

Inhoud



Inleiding	P. 50
------------------	--------------

Lichtbreking (lenzen)

Loep	P. 51
Loep met verlichting	P. 52
Diaviewer	P. 53
Microscoop	P. 54
Telescoop	P. 55
Terrestrische telescoop	P. 55

Reflexie (spiegel)

Spiegelparcours	P. 56
Periscoop	P. 57

Licht en schaduw

Zonnewijzer	P. 58
Half- en kernschaduw	P. 59
Model van planeten	P. 60

Lichtgeleiders

Lichtspel	P. 62
Lichtspel met slinger	P. 62
Morseapparaat	P. 63

Gezichtsbedrog	P. 64
-----------------------	--------------



„Prima!

Je wilt graag meer weten over optiek? Dan ben je bij mij aan het goede adres. Ik vind het onderwerp ook heel spannend en weet er wel het een en ander van. Ik duik regelmatig op in dit boekje om je te helpen met tips en aanwijzingen.

Dus begin maar gauw en veel plezier bij het bouwen!”

■ Het woord optiek ken je vast wel. De opticien in de winkelstraat is immers degene, die brillen verkoopt. En de brillen van deze opticien zijn ook een deel van de optiek. Het woord komt oorspronkelijk van de oude Grieken en betekent dan zoiets als „De leer van het zien”. Dat maakt de optiek zo interessant, want het is overal om je heen te zien. Ach ja, ook dat danken wij aan de optiek – onze mogelijkheid om te zien. Zonder de lenzen in jouw ogen zou je weliswaar kunnen herkennen of iets licht of donker is. Maar je zou niet herkennen wat het is, of zelfs maar scherp kunnen zien.



Over het zien hebben de mensen zich al langere tijd zorgen gemaakt, bijvoorbeeld als het gaat om slecht zien of onscherp zien. En zo vonden zij ongeveer 700 jaar geleden de bril en de loep uit, zodat optische fouten van het menselijk oog met

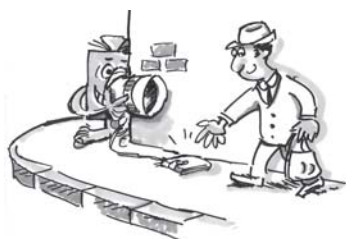
behulp van glazen lenzen gecorrigeerd konden worden. Wij gaan dat zo meteen ook doen. Wij kunnen de loep niet meer uitvinden, want die bestaat al. Maar wij kunnen hem wel namaken – en nog veel meer doen. Je zult zelfs apparaten bouwen, waarmee je naar de sterren kunt kijken. Het geheim is de breking van het licht.



Je kunt licht echter niet alleen breken, maar ook reflecteren. Natuurlijk, zul je dan zeggen, want je weet immers hoe een spiegel werkt. Maar wij gaan er iets heel bijzonders mee doen. Wij zullen het licht om een hoek „buigen”, het zelfs 180° laten draaien. Je zult mensen kunnen zien, waarvoor je zelf onzichtbaar bent. Je kunt ze in de gaten houden, zonder dat zij het zelf merken.

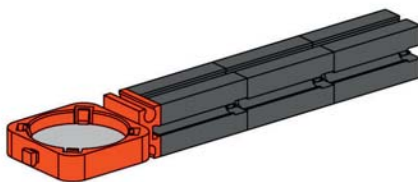
„Waar licht is, is ook schaduw”, heeft een beroemde dichter ooit eens gezegd. En hij heeft gelijk. Als de maan aan de hemel staat, is het bij ons nacht – of hoe heeft hij dat bedoeld? En waarom zie je soms maar een halve maan of is hij er zelfs helemaal niet? Als je dat altijd al interessant hebt gevonden, heb je nu de kans om je eigen, perfect werkend 3D model van de planeten te bouwen.

Als je alle modellen het getest, ben je een expert op het gebied van optiek. Maar bij alle kennis die je dan hebt – vertrouw je eigen ogen niet – tenminste niet altijd. Maar dat komt pas helemaal aan het einde.

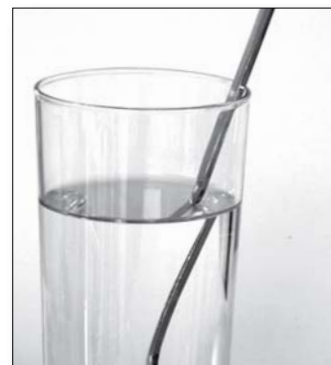


■ Al honderden jaren geleden hebben mensen zich erover verbaasd, waarom de wereld er door een waterdruppel of een glas ineens heel anders uit kan zien.

Heb je zelf wel eens gezien, dat een lepeltje in een glas water eruit ziet alsof hij vlak onder het wateroppervlak ineens verbogen is? Dat komt door de breking van het licht. Het licht wordt aan het oppervlak van het water iets verbogen (gebroken). Dat gebeurt eigenlijk altijd met licht, als het in contact komt met een doorzichtige stof, die een andere dichtheid heeft. Dus van lucht naar water of zoals bij een lens: van lucht naar glas en weer terug naar lucht.



Lichtbreking (lenzen): Loep



■ Bouw aan de hand van de bouwhandleiding het model van de loep.

Experiment 1:

Houd de loep eerst nog niet in de buurt van een voorwerp, maar bekijk er gewoon je kamer mee. Beweeg de loep dan langzaam bij het oog vandaan, tot je een scherp beeld kunt herkennen. Dat gebeurt ongeveer als je arm iets gebogen is. Wat zie je – of beter gezegd: Wie zie je?

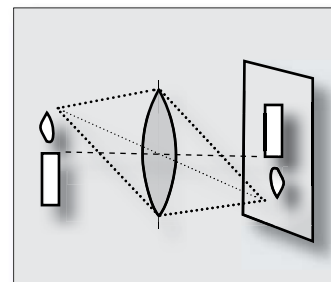


Staat bij jouw alles op z'n kop? Nou, dan is alles in orde met de lens in jouw loep. Ook al ben je nog steeds verbaasd, ga gewoon maar verder met het volgende experiment.

Experiment 2:

Houd de loep eerst tussen een wit vel papier en een lichtbron, zoals bijvoorbeeld een zaklamp of schemerlamp. Het vel papier houd je op ca. 30 cm van de lichtbron. Plaats de loep ongeveer in het midden tussen de lamp en het vel papier. Dan beweeg je de loep heel langzaam eerst dichterbij het licht, dan dichterbij het vel papier.

Tip: Met een kaars kan het ook, maar dan moet een volwassene je met het experiment helpen! Het werkt ook heel goed met de televisie als lichtbron.

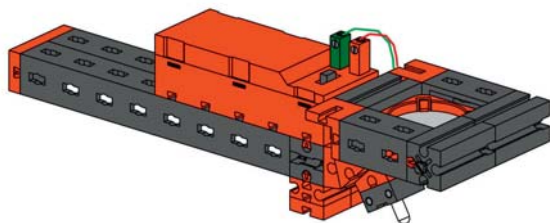


De weg van het licht door de lens

Jouw lichtbron (lamp) schijnt op het blad papier – maar verkeerd om en op z'n kop. De lichtstralen worden door de lens verbogen. Ze draaien de kanten eigenlijk om, van boven naar beneden en van links naar rechts (de afbeelding helpt je om het beter te begrijpen).



Loep met verlichting



■ Als je iets slecht kunt lezen of kunt herkennen, dan komt dat soms omdat de letters of voorwerpen heel klein zijn (dan kun je dus je loep gebruiken) of omdat de lichtomstandigheden slecht zijn. Daarom wordt je loep nu uitgebreid.

