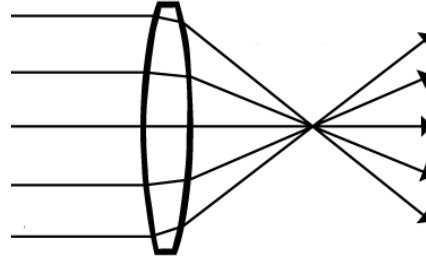


Telescopen

Bouw zelf een telescoop

Deze les gaan de leerlingen onderzoeken hoe lenzen werken en bouwen ze zelf een telescoop. Een verrekijker, telescoop, vergrootglas en microscoop maken gebruik van lenzen. Een lens is een doorzichtig voorwerp met een bepaalde vorm waardoor licht een andere richting krijgt. Hierdoor kan je voorwerpen vergroten. Zo kan je een telescoop gebruiken om naar de sterren en het heelal te kijken.



Tijdsduur
90 minuten

Kerdoelen
29, 34, 58

Materiaalkosten
€€

Eindproduct:
telescoop

Lesdoelen

- leerlingen bouwen een telescoop en experimenteren met de werking ervan
- leerlingen beschrijven de werking van lenzen met de termen: *lichtstralen*, *brandpunt*, *voorwerp*, *beeld*.
- differentiatie: Leerlingen beschrijven de werking van lenzen met de termen: *Evenwijdige lichtbundel*, *convergerende lichtstralen*, *reëel beeld*, *virtueel beeld*, *brandpunt*, *voorwerp- en beeldafstand*.
- leerlingen vertellen de historisch context van de telescoop en de ontdekking dat de aarde niet het middelpunt van het heelal bleek te zijn.

Benodigheden voor experimenteren met lenzen

Per groepje

- doorzichtig plakband, breed en doorzichtig
- bakje water
- vergrootglas
- acryllensje nummer 2: diameter 16mm, brandpuntsafstand +15mm, beschikbaar via www.ipacity.nl
- acryllensje nummer 8a: diameter 40mm, brandpuntsafstand +180mm, beschikbaar via www.ipacity.nl
- wit A4-papier
- werkblad *Experimenteren met lenzen*

Benodigheden per telescoop

- 1 koker van karton of PVC van 18 cm lang met een diameter van 40 mm
- 1 koker van karton of PVC van 18 cm lang met een diameter van 32 mm
- acryllensje nummer 2: diameter 16mm, brandpuntsafstand +15mm, beschikbaar via www.ipacity.nl
- acryllensje nummer 8a: diameter 40mm, brandpuntsafstand +180mm, beschikbaar via www.ipacity.nl
- gaffertape
- dun karton ongeveer ter grootte van A5
- schaar
- a4-papier
- optioneel: holpijpje en hamer
- werkblad *Bouw je eigen telescoop*

Vorbereiding 60 minuten

- zaag de pvc buizen of kartonnen kokers op maat in een bankschroef. In het geval van de PVC-buis, schuur de uiteindes glad met schuurpapier.

Lesbeschrijving *Bouw een telescoop*

Werkblad Experimenteren met lenzen 20 minuten

Laat de leerlingen in tweetallen het werkblad experimenteren met lenzen maken. Ze onderzoeken de werking van lenzen aan de hand van drie proefjes. Bespreek de opdrachten daarna met de leerlingen. Leg uit wat het verschil is tussen holle en bolle lenzen en ook wat het verschil is tussen de verschillende sterktes van de lenzen.

Klassikale demonstratie lichtstralen 10 minuten

Laat op het digibord of projector de [simulatie van lichtstralen](#) zien. Leg uit dat sommige lichtstralen vanaf één punt van een voorwerp op de lens vallen en dat deze lichtstralen achter de lens weer samen komen op één punt. Als je op die plek een papiertje houdt, zal je een scherp beeld krijgen. De afstand van het voorwerp tot de lens bepaalt of er een vergroot beeld of een verkleind beeld ontstaat. Demonstreer het verschil tussen een virtueel beeld (een loep, zoals het experiment 'de simpele lens') en een reëel beeld (zoals in een camera, zoals het experiment 'de vergrootglasfoto'). Zie voor meer theorie het kopje 'achtergrond informatie voor de docent'.

Introductie telescopen 10 minuten

Laat één of twee filmpjes zien over telescopen van Schooltv: <https://schooltv.nl/zoekresultaten/?q=telescoop>

Vraag waarvoor telescopen gebruikt worden. Leg uit dat wetenschappers ze gebruiken om naar verre objecten in het heelal te kijken. Leg uit dat er vroeger werd gedacht dat de aarde het centrum van het heelal was. Een aantal wetenschappers kwamen tot de conclusie dat dit niet klopte. Met de telescoop was het mogelijk om te zien dat niet alle hemellichamen om de aarde draaien.

