste voorwerpen kaatsen licht terug. Meestal gebeurt dat in alle richtingen (diffuse terugkaatsing).

Bij zeer gladde voorwerpen zoals een spiegel, wordt het licht maar in één bepaalde richting teruggekaatst (spiegelende terugkaatsing).

Voor spiegelende terugkaatsing geldt de terugkaatsingswet: de hoek van inval is steeds gelijk aan de hoek van terugkaatsing (figuur 34).

FIG. 34 Terugkaatsingswet.



Kortweg: $\angle i = \angle t$

Met behulp van de terugkaatsingswet kunnen we de teruggekaatste straal tekenen, als bekend is hoe het licht op een spiegel valt. We moeten dan eerst de hoek van inval bepalen en de hoek van terugkaatsing daaraan gelijk maken.

H3 Beeldvorming door een vlakke spiegel

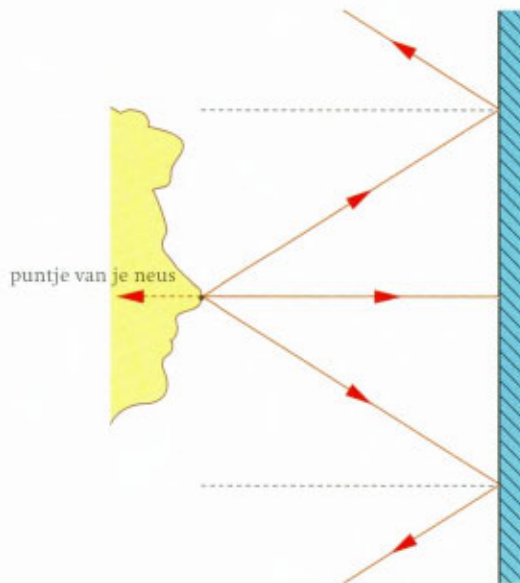
In deze herhaaltstof gaan we na hoe een spiegel van een voorwerp een spiegelbeeld vormt en waar dit spiegelbeeld terecht komt. We gebruiken daarbij de terugkaatsingswet.

Lees eerst de tekst aandachtig door. Maak daarna de opdrachten.

Spiegelende terugkaatsing

Bij spiegels en spiegelgladde oppervlakken hebben we te maken met spiegelende terugkaatsing: lichtstralen worden in één bepaalde richting teruggekaatst. Voor spiegelende terugkaatsing geldt de terugkaatsingswet: de hoek van inval is gelijk aan de hoek van terugkaatsing (figuur 35).

FIG. 35 Teruggekaatste stralen vanuit het puntje van je neus met behulp van de spiegelwet: $\angle i = \angle t$.

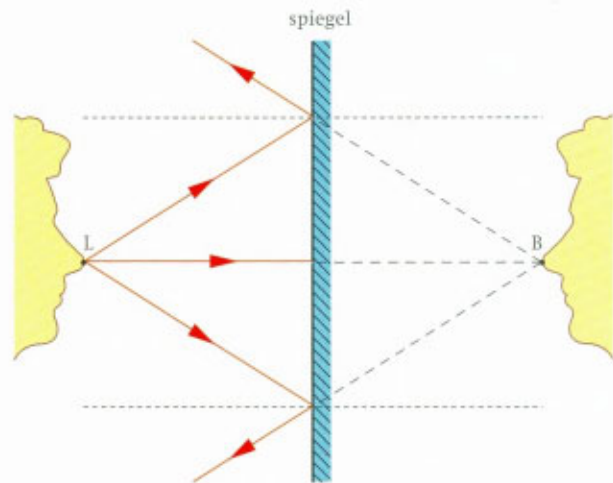


Beeldvorming

Van een voorwerp dat voor een spiegel staat, vertrekken heel veel lichtstralen. Een aantal van deze stralen komt op de spiegel terecht en wordt teruggekaatst. We kunnen de teruggekaatste stralen tekenen met behulp van de terugkaatsingswet (figuur 35).

De teruggekaatste stralen lijken uit één punt te komen dat achter de spiegel ligt. We kunnen dit punt vinden door de teruggekaatste stralen achter de spiegel te verlengen (figuur 36). In het snijpunt van de verlengde stralen staat het beeld van het voorwerp.

FIG. 36 Beeldvorming. B is het beeld van L.



Uit de tekening blijkt dat het beeld even ver achter de spiegel ligt, als het voorwerp er voor staat. De afstand van het voorwerp tot de spiegel noemen we de voorwerpsafstand (v). De afstand van de spiegel tot het beeld noemen we de beeldafstand (b).