■ Bouw met behulp van de bouwhandleiding de loep met verlichting.



Experiment 1:

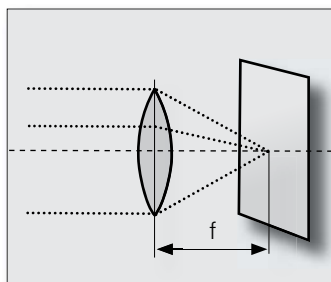
Neem de loep in je hand en kijk naar de regels in dit boekje. Eerst met licht en dan zonder licht.

Het is verbazingwekkend, dat zelfs zo weinig licht de letters gelijk al veel scherper maakt. Let maar eens op oudere mensen, die een beetje slechter zien. Als zij de kleine lettertjes op een verpakking in de winkel willen lezen, lopen ze vaak naar het raam of doen het licht aan. Licht verhoogt het contrast, dus het verschil tussen lichte en donkere plaatsen, waardoor de letters scherper lijken.

■ Bij het bekijken van de letters heb je de loep vast een beetje heen en weer bewogen, tot je de letters helemaal scherp zag. Waarom verandert de scherpte afhankelijk van de afstand?

Experiment 2:

Leg de loep plat op het boekje. Verwijder de loep dan langzaam vanaf het boekje, maar blijf wel door de lens naar de letters kijken. Wat valt je hierbij op?



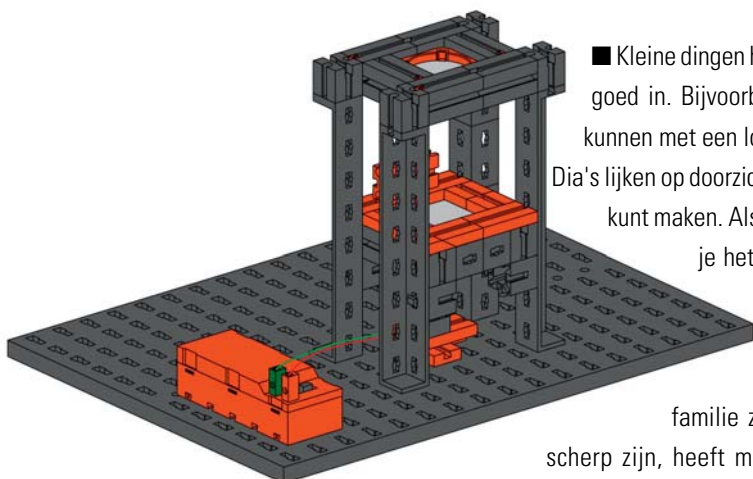
f = brandpuntsafstand

De letters worden daarbij steeds groter en worden in eerste instantie scherp afgebeeld. Maar na een bepaalde afstand worden ze weer onscherp. Dat gebeurt bij iedere bolle lens. Deze afstand komt ongeveer overeen met de brandpuntsafstand (f). Dat is de afstand van de lens tot de plaats waarop de lichtstralen een bepaald punt raken. Dikke lenzen hebben een kortere brandpuntsafstand dan dunne lenzen, omdat zij het licht meer „breken“.

Als de zon schijnt, kun je de brandpuntsafstand van jouw lens zelfs meten. Houd de loep boven een steen, zodat het lichtpunt op de steen zo klein mogelijk is. De afstand in centimeters tussen de steen en de lens is de brandpuntsafstand. Maar wees voorzichtig: op deze manier gebundelde zonnestralen worden heel heet.



- Kijk nooit door de loep naar de zon -> **Je ogen kunnen daardoor beschadigd raken!**
- Houd de loep, als de zon erop schijnt, nooit boven brandbaar materiaal zoals hout of papier -> **Gevaar voor brand!**
- Laat de loep niet per ongeluk in de zon liggen -> **Gevaar voor brand!**



■ Kleine dingen heel groot weergeven, daar zijn loepen goed in. Bijvoorbeeld dia's, die zijn heel klein, maar kunnen met een loep heel groot worden weergegeven.

Dia's lijken op doorzichtige foto's die je met een fototoestel kunt maken. Als je de dia's in een projector stopt, kun je het beeld heel groot op de wand in een kamer projecteren, bijna als in een bioscoop.

Om te voorkomen dat vrienden of familie zich vervelen omdat de beelden niet scherp zijn, heeft men deze vooraf gesorteerd. Precies daarvoor is de diaviewer bedoeld. De kleine beeldjes worden erin geschoven

en met behulp van licht en loepen op een groot formaat weergegeven en beoordeeld. Dat kun je nu zelf proberen.

■ Bouw aan de hand van de bouwhandleiding de diaviewer.

Vraag aan je ouders of zij nog dia's van vroeger hebben, die je mag gebruiken, en neem een sprong terug in de tijd. Misschien was je toen nog niet eens geboren.

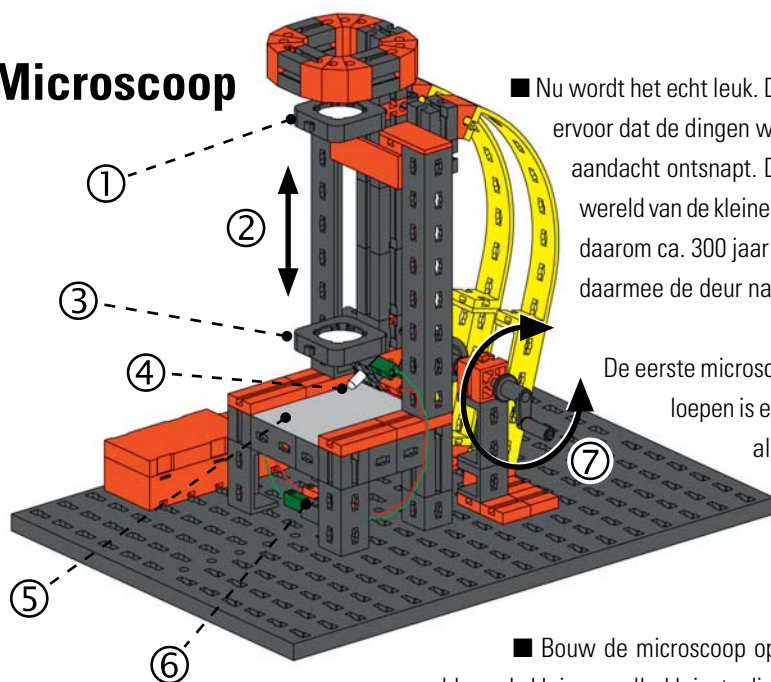
Als alternatief kun je zelf een tekening maken op de transparante folie uit het bouw pakket en die in de viewer leggen.

Tip: De dia's worden gewoon op het rode frame in het model gelegd. De transparante folie daarbij niet verwijderen. Deze verdeelt het licht van de lamp gelijkmatig over de dia.

Diaviewer



Microscop



■ Nu wordt het echt leuk. Dat geldt niet voor het model, maar wat je kunt zien. De loep zorgt ervoor dat de dingen worden vergroot, maar een klein stofdeeltje is vast en zeker aan je aandacht ontsnapt. Door de uitvinding van de loep zijn mensen nieuwsgierig naar de wereld van de kleine dingen geworden. Natuuronderzoekers en lensspecialisten hebben daarom ca. 300 jaar geleden een wonderlijke machine, de microscoop, ontwikkeld en daarmee de deur naar de microkosmos geopend.