Werkblad Telescoop maken 30 minuten

Laat de leerlingen per persoon of in tweetallen aan de hand van het werkblad *Bouw je eigen telescoop* een telescoop maken. Bespreek eerst de eisen van de telescoop:

- met de telescoop moet je meer detail van een voorwerp kunnen zien. Daarvoor heeft hij één of meerdere lenzen nodig
- met de telescoop moet je scherp kunnen stellen (de lenzen moeten kunnen bewegen)
- de telescoop moet stevig zijn

Help leerlingen waar nodig bij het maken van de telescoop. Let op de volgende zaken:

- bij de bevestiging van grote lens op de grote koker moeten de leerlingen zorgen dat er niet te veel tape op de lens wordt geplakt.
- de zwarte gaffertape moet zo geplakt worden dat de smallere buis nog kan bewegen, maar wel blijft hangen in de bredere buis.
- bij het maken van de gaten in het karton voor de bevestiging van het kleinere lensje (het oculair) moeten de leerlingen opletten dat het gat kleiner is dan het lensje, zodat het lensje er niet eruit valt.

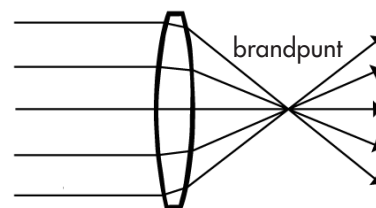
Achtergrondinformatie voor de docent

Lenzen

Licht valt via de ooglenzen op het netvlies. Een lens is doorzichtig en heeft een bepaalde vorm waardoor licht een andere richting krijgt. Lenzen worden onder andere gebruikt om voorwerpen vergroot te kunnen waarnemen.

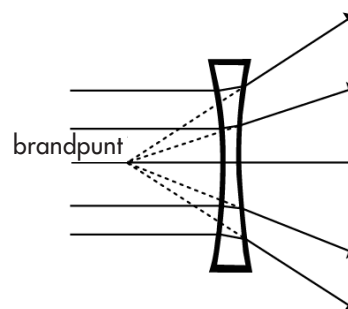
Brandpunt

Er zijn twee soorten lenzen: bolle lenzen en holle lenzen. Als de lens hol is, gaan de lichtstralen na het passeren van de lens uit elkaar. Dit noemen we *divergerende* lichtstralen. Als een lens bol is, gaan de lichtstralen juist naar elkaar toe. Lichtstralen die naar elkaar toe bewegen noemen we *convergerende* lichtstralen. Hoe boller de lens hoe sterker passerende lichtstralen naar elkaar toe bewegen.



Bolle lens

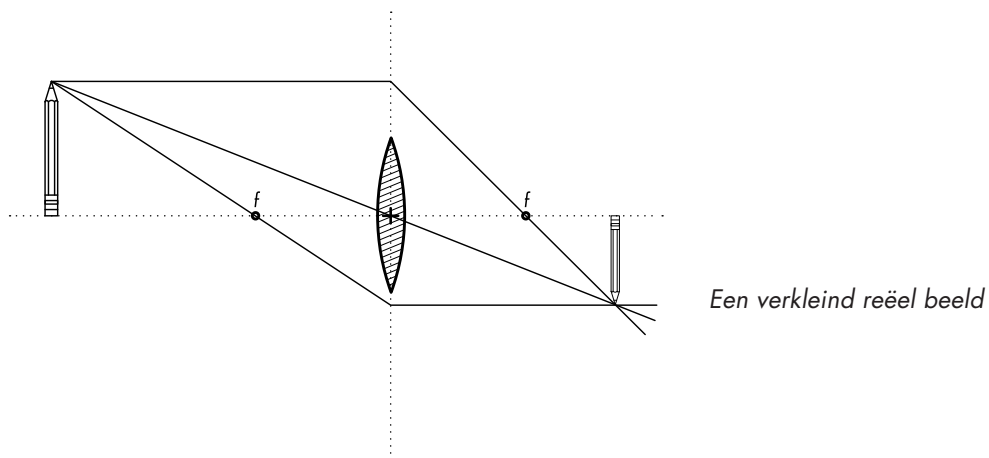
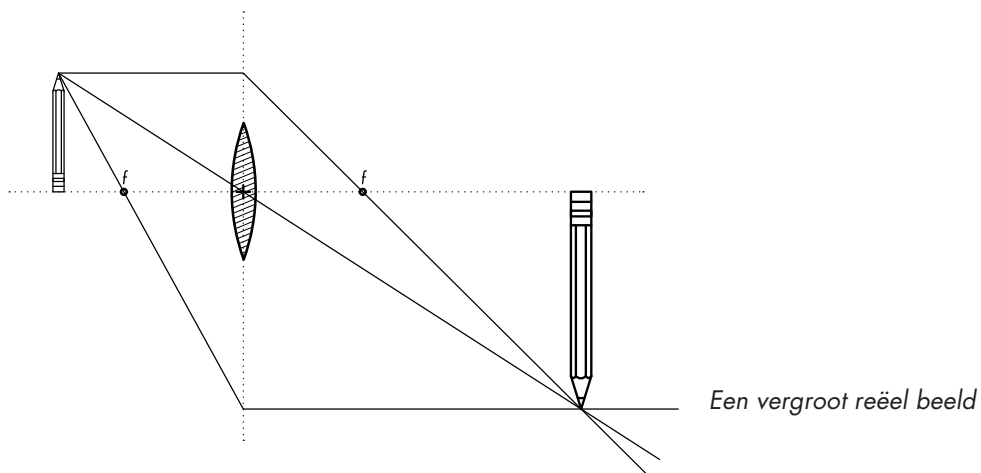
Zonlicht bestaat uit een zogenoemde evenwijdige lichtbundel, wat betekent dat lichtstralen in dezelfde richting lopen. Als een evenwijdige lichtbundel een bolle lens passeert komen de lichtstralen samen in het brandpunt. De afstand tussen de lens en het brandpunt noemen we de *brandpuntsafstand*, vaak afgekort tot de letter 'f'. Hoe sterker de lens, hoe kleiner de brandpuntsafstand. Als je een blaadje op het brandpunt houdt zoals bij experiment 'Het brandpunt' zie je een klein en fel lichtpuntje.