Bij de beeldvorming door een vlakke spiegel geldt: voorwerpsafstand (v) = beeldafstand (b) (figuur 37). Als er een willekeurige straal op de spiegel valt, kunnen we de teruggekaatste straal nu eenvoudig tekenen. De teruggekaatste straal lijkt uit het beeldpunt te komen (figuur 38).

FIG. 37 Voorwerpsafstand is gelijk aan beeldafstand.

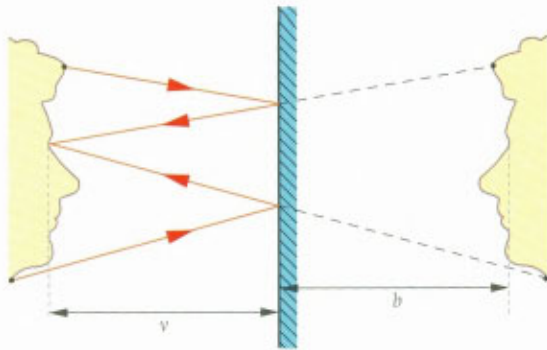
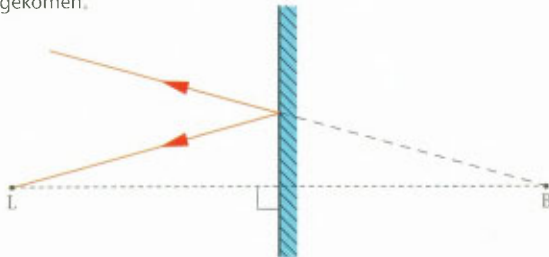


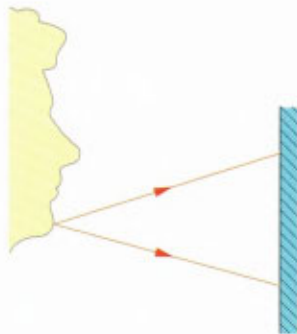
FIG. 38 Een willekeurige straal lijkt na terugkaatsing uit het beeldpunt B te komen. L is het puntje van je neus waar het licht vandaan is gekomen.



Zorg dat je bij het overnemen van alle figuren voldoende ruimte aan de achterkant van de spiegel hebt!

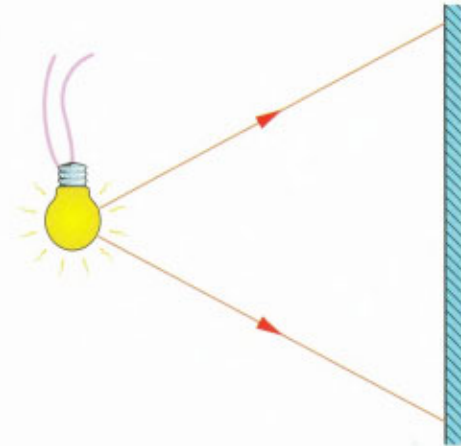
- 1 Iemand kijkt in de spiegel. Van het puntje van zijn kin vertrekken twee lichtstralen (figuur 39).
 - a Neem de figuur over en teken met behulp van de terugkaatsingswet de teruggekaatste stralen.
 - b Bepaal de plaats waar het beeld van de kin ontstaat.

FIG. 39



- 2 Een lamp hangt voor een spiegel (figuur 40).
 - a Neem de tekening over en bepaal direct de plaats van het beeld van de lamp.
 - b Teken de teruggekaatste stralen.

FIG. 40



- 3 Een kaars staat voor een spiegel (figuur 41).
 - a Neem de tekening over en bepaal direct de plaats van het beeld.
 - b Teken met behulp van de randstralen de bundel licht vanuit punt P die door de spiegel wordt teruggekaast.
 - c Teken de lichtstraal die na terugkaatsing in het getekende oog terecht komt.

FIG. 41



- 4 Een lamp hangt boven een spiegel (figuur 42).
- Neem de tekening over en bepaal direct de plaats van het beeld door de spiegel te verlengen.
 - Teken de teruggekaatste randstralen vanuit punt P van de lamp.

FIG. 42



- 5 Jan staat naast een spiegel. Voor de spiegel staat Marieke (figuur 43).
- Neem de tekening over en bepaal de plaats van het spiegelbeeld van Marieke.
 - Ga na of Jan Marieke in de spiegel kan zien door de randstralen te tekenen.

FIG. 43 Bovenanzicht.