De eerste microscopen waren eigenlijk hele krachtige loepen. Het nadeel van dikke loepen is echter, dat zij het bestaande beeld heel erg vervormen. Ongeveer zo, als wanneer je door een glazen bol kijkt. Pas toen men de truc met de tweede lens had toegepast, kon je van een echte microscoop spreken. Deze tweede lens werkt als een turbo en vergroot het beeld van de eerste lens nog extra.

■ Bouw de microscoop op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven en ontdek de wereld van de kleine en allerkleinste dingen. Begin met versie 1 van het model, vergroting 3- tot 5-voudig. Ter vergelijking kun je dan de lens door versie 2 vervangen en krijg je een 7- tot 10-voudige vergroting.

- 1 Oculair-lens
- 2 Hoogteverstelling
- 3 Objectief-lens
- 4 Lamp
- 5 Voorwerpdager
- 6 Doorlichtlamp
- 7 Slinger voor scherpstellen

Taak 1:

Zoek een doorzichtig voorwerp om te bekijken. Bijvoorbeeld een dun blad van een plant, het mag ook wel een beetje uitgedroogd zijn. Trek de stekker van de lamp eruit en bekijk het blad onder je nieuwe microscoop.



Nadat je het beeld met de slinger (7) scherp hebt gesteld, kijk je niet alleen op het blad, maar er ook gewoon doorheen, bijna als bij een röntgenapparaat. Zie je de fijne adertjes die het blad tot aan het uiterste puntje van water voorzien? Fascinerend.

Als het licht door het geplaatste voorwerp schijnt, noemt men dat „doorlichtmicroscopie“.

Vergrotingsfactor:

Model
Versie 1 = 3- tot 5-voudig
Versie 2 = 7- tot 10-voudig

Taak 2:

Schakel het licht van de lamp in, door de stekker weer in de lampvoet te steken. Kijk dan nog eens naar het blad. Je ziet het verschil nog duidelijker als je de oplichtlamp bij het bekijken in- en weer uitschakelt.



Met het licht dat erop valt, zie je niet meer zo goed door het blad, maar in plaats daarvan is het oppervlak veel duidelijker. Dat is een voordeel als je ondoorzichtige voorwerpen wilt bekijken. En het bijzonder van jouw nieuwe microscoop is dat deze allebei kan. Het is een doorlicht- en oplichtmicroscop.

En nu gaan we echt op ontdekkingsreis. Heb je al eens een naainaald onder de microscoop bekeken? Denk je dat deze aan het uiteinde glad en spits is? Dat had je gedroomd! En wist je al dat een kleurenfoto in de krant uit allemaal gekleurde stipjes bestaat? Knip de afbeelding maar eens uit en bekijk hem met oplicht onder de microscoop, dan zul je nog versteld staan.

Astronomische telescoop

■ Galileo Galilei. Deze naam moet je kennen, als het om astronomie, dus om „sterrenkijken” gaat. Hij was een geniale wetenschapper en astronoom. Het was ongeveer in het jaar 1600, de telescoop was al uitgevonden, maar nog niet heel sterk. Zelf heeft hij een verbeterde versie gebouwd, waarmee hij als eerste mens het oppervlak van de maan kon bekijken. Hij ontdekte dat de maan ook bergen, dalen en kraters had. Dat was toen, 400 jaar geleden, een hele sensatie. In die tijd dachten de mensen, dat alle hemellichamen rond en glad als biljartballen waren.

■ Bouw de telescoop op zoals beschreven in de bouwhandleiding en kijk in de verte.

De telescoop heeft een vergrotingsfactor van 3,2. Dat kun je heel gemakkelijk uitrekenen. Brandpuntsafstand van de objectief-lens (1) = 80 mm, gedeeld door de brandpuntsafstand van de oculair-lens (2) = 25 mm $\rightarrow 80 : 25 = 3,2$.

■ Bij het kijken door de telescoop is je vast wel opgevallen, dat alles wat je ziet op de kop staat. Bij het bekijken van de sterren is dat niet van belang, maar op aarde kun je de telescoop zo niet gebruiken.

Taak 1:

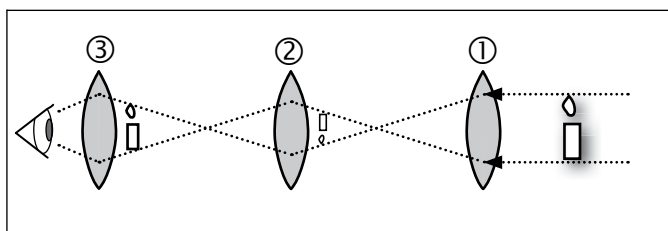
Wat moeten wij aan de telescoop veranderen, inbouwen of ombouwen, zodat het beeld dat op de kop staat weer wordt omgedraaid?



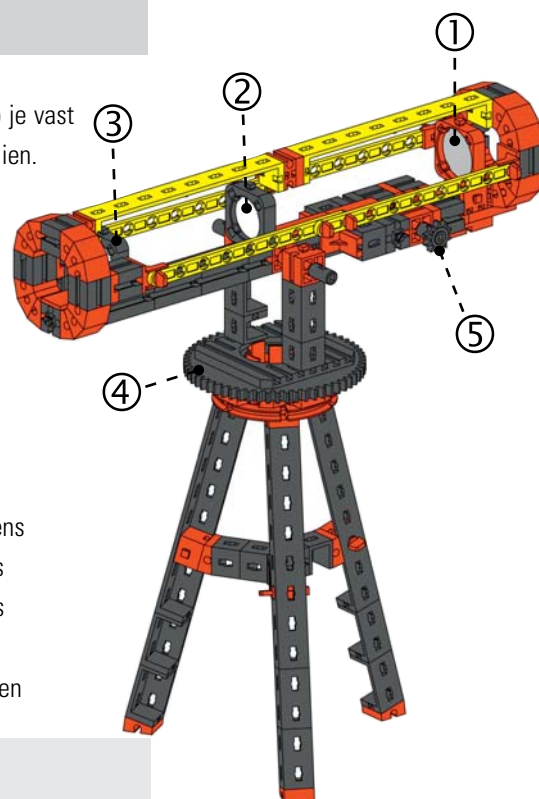
Bij het tweede experiment met de loop, aan het begin van dit begeleidend boekje, heb je vast gemerkt dat je een beeld met een loop die op de juiste afstand is geplaatst, kunt omdraaien.

Taak 2:

Bouw aan de hand van de bouwhandleiding het model van de terrestrische telescoop. Gebruik daarbij alle drie lenzen en controleer of het beeld met behulp van de derde lens weer goed staat.



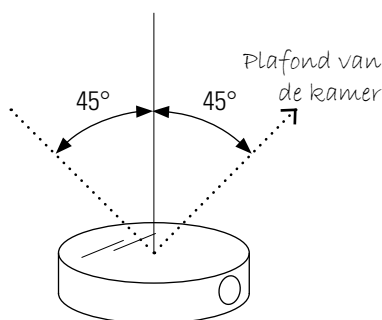
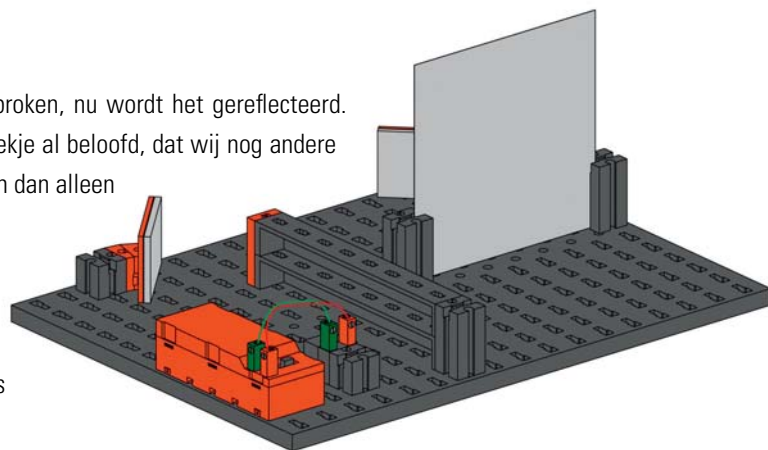
- 1 Objectief-lens
- 2 Omkeerlens
- 3 Oculair-lens
- 4 Draaikrans
- 5 Scherpstellen



Reflexie spiegelparcours

■ Eerst hebben we het licht gebroken, nu wordt het gereflecteerd. Ik heb je aan het begin van dit boekje al beloofd, dat wij nog andere dingen met de spiegel zouden doen dan alleen erin kijken.

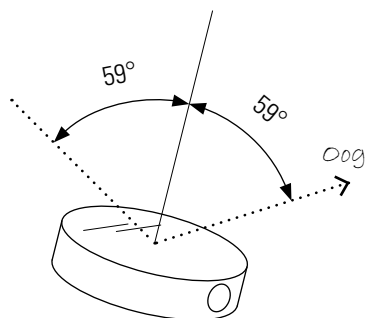
■ Bouw het spiegelparcours op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven.



Taak:

Schakel de lamp in en kijk welke weg het licht volgt (dat kan het beste in een donkere kamer).

Waarom komt het, dat het licht in precies dezelfde richting terugkeert als waaruit het is gekomen?



Natuurlijk zijn de spiegels ervoor verantwoordelijk, maar het komt ook op de hoek aan waaronder het licht op de spiegels valt.

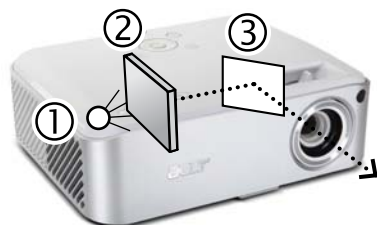
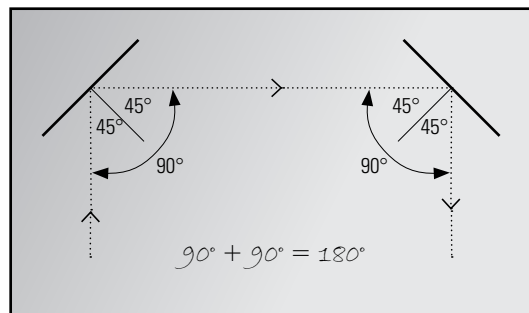
Dat heb je vast al eens ervaren. Bijvoorbeeld toen het zonlicht op het glas van je horloge weerkaatste en je daarmee een verlichte cirkel op het plafond hebt getoverd.

Als je daarmee je buurman in het klaslokaal wilt laten schrikken, hoef je in plaats van op het plafond te schijnen, alleen maar je pols te draaien. Als het licht vlakker op het glas van het horloge valt, wordt het ook vlakker gereflecteerd. Je hebt daarmee een van de natuurwetten gebruikt! De wet van de reflectie, dat wil zeggen:

Invalshoek is gelijk aan de reflectiehoek

En omdat het zo simpel is, passen wij het direct toe bij ons model.

Het licht valt op de eerste spiegel: 45° heen en 45° terug, dat is samen 90° . Bij twee spiegels wordt het 180° . Nu is dus ook duidelijk waarom het licht weer in de richting terug straalt, waaruit het is gekomen – het wordt gewoon 180° gedraaid (omgekeerd).

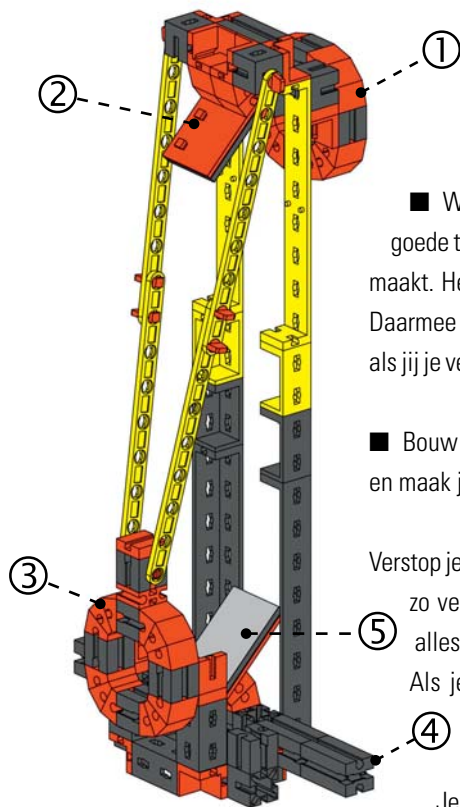


- 1 Lamp
- 2 TFT-scherm
- 3 Spiegel

De reflectiemethode kom je tegen in heel veel optische apparaten:

- Spiegelreflexcamera
- Daglichtprojector
- Videoprojector (beamer)
- Periscoop





- 1 Objectief
- 2 Objectief-spiegel
- 3 Oculair
- 4 Oculair-spiegel
- 5 Handgreep

■ Wil je jezelf wel eens onzichtbaar maken? Daarvoor heb je een goede toverspreuk, een magische kap of een ring nodig die je onzichtbaar maakt. Heb je dat niet? Geen probleem, er is nog een ander hulpmiddel. Daarmee kan jij je weliswaar niet voor iedereen onzichtbaar maken, maar als jij je verdekt opstelt, kun je tenminste zien zonder zelf gezien te worden.

■ Bouw de periscope op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven en maak jezelf „onzichtbaar“.

Verstop jezelf achter de bank en schuif het uiteinde van de periscope slechts zo ver als nodig over de rugleuning van de bank omhoog. Nu kun je alles in de kamer zien, zonder zelf ontdekt te worden.

Als je de periscope horizontaal houdt, kun je zelfs om een hoekje kijken. Bijvoorbeeld over de vloer, door de deur en dan in de woonkamer spioneren.

Je kan er ook mee door het raam naar buiten kijken, zonder daarvoor op te hoeven staan of bij de burens over de heg of schutting turen of ...

Je kunt vast nog wel meer dingen bedenken, die je met je nieuwe periscope kunt doen.

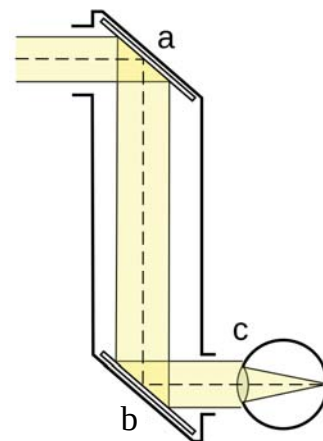
■ Oorspronkelijk was de periscope bedoeld als hulpmiddel voor astronomen, voor het bekijken van sterren en kometen. Later werd ook door militairen ontdekt, dat het een handig instrument was om bijvoorbeeld uit loopgraven naar buiten te kunnen kijken zonder zelf gezien te worden, of zelf door vijandelijke kogels geraakt te worden.