Vragen

- Welke verschillende soorten spiegels ken je en voor welk doel worden ze gebruikt?
- Waar bevindt zich bij een vlakke spiegel (zoals die bij je thuis) het eigenlijke spiegellende oppervlak?
- Als je een pen of potlood dicht bij een vlakke spiegel houdt, zie je behalve een duidelijk spiegelbeeld nog een aantal spiegelbeelden, alleen veel minder duidelijk. Hoe ontstaan die spiegelbeelden?
- Aan welke voorwaarden moet een spiegellend oppervlak in ieder geval voldoen?
Glazen ruiten in huizen bijvoorbeeld voldoen aan die voorwaarden. Treedt daar spiegeling op? Wanneer is die spiegeling het beste waar te nemen?

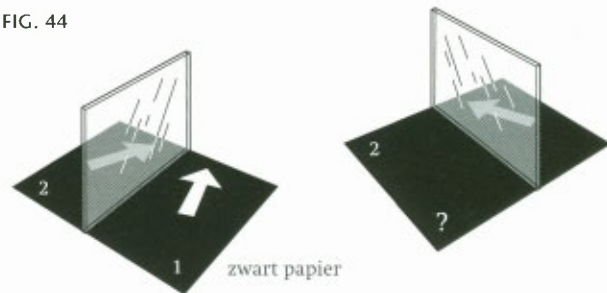
Het spiegelbeeld

We gaan het beeld zoals dat door een spiegel gevormd wordt, nader onderzoeken.

PROEF

Leg een vel zwart papier op tafel. Teken met wit krijt een pijl op het papier. Zet een glasplaatje loodrecht op het vel papier, zodat je de pijl en het spiegelbeeld van de pijl duidelijk kunt zien (figuur 44).

FIG. 44



Kijk over het glasplaatje heen of erachter ook iets van het spiegelbeeld te zien is. Toch neem je het beeld van de pijl achter het glasplaatje waar. We noemen zo'n beeld – dat je wel ziet, maar dat er eigenlijk niet is – *een virtueel beeld*.

Hoe kun je de plaats van een virtueel beeld vaststellen? Ga als volgt te werk:

Kijk goed naar het spiegelbeeld en teken dan met een krijtje achter het glasplaatje het beeld over dat je ziet. Geef duidelijk aan waar het glasplaatje staat en haal het daarna weg. Bekijk nu goed de vorm en de plaats van het beeld en het voorwerp (= de eerst getekende pijl).

Schrijf je conclusies op:

- 5 Het beeld is groter dan/kleiner dan/even groot als het voorwerp.
- 6 De afstand van een punt van het voorwerp tot de spiegel is groter dan/kleiner dan/even groot als de afstand van het overeenkomstige punt in het beeld tot de spiegel.

Probeer met een glasplaatje het geheimschrift in figuur 45 te ontcijferen (het glasplaatje op de stippellijn).

FIG. 45 Los het geheimschrift op.

P E E A I R U J J E G N E E M C R F M K N
O D S W H E K H E E T E C H I Z H I L V E

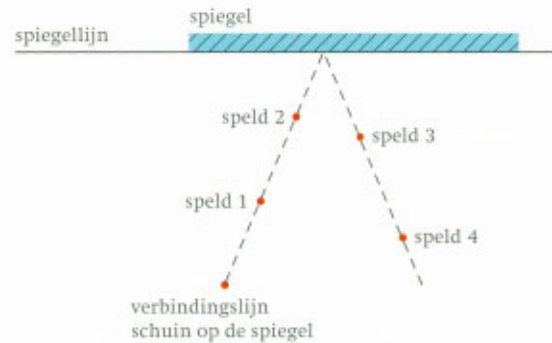
Beeldvorming

We willen erachter komen hoe de beeldvorming bij een spiegel tot stand komt. Daarvoor gaan we eerst na hoe een lichtstraal verder gaat die tegen een spiegelend oppervlak kaatst.

PROEF MET SPELDEN

Teken in je schrift een rechte lijn, evenwijdig aan een van de zijkantten. Deze lijn noemen we de *spiegellijn*. Zet hierop een vlakke spiegel loodrecht op het papier (zie figuur 46). Prik twee spelden schuin achter elkaar voor de spiegel. Prik een derde en vierde speld zó, dat als je langs de eerste twee spelden kijkt, je *in de spiegel* de derde en vierde speld in hun verlengde ziet liggen (zie figuur 46).

FIG. 46



Trek een lijn langs de eerste twee spelden en ook langs de laatste twee. Als je het goed gedaan hebt, snijden de lijnen elkaar op de plaats waar zich de spiegellijn en dus het spiegelend oppervlak bevindt.

Trek in het snijpunt van de twee lijnen een lijn loodrecht op het spiegelend oppervlak. Deze lijn wordt de *normaal* op het spiegelend oppervlak genoemd.

De lijn langs de derde en vierde speld geeft aan hoe een lichtstraal van de vierde speld naar de spiegel liep. Deze lichtstraal noemen we de *invallende lichtstraal*. De lijn langs de eerste en tweede speld geeft dan aan hoe deze lichtstraal werd teruggekaatst. Deze lichtstraal noemen we de *teruggekaatste lichtstraal*.