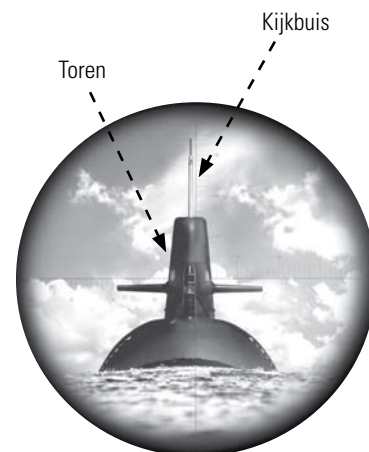
de huidige onderzeeërs zijn zelfs laserafstandsmeters en warmtebeeldcamera's voor het zien bij nacht ingebouwd.

Toen de eerste onderzeeërs de wateren doorkruisten was het van levensbelang om boven water te kunnen zien, zonder zelf boven te hoeven komen. Daarvoor werd de kijkbuis ontwikkeld. De boten voeren vlak onder het wateroppervlak en schoven de kijkbuis net als een telescoop uit de „toren“ tot net boven de waterspiegel. Voor dit doel moest de kijkbuis natuurlijk nog met een periscope worden uitgerust. Met behulp van lenzen kreeg het de functie van een verrekijker. In de periscopen van

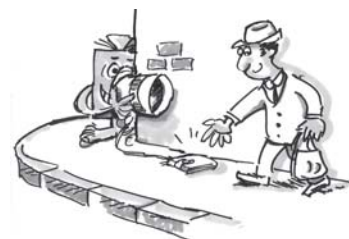
Periscope



- a Objectief-spiegel
- b Oculair-spiegel
- c Oog



Kijkje vanaf onder water door een kijkbuis

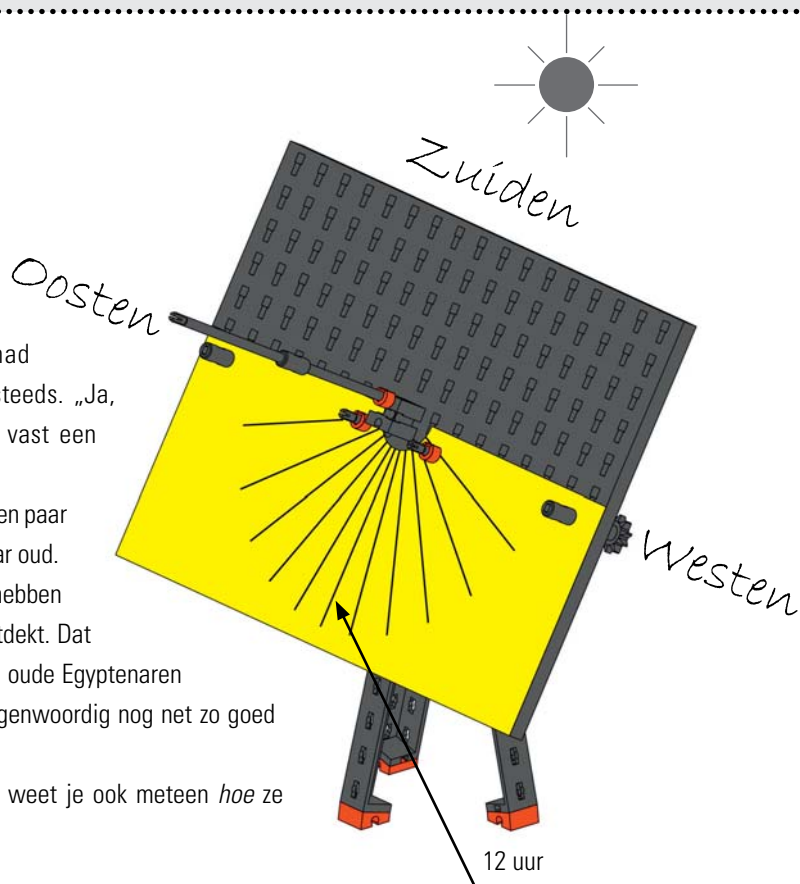


Licht en schaduw

Zonnewijzer

■ Heb je het al gehoord? In de woestijn werd ooit een klok gevonden, die al honderden jaren in het zand begraven had gelegen – en die werkte nog steeds. „Ja, ja“, zul je wel zeggen, „het is vast een zonnewijzer“.

Klopt! En die zonnewijzer is niet een paar honderd, maar meer dan 3.000 jaar oud. Hoe men dat weet? Archeologen hebben hem in het graf van een farao ontdekt. Dat bewijst maar weer eens: zelfs de oude Egyptenaren hadden al zonnewijzers. Of ze tegenwoordig nog net zo goed werken als 3.000 jaar geleden? Probeer het zelf maar eens, dan weet je ook meteen *hoe* ze werken.



■ Bouw het model van de zonnewijzer op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven.

Zoek een rustige, zonnige plaats op voor de zonnewijzer. Heel geschikt is bijvoorbeeld een vensterbank die op het zuiden ligt. Dat is het raam, waar de zon rond het middaguur direct naar binnen schijnt. Met een rustig plekje bedoel ik, dat het raam niet steeds geopend mag worden, omdat je de zonnewijzer dan steeds weer opnieuw moet instellen. Eventueel kun je met een potlood markeringen op de vensterbank aanbrengen.

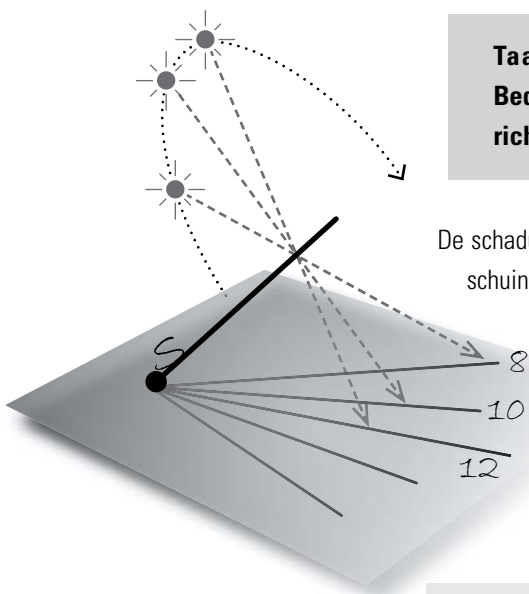
Richt de zonnewijzer naar de zon. De zon moet vanaf de achterkant op de schaalverdeling schijnen. De exacte tijd stel je het beste in om 12:00 uur 's middags. Dan draai je de zonnewijzer een beetje heen en weer tot de schaduw van de wijzer precies op de verticale streep van de schaalverdeling valt.

Taak:

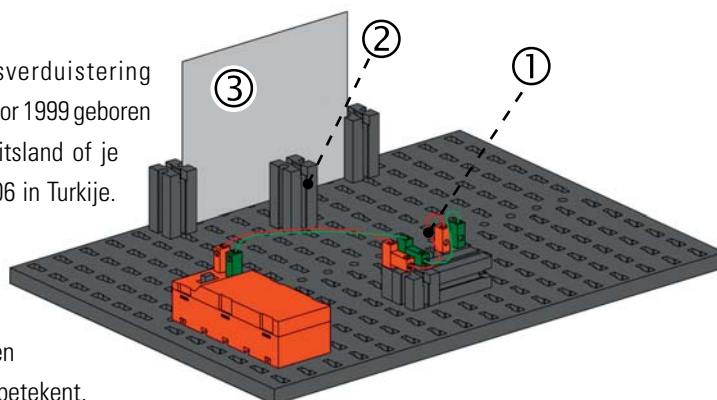
Bedenk zelf, waar de volgende markering, die van 13:00 uur, komt. Dus in welke richting zal de schaduw zich verplaatsen. Tip: De afbeelding helpt je daarbij.



De schaduw van de wijzer zal in de zomer overigens korter zijn dan in de winter. Dat komt, omdat de schuine baan van de zon in de winter vlakker verloopt dan in de zomer. Zo kun je de zonnewijzer zelf, aan de hand van de betreffende markeringen, uitbreiden met een kalenderfunctie.



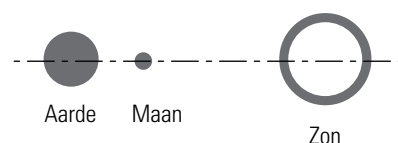
■ Heb je wel eens een zonsverduistering meegemaakt? Dan ben je vast al voor 1999 geboren en was je op 11 augustus in Duitsland of je was in 2003 in Australië of in 2006 in Turkije. Want op die data was er in de voornoemde landen een totale zonsverduistering te zien. Wat dat precies is, hoe het ontstaat en wat een totale zonsverduistering betekent, zullen we je hier uitleggen.



Half- en kernschaduw

- 1 Lichtbron
- 2 Hindernis
- 3 Projectiewand

Als er sprake is van een zonsverduistering, moeten de aarde, de maan en de zon precies in een rechte lijn ten opzichte van elkaar staan, als een strakgetrokken parelketting. De maan staat daarbij tussen de aarde en de zon.



■ Bouw het model van de halfschaduw en kernschaduw op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven.

Als een voorwerp wordt verlicht, ontstaat erachter een schaduw – dat wist je natuurlijk allang. Bestaat de lichtbron echter uit twee puntvormige lampen, zoals bij jouw model of is het een grote lichtbron zoals de zon, dan ontstaan er twee schaduwgebieden: de halfschaduw en de kernschaduw.

Taak

Schakel het licht van je model in en kijk naar de projectiewand. De donkere schaduw in het midden is de kernschaduw, het heldere gebied er omheen is de halfschaduw. Stel je voor dat jouw model onze zon, maan en aarde zijn. De lamp = zon, de bouwsteen = maan. De projectiewand stelt het aardoppervlak voor. In welk gedeelte van de aarde (projectiewand) moet je staan om een totale zonsverduistering mee te maken?



Totale zonsverduistering

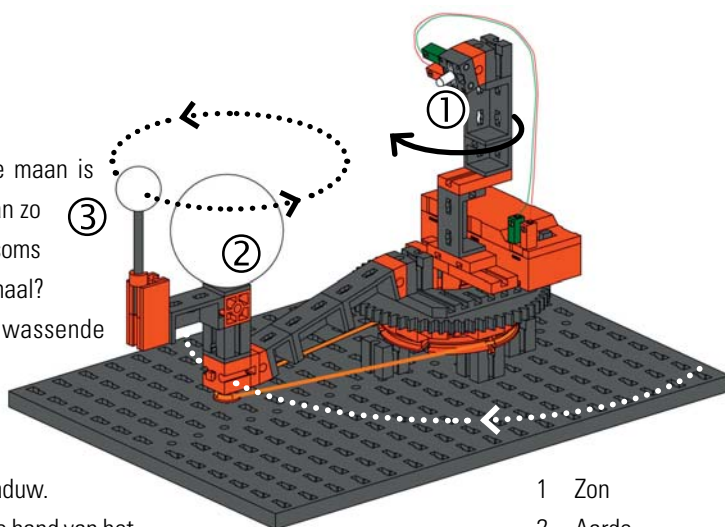
Je moet in de kernschaduw staan, het donkerste deel van het schaduwvlak. Bij jouw model is dat de bijna zwarte streep in het midden. Als je daar zou kunnen staan, zou je het lampje (de zon) niet meer kunnen zien, omdat deze volledig door de bouwsteen (de maan) wordt bedekt.

Op de aarde is de kernschaduw van de zonsverduistering een ronde vlek. En omdat de aarde en de maan bewegen, beweegt deze over het oppervlak. Na een paar minuten is het verschijnsel weer voorbij. De maan heeft de gemeenschappelijke lijn verlaten en zorgt dat wij de zon weer kunnen zien.

Overigens is de eerstvolgende totale zonsverduistering bij ons pas op 3 september 2081!

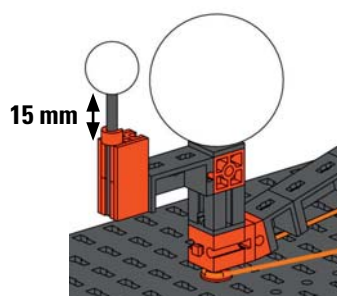
Model van planeten

■ Er wordt wel eens gezegd: de maan is een betrouwbare gids. Als de maan zo betrouwbaar is, waarom is hij dan soms zo „smal” en verdwijnt zelfs helemaal? Natuurlijk, er is zoiets als een wassende maan, afnemende maan, nieuwe maan en volle maan. Dat heeft te maken met het licht van de zon, de stand van de aarde en met de schaduw. Hoe dat precies werkt, zie ja aan de hand van het model van de planeten.



- 1 Zon
- 2 Aarde
- 3 Maan

■ Bouw het model op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven. Let daarbij op de verschillende hoogte-instellingen van de maan bij taak 1 en taak 2.



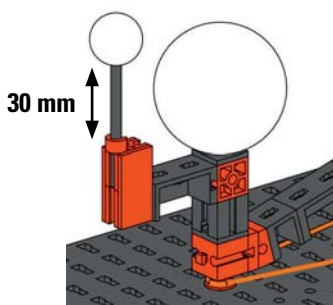
Taak 1:

Eerst simuleren wij een zonsverduistering. Je weet wel hoe dat gaat, toch? Als je het niet meer weet, blader dan even terug naar het hoofdstuk „Half- en kernschaduw”. Dus – de zon, maan en aarde staan in deze volgorde exact op één lijn. De „zon” is ingeschakeld en werpt de schaduw van de maan op de aarde. Stel je voor, dat je in het midden van deze schaduw staat en naar de zon kijkt. Wat zie je?



Precies – de maan, want in het ideale geval bedekt hij de zon volledig. Omdat die situatie echter maar zelden voorkomt, zien wij in deze stand meestal de nieuwe maan.

Voor de volgende taak moet de ruimte waarin jij je bevindt donker zijn, dan werken licht en schaduw namelijk optimaal.



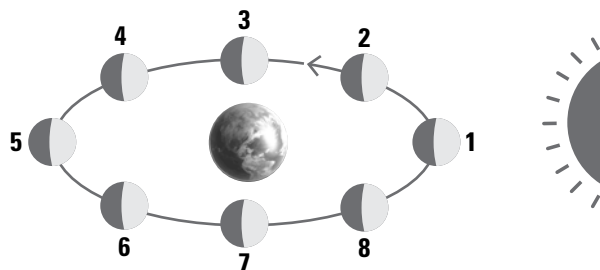
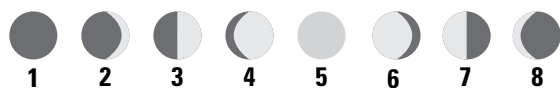
Taak 2:

Draai het model van de planeten zo om, dat de maan tegen de wijzers van de klok in draait (zie de afbeelding hierboven). Stel je voor, dat je op de aarde staat en naar de maan kijkt. Nu kun je alle standen van de maan doorlopen. Wanneer begint de afnemende/wassende fase van de maan?