Meet nu de hoek van inval, dat is de hoek tussen de normaal en de invallende lichtstraal.

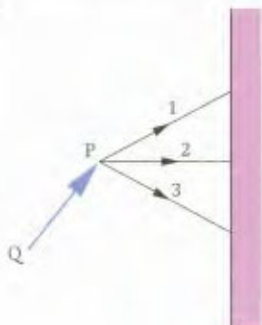
Meet ook de hoek van terugkaatsing, dat is de hoek tussen de normaal en de teruggekaatste lichtstraal.

Herhaal de proef met een grotere en kleinere hoek van terugkaatsing (spelden 1 en 2 meer of minder schuin achter elkaar).

Conclusie: Welk verband bestaat er tussen de hoek van inval en de hoek van terugkaatsing?

Op grond van een proef ben je tot een conclusie gekomen. Je kunt kijken of je ook kunt bewijzen wat je gevonden hebt (zie figuur 47).

FIG. 47



Teken op een groot vel papier de tekening van figuur 47 vijf maal zo groot over. Construeer van lichtstraal 1 de teruggekaatste straal (denk hierbij aan de regel: hoek van inval = hoek van terugkaatsing). Teken achter (rechts van) de spiegel het verlengde van de teruggekaatste straal een eindje gestippeld door. Doe dit ook voor lichtstraal 2 en 3. Dan zal blijken dat de drie teruggekaatste stralen elkaar in één punt achter de spiegel snijden. Het lijkt net of de drie stralen uit dat punt afkomstig zijn. Dit punt is het beeldpunt P' van punt P . Doe hetzelfde ook voor punt Q aan de andere kant van de pijl. Je vindt dan het beeldpunt Q' van punt Q . Als je nu P' verbindt met Q' dan vind je het beeld van de hele pijl.

BLOK 2 EXTRASTOF

E2 Het maken van een afstandmeter

De werking van de afstandmeter

Bij sommige fototoestellen (spiegelreflexcamera's) kun je de afstand instellen, terwijl je door de zoeker kijkt. Je ziet dan vaak in het midden van het beeld een rondje, waarin een gedeelte van het te fotograferen voorwerp iets verschoven is ten opzichte van de rest. Door nu aan de afstandsinstelling van de lens te draaien kun je een gaaf doorlopend beeld krijgen. Dan is de juiste afstand ingesteld.

Met het toestel dat hieronder beschreven wordt, kun je erachter komen hoe dat scherpstellen in zijn werk gaat.

Het toestel bevat twee spiegels:

- Een gewone spiegel (spiegel 2) die draaibaar is. Hier zit een wijzer aan die langs een schaalverdeling loopt.
- Een halfdoorlatende spiegel (spiegel 1). Je kunt hier eventueel een gewoon stukje glas voor nemen, bijvoorbeeld een glasplaatje voor een microscoop.

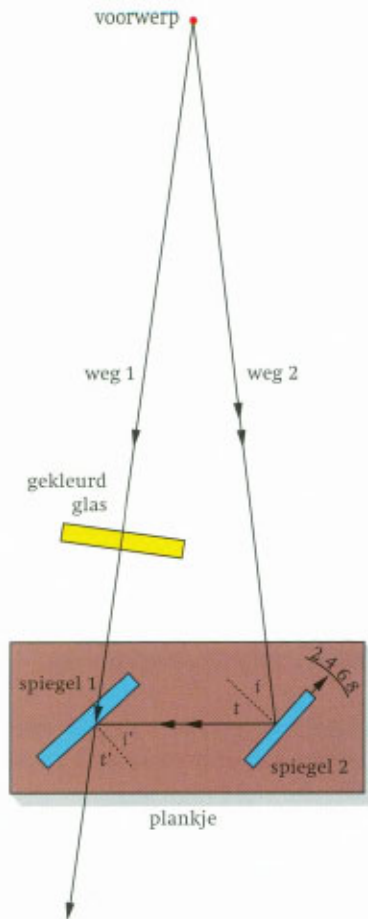
De werking van het toestel is als volgt (zie figuur 48): Je kunt het voorwerp direct door spiegel 1 heen zien. Het licht valt dan via weg 1 in je oog.

We kunnen het voorwerp indirect via spiegel 2 zien. Het licht valt dan via weg 2 in ons oog.

In het algemeen zullen de twee beelden die hierdoor in je oog ontstaan, niet samenvallen. Door spiegel 2 te verdraaien is het mogelijk om beide beelden precies samen te laten vallen. Als je dit doet bij bekende afstanden, bijvoorbeeld 5 meter, en dan bij de wijzer de afstand zet, kun je een schaalverdeling maken. Dit noemen we iken.

We kunnen dan de afstandmeter op een onbekende afstand instellen en zo aflezen wat die afstand is. Als de beelden erg veel in helderheid verschillen, kun je een gekleurd stukje glas of plastic voor spiegel 1 plaatsen.

FIG. 48 De afstandmeter.



Het bouwen van de afstandmeter

Neem een triplex plankje met een schuine inkeping.
Zet daar de halfdoorlatende spiegel 1 in.

Zet op 19 cm afstand de draaibare spiegel 2. Hieraan
zit de wijzer vast.

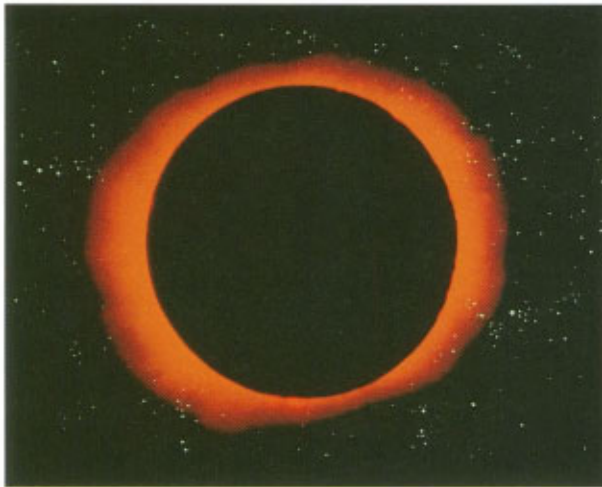
Plak onder spiegel 2 een blaadje papier waarop je de
schaalverdeling kunt aanbrengen. Prik het asje van
spiegel 2 door het papier.

- 1 Maak een schaalverdeling door met de afstand-
meter bekende afstanden op te meten.
Meet de afstanden na met een meetlint.
- 2 Meet vervolgens met de afstandmeter de lengte van
je tafel, de lengte van het lokaal en nog een paar
afstanden.
- 3 Wat kun je doen aan je afstandmeter om hem voor
grotere afstanden nauwkeuriger te maken?

E3 Zons- en maansverduistering

Het gebeurt maar heel zelden dat er in Nederland een volledige zonsverduistering plaatsvindt. Als dat gebeurt, dan staat dat al heel lang van te voren in de krant. Het is voor veel mensen namelijk een heel belangrijke gebeurtenis – voor sterrenkundigen, biologen en natuurkundigen. Al deze wetenschappers kunnen op het moment van de zonsverduistering dingen bestuderen die je normaal niet kunt waarnemen. De dieren- en plantenwereld neemt aan dat het avond wordt en reageert daarop. De dieren bijvoorbeeld door stil te worden. Er steekt een wind op door de plaatselijke afkoeling. Sterrenkundigen kunnen het licht van de corona en de chromosfeer (delen aan de rand van de zon) nu heel makkelijk waarnemen. Want de directe straling, die normaal alles 'overstemt', is afgeschermd (zie figuur 49).

FIG. 49



Gedeeltelijke zonsverduisteringen komen in Nederland vaker voor dan totale. Hierbij bedekt de maan, van de aarde uit gezien, maar een gedeelte van de zon.

- 1 Het is niet zo moeilijk een zonsverduistering redelijk na te bootsen. Dat kun je op de volgende manier doen (zie figuur 50):

Neem een gloeilamp (melkglas, 25 W) en hang op 50 cm afstand een stuk wit papier. Hang daartussen in een pingpongballetje aan een touwtje op 30 cm van de lamp. De lamp stelt de zon voor, het balletje de maan, het papier een deel van de aarde (natuurlijk niet in de goede verhoudingen). Op het 'aardoppervlak' zie je het schaduwbeeld van de maan.

a Maak van die schaduw een tekening.

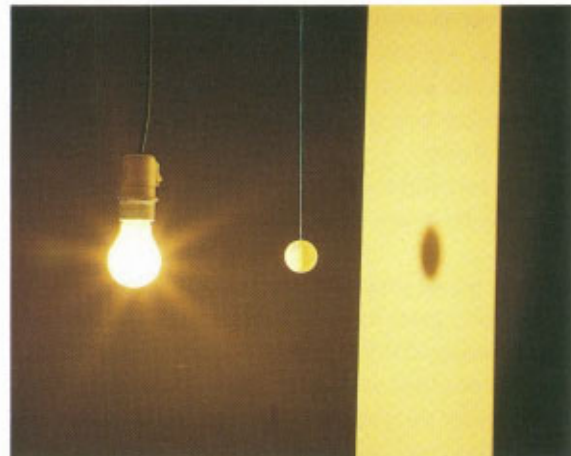
Het valt je waarschijnlijk op dat er in de schaduw een cirkelvormig, donker stuk zit, met daaromheen een lichtere rand. We noemen het donkere stuk de kernschaduw en de lichtere rand de halfschaduw.