In de afbeelding vind je het antwoord. Rechter afbeelding: de stad van de maan t.o.v. de aarde, vanuit het heelal gezien. Linker afbeelding: zo ziet de maan er vanaf de aarde gezien uit in de verschillende standen.

De maanstanden



- | | | |
|-----------------|------------------|------------------|
| 1 Nieuwe maan | 4 Wassende maan | 7 Halve maan |
| 2 Wassende maan | 5 Volle maan | 8 Afnemende maan |
| 3 Halve maan | 6 Afnemende maan | |

29,53 dagen heeft de maan nodig voor een volledige cyclus van nieuwe maan tot nieuwe maan. Dat komt ongeveer overeen met een hele maand. Dat is geen toeval, want vroeger werd onze kalender aan de hand van de maan opgesteld. In ca. 29 dagen draait de maan eenmaal om zijn eigen as. Dat betekent dat de maan altijd met zelfde kant naar de aarde is gekeerd. Pas nadat de mens naar de maan is gereisd, was het mogelijk om beelden van de achterkant van de maan te zien.

De tijd van de maan

De aarde draait met een snelheid van **107.000 km/h** in een baan om de zon en jij bevindt je op die aarde. Had je ooit gedacht, dat wij zo snel door het heelal zouden vliegen? Ter vergelijking: dat is driemaal sneller dan een spaceshuttle vliegt.

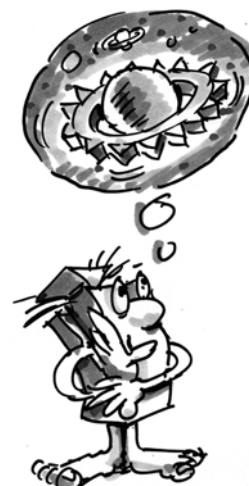
De aarde

300.000 km is de afstand die het licht in één seconde aflegt. Dat komt overeen met een miljard kilometer per uur. Ter vergelijking: geluid beweegt zich „slechts” met 1.200 km/h door de lucht.

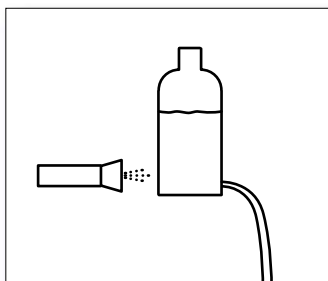
Het licht

Licht heeft geen massa en daarom kan het zo'n hoge snelheid bereiken. Het behoort tot de elektromagnetische golven, zoals radiogolven, microgolven of radarstralen. Slechts een klein deel in het totale spectrum van de elektromagnetisch golven is voor ons mensen zichtbaar – het licht. Het verspreidt zich in een rechte lijn, daarom tekenen wij de stralen van de zon ook meestal als rechte lijnen.

Het „witte” zonlicht is opgebouwd uit alle kleuren van het kleurenspectrum. Wij zien dit bijvoorbeeld bij een regenboog. Op de regendruppels wordt het licht gebroken en valt uiteen in de kleuren rood, oranje, geel, groen, blauw en paars. Dat is overigens altijd dezelfde volgorde.



Lichtspel



Experiment met de waterfles

■ Ken je het experiment met de waterfles en een zaklamp? Je kunt het licht door een waterstraal leiden. Je neemt een fles water (plastic) en boort een klein gaatje onder aan de zijkant in de fles. Dan vul je de fles met water. Met een zaklamp schijn je naar de opening in de fles – dat wil zeggen van achteren in de waterstraal. Daar waar de waterstraal op de grond komt (het liefst natuurlijk in de gootsteen en niet op de vloerbedekking) zul je een helder brandende stip zien.

Dit zelfde experiment heeft John Tyndall, een natuurkundige uit Ierland, al in 1870 gedaan. Hij had in zijn tijd echter nog geen geschikte materialen om de kennis die hij door zijn experimenten vergaarde te gebruiken voor technische doeleinden.

Net als Tyndall zul ook jij je afvragen, hoe het komt dat het licht in de waterstraal of lichtgeleider gevangen blijft en pas aan het einde weer naar buiten komt.



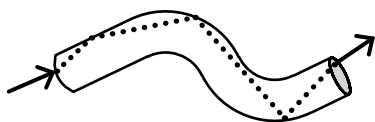
■ Bouw het model van het lichtspel zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven. Belangrijk bij de opbouw is:

- Gebruik als „lamp” de rainbow-LED. Alleen deze lamp genereert licht in verschillende kleuren. Je herkent het aan de opschrift „RB” op de voet.
- De pluspool moet op de zijde met de rode markering worden aangesloten.
- De lichtgeleider moet direct tegen de LED liggen.



Taak:

Schakel de LED-lamp in en kijk hoe het licht zijn weg door de lichtgeleider zoekt. Valt je daarbij iets op?

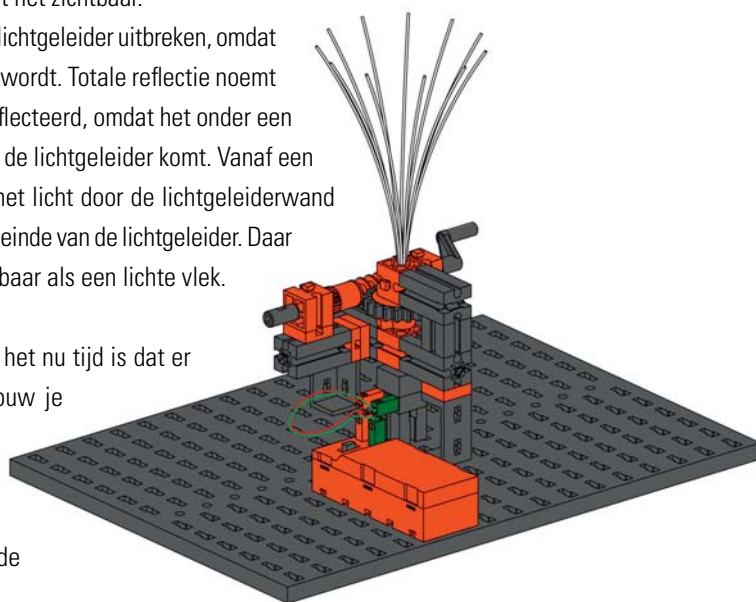


Lichtstraal op zijn weg door een gebogen lichtgeleider

Als je vanaf de zijkant op de lichtgeleider kijkt, heb je bijna het gevoel dat er helemaal geen licht in zit. Pas aan het einde, de uitgang, wordt het zichtbaar.

Het licht kan niet via de wand van de lichtgeleider uitbreken, omdat het daar telkens weer gereflecteerd wordt. Totale reflectie noemt men dat. Het licht wordt totaal gereflecteerd, omdat het onder een zeer vlakke hoek tegen de wand van de lichtgeleider komt. Vanaf een bepaalde hoek, de grenshoek, kan het licht door de lichtgeleiderwand heen breken. Dat is het geval aan het einde van de lichtgeleider. Daar komt het dan naar buiten en is zichtbaar als een lichte vlek.

■ Als je ook van mening bent, dat het nu tijd is dat er eindelijk iets gaat draaien, dan bouw je het uitgebreide model van het lichtspel met de slinger op. Als je je kamer vervolgens donker maakt, kun je met volle teugen van de wisselende kleuren genieten.