Maak nu in het halfschaduwgebied een gaatje van 1 cm diameter, en kijk daardoor naar de pingpongbal en de lamp.

b Teken in je schrift wat je ziet.

Welk soort zonsverduistering zie je vanaf dié plaats op aarde?

FIG. 50

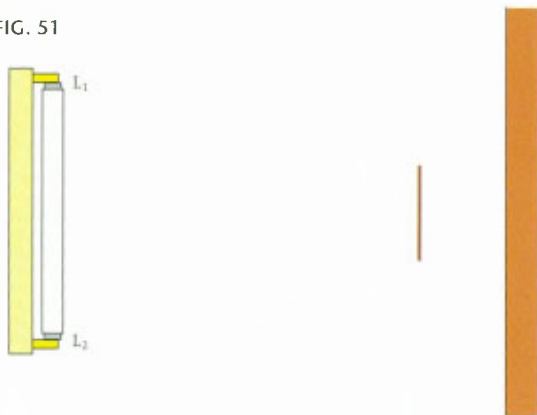


Als je het papier verschuift, zodat het gaatje in het kernschaduwgebied terecht komt, kun je daardoor zien dat er op het kernschaduwgebied helemaal geen licht valt. Op die plaats van het 'aardoppervlak' is de zonsverduistering volledig.

Zoals je merkt komen kernschaduw en halfschaduw niet alleen bij zonsverduisteringen voor, maar ook bij gewone schaduwen van lampen.

- 2 Een stukje karton in de bundel van een TL-lampje zorgt voor schaduwvorming op een scherm (zie figuur 51).

FIG. 51



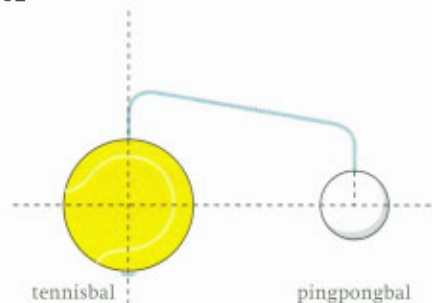
- a Neem de tekening over. Teken de schaduw die door L_1 van het karton op het scherm wordt gevormd. Doe hetzelfde voor L_2 .
- b Geef nu het kernschaduw- en het halfschaduwgebied aan.
- c Zet een stip op de plaats van het scherm waar je net de bovenste helft van de TL-buis kunt zien.

- 3 Als je bij de proef die een zonsverduistering nabootst goed naar de halfschaduw hebt gekeken, kon je zien dat het gebied niet egaal was 'verlicht'. Als je bedenkt wat je zag door vanuit de halfschaduw naar de lamp te kijken, kun je dan verklaren waarom een halfschaduwgebied niet egaal grijs kan zijn?

- 4 Een maansverduistering

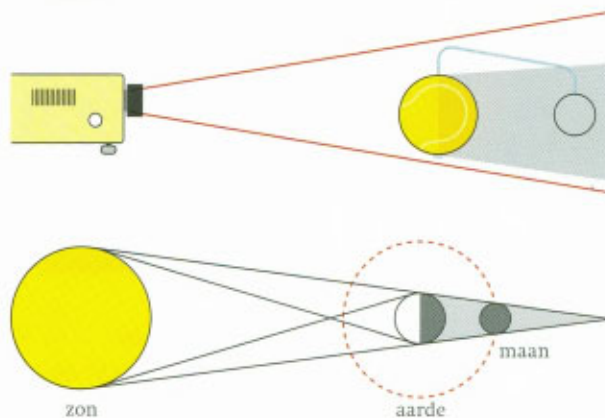
Met een oude tennisbal (de aarde), een breinaald, een pingpongballetje (de maan) en een diaprojector (de zon) kun je een model maken van een maansverduistering. Steek de breinaald door de tennisbal en buig hem dan om. Buig 4 à 5 cm vanaf de punt de breinaald weer om en lijm op die punt een pingpongballetje, waarin je eerst een gaatje hebt gemaakt. Zorg er door iets meer of minder buigen voor, dat de beide balletjes op één lijn komen, zoals in figuur 52.

FIG. 52



Door de breinaald rond te draaien, terwijl je de aarde en maan in de bundel van de diaprojector houdt, ontstaat vanzelf een maansverduistering (zie figuur 53).