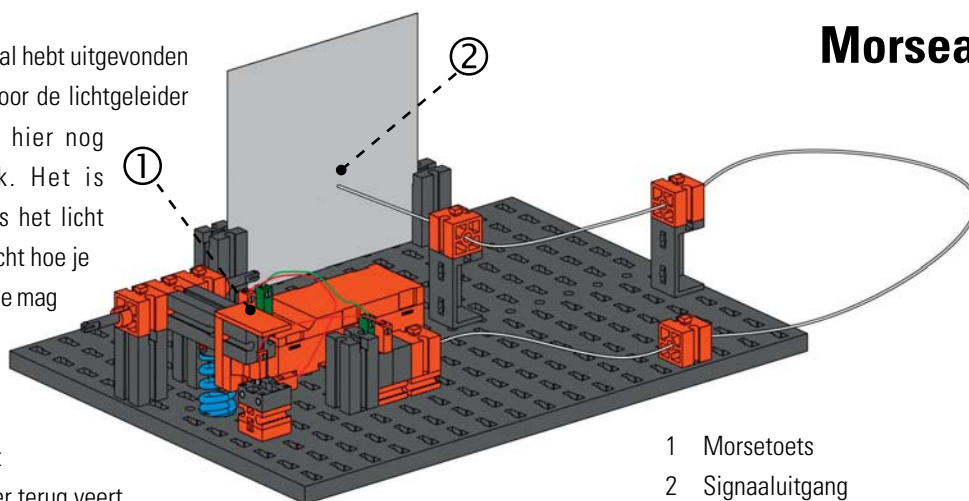


Lichtspel met slinger

Morseapparaat

■ Als je bij jouw model al hebt uitgevonden hoe het licht zijn weg door de lichtgeleider zoekt, dan wordt het hier nog eens extra duidelijk. Het is verbazingwekkend zoals het licht de kromme volgt, ongeacht hoe je deze buigt. Maar pas op: je mag hem niet te veel buigen.

1. Omdat de lichtgeleider daardoor permanent verbuigt en niet meer terug veert (bij een buigradius onder 2 cm).
2. Bovendien kan het dan zijn, dat de lichtgeleider niet meer helemaal goed werkt. Als de buigradius namelijk te klein wordt, kan het licht uit de lichtgeleider breken. Zie ook de beschrijving van de grenshoek in het hoofdstuk Lichtspel.



- 1 Morsetoets
2 Signaaluitgang

Het morse-alfabet

a . -	n - .
b - . . .	o - - -
c - . - .	p . - - .
d - . .	q - - - -
e .	r . - .
f . - . .	s . . .
g - - .	t -
h	u . - -
i . .	v . . . -
j . - - -	w . - - -
k - . -	x - . . -
l . - . .	y - . - -
m - -	z - - . .
wachten . - . . .	
begin . - . . . -	
einde	

■ Voordat de telefoon was uitgevonden, werden berichten met een morseapparaat doorgegeven. Dat was eenvoudig en betrouwbaar. Voor het draadgebonden verzenden van berichten had je alleen een kabel nodig en twee signalen: kort en lang. Dat betekende de letter „a“.

Je zou kunnen zeggen dat de morsetechniek de grootmoeder van het huidige internet is. Vroeger bestond er nog geen glasvezelkabel, maar het principe was gelijk.

Het internet van tegenwoordig werkt ook met slechts twee signalen. In plaats van een streep en een punt worden 1- en 0-signalen gebruikt. In plaats van de mens achter het morseapparaat, maken we nu gebruik van een computer die de signalen decodeert en het bericht verwerkt, maar dan natuurlijk wel veel sneller. Tegenwoordig hebben we de glasvezelkabel, en die hebben we zeker nodig om de grote hoeveelheden data te transporteren. Lichtgeleiders omspannen tegenwoordig onze planeet en vormen de ruggengraat van de wereldwijde communicatie en informatieoverdracht.

Op één enkele glasvezel kan wel 26 terabyte worden overgedragen. Dat komt overeen met de inhoud van 700 dvd's – en dat per seconde.

Zo snel hoef jij bij deze laatste taak gelukkig niet te zijn.

Taak:

Voer op je morseapparaat de volgende tekenvolgorde in: „ . . . - - - . . . “.

Welke betekenis heeft deze boodschap: (zie hieronder voor de oplossing)



Zie deze pagina voor de oplossing: Het is het internationale noodsignaal SOS.

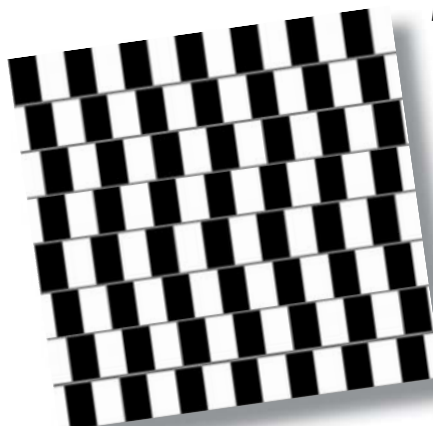
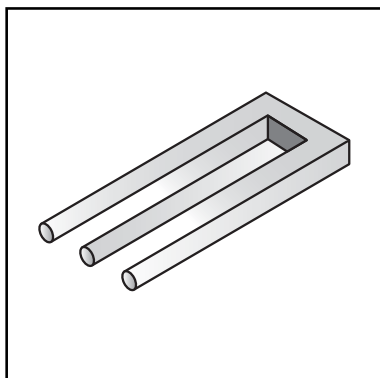
Gezichtsbedrog



„Ik zei
het je al aan het begin van dit
begeleidend boekje: „Vertrouw niet altijd op
je ogen”.

Er ontbreekt nog iets!

De hersenen zoeken een
driedimensionaal voorwerp.
Het oog kan het echter niet
zien!

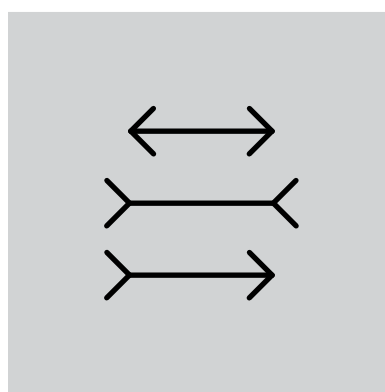
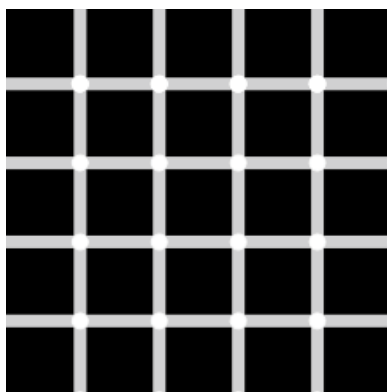


Alles is krom en scheef!

Dat denk je. Leg dan
maar eens een liniaal op
de horizontale lijnen.

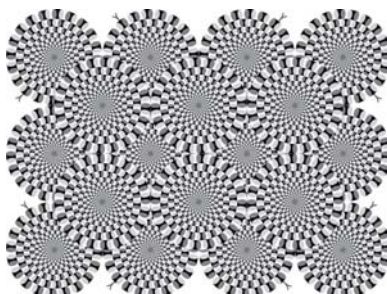
Tel de zwarte stippen

Oeps, daar was er nog
eentje.



Welke lijn is langer?

Gok je ook op de middelste?
Meet het maar eens na.



Fantastische cirkels ...

vind je in de bouwhandleiding in kleur
en groot afgebeeld. Links zie je al een
voorbeeld in het klein en in zwart/wit.
Laat je verrassen. Zoiets heb je vast nog
nooit gezien.

In de bouwhandleiding staat zelfs een model genaamd "Gezichtsbedrog". Kleine
tip vooraf: "Langzaam draaien".