FIG. 53



E4 Oefenvragen en opgaven

- 5 Hoe lang duurt het, voor de maan één keer rond de aarde is gedraaid? Zoek dit eventueel op in een boek.
- 6 Hoe vaak per jaar zou er dus een maansverduistering moeten zijn?
Misschien kun je in een boek vinden, waarom er toch niet zoveel maansverduisteringen zijn, als je zou verwachten. Met je model kun je de echte situatie nabootsen. Schrijf dan op hoe je dat hebt gedaan.

Bij een echte maansverduistering is de maan niet helemaal verduisterd, als hij in de schaduw van de aarde zit. Je kunt dan nog een zwak roodachtig verlichte maan zien.

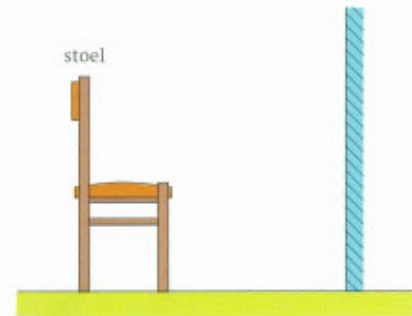
Dat komt doordat er toch nog lichtstralen op de maan terechtkomen. Het is zonlicht dat door de atmosfeer rond de aarde wordt afgebogen.

- 7 Zoek in een encyclopedie de werkelijke afstanden op tussen de zon en de aarde én de maan en de aarde. Ga na waar de projector moet staan, opdat de verhouding van de afstanden van projector-tennisbal én tennisbal-pingpongbal klopt met de werkelijkheid.

In deze extrastof vind je een aantal vraagstukken die betrekking hebben op dit blok. De meeste vraagstukken kun je gemakkelijk maken, als je de leerstof uit het blok begrijpt. Soms zijn de vragen moeilijker en moet je er wat langer over nadenken.

- 1 Een stoel staat voor een spiegel (figuur 54).
a Neem de tekening over en teken het beeld van de stoel op de juiste plaats.

FIG. 54



- b Teken twee verschillende lichtstralen vanaf de leuning die door de spiegel worden teruggekaatst.

- 2 Een brandende kaars van 14 cm hoogte staat voor een spiegel. De afstand tot de spiegel is 45 cm en de spiegel is 30 cm hoog (figuur 55).

FIG. 55 Een kaars voor een spiegel.



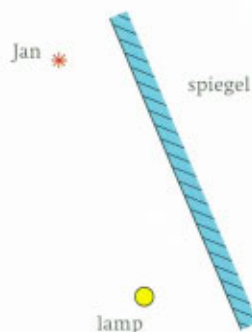
a Neem de tekening over (schaal 1 op 10, dus 10 cm wordt in de tekening 1 cm). Teken het beeld van de kaars op de juiste plaats.

b Teken de bundel licht die afkomstig is van punt P en die door de spiegel wordt teruggekaatst.

c Arceer het gebied van waaruit je de vlam in de spiegel kunt zien.

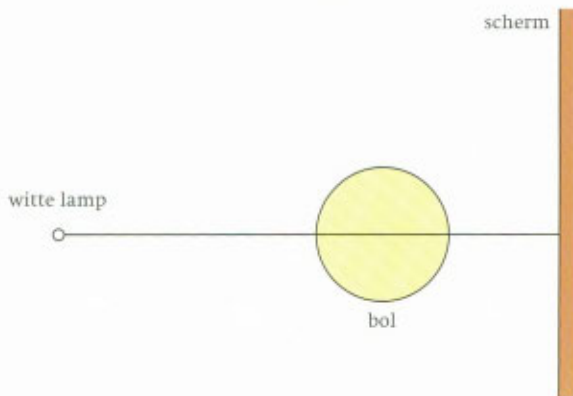
- 3** Jan staat voor een spiegel. Voor de spiegel hangt een lamp (figuur 56).
Neem de tekening zorgvuldig over en laat zien of Jan de lamp via de spiegel kan zien.

FIG. 56 Bovenaaanzicht.



- 4** Een witte lamp staat 80 cm voor een wit scherm. 30 cm voor het scherm hangt een bol van 20 cm (figuur 57).

FIG. 57 Een lamp en een bol voor een scherm.



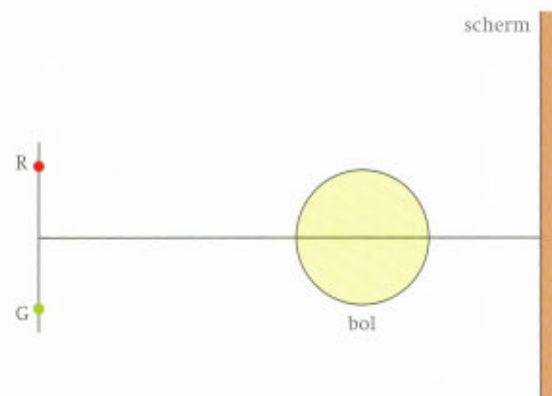
a Maak een tekening (schaal 1 op 10) en laat zien hoe de schaduw op het scherm ontstaat.

b Teken in je schrift de schaduw op het scherm op schaal (1 op 10).

c Hoe kun je aan de vorm van de schaduw zien dat licht langs een rechte lijn beweegt?

In plaats van één witte lamp nemen we nu een rode én een groene lamp. De lampen hangen 20 cm van elkaar en 80 cm van het scherm (figuur 58).

FIG. 58 De bol wordt verlicht door een rode lamp (R) en een groene lamp (C).



d Maak opnieuw een tekening (schaal 1 op 10) en laat zien hoe de schaduw van de groene én de rode lamp ontstaat. Werk met verschillende kleuren!

e Teken in je schrift de schaduw op het scherm op schaal én in de juiste kleur.

Als we de lampen ver genoeg uit elkaar plaatsen, ontstaan er op het scherm twee ellipsvormige oppervlakken: het ene rood, het andere groen.

f Laat met een tekening zien hoe ver de lampen dan uit elkaar moeten staan.

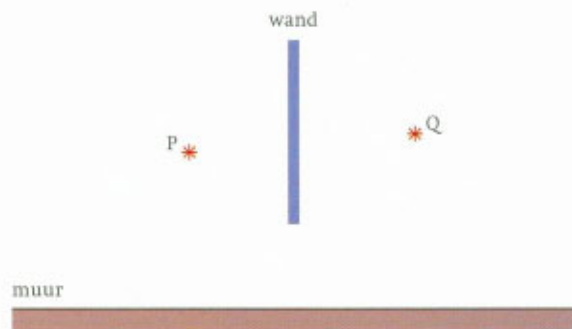
- 5** Bij voetbalwedstrijden die bij kunstlicht gespeeld worden, zie je van de spelers steeds vier schaduwen.

a Geef hiervoor een verklaring.

b Waar op het veld zijn de schaduwen even groot?

- 6 Pemand en Qumand spelen squash. De terugkaatsing van de bal tegen de muur kun je vergelijken met de weerkaatsing van een lichtstraal door een spiegel. Tussen beide spelers staat een wand (figuur 59). Teken de baan van de bal die bij Qumand vertrekt en via de muur precies bij Pemand terecht komt.

FIG. 59 Squashen via de muur.



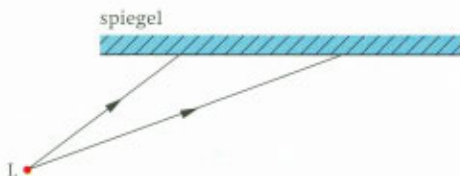
- 7 Een lamp hangt niet precies voor een spiegel, maar een beetje ernaast (figuur 60). Vanaf de lamp zijn twee lichtstralen getekend.

a Neem de tekening over en teken met behulp van de terugkaatsingswet de teruggekaatste stralen.

b Bepaal de plaats van het beeld door de teruggekaatste stralen te verlengen.

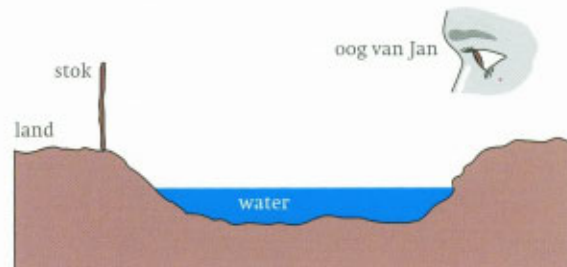
c Kijk naar de plaats van de lamp en het beeld ten opzichte van het spiegeloppervlak. Wat is je conclusie?

FIG. 60 Een lamp naast een spiegel.



- 8 Jan zit aan de waterkant en kijkt naar het water (figuur 61). Het wateroppervlak werkt als een spiegel. Neem de tekening zorgvuldig over en ga na of Jan het spiegelbeeld van de stok ziet.

FIG. 61 Jan langs de waterkant.



- 9 Een lamp hangt tussen twee spiegels (figuur 62). De beide lichtstralen worden eerst door spiegel 1 en dan door spiegel 2 teruggekaatst. Neem de tekening over en laat zien hoe de lichtstralen door beide spiegels worden teruggekaatst.

FIG. 62 Een lamp voor een hoekspiegel.