Holle lens

Reëel beeld

Met lenzen kun je van een voorwerp een beeld creëren. Het *voorwerp* is het object dat voor een lens staat, bijvoorbeeld een potlood. Het puntje van het potlood weerkaats lichtstralen (in alle richtingen), een aantal hiervan vallen door de bolle lens. De lichtstralen worden van richting veranderd en komen aan de andere kant van de lens samen op één punt. Als je vanaf dit punt door de lens naar het potlood kijkt vormt er zich een (gespiegeld) beeld van het puntje van het potlood. Omdat lichtstralen op dit punt daadwerkelijk samenkomen wordt dit een *reëel beeld* genoemd. Zie ook het experiment 'De vergrootglasfoto'.



Afhankelijk van de afstand van het voorwerp tot de lens ontstaat er een vergroot of juist een verkleind beeld. De afstand tussen de lens en het voorwerp wordt de *voorwerpsafstand* genoemd. Als de voorwerpsafstand groter is dan twee maal de brandpuntsafstand, vormt er zich aan de andere kant van de lens een verkleind reëel beeld. Als het voorwerp tussen het brandpunt en tweemaal de brandpuntsafstand staat, dan vormt er zich aan de andere kant van de lens een vergroot reëel beeld. Als de het voorwerp precies op de afstand staat dat gelijk is aan twee keer de brandpuntsafstand, ontstaat een beeld dat precies even groot is als het voorwerp.

Virtueel beeld

Als het voorwerp dichterbij de lens zit dan het brandpunt ontstaat er geen (reëel) beeld meer aan de andere kant van de lens. Er vormt zich een zogenaamd virtueel beeld dat je kan zien als je door de lens kijkt. Het object lijkt hierbij groter dan het is. Bij een virtueel beeld komen lichtstralen niet daadwerkelijk bij elkaar op het punt waar het beeld zich bevindt. Dit is zo bij het gebruiken van een loep. Zie ook het experiment 'een simpele lens' waarbij je een druppel water gebruikt als lens om letters te vergroten.

Een virtueel beeld ontstaat als je door de lens kijkt naar een voorwerp dat tussen de lens het brandpunt staat.

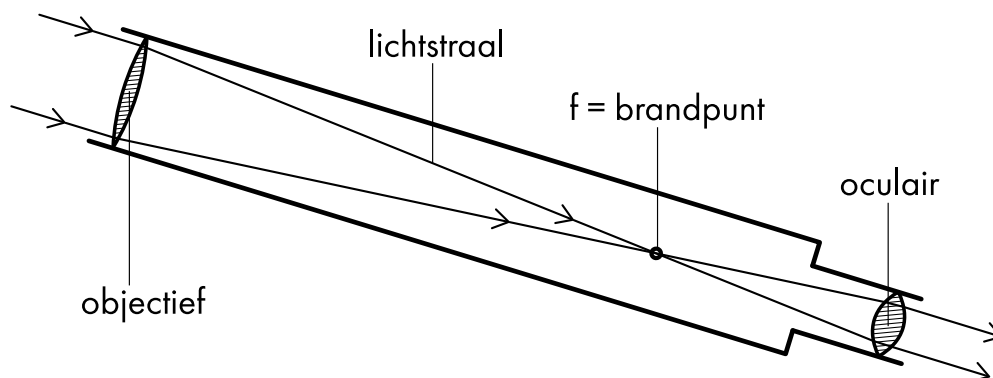
Afstand voorwerp t.o.v. van brandpunt		Welke type beeld	Toegepast in
Voorwerp staat verder dan tweemaal de brandpuntsafstand	$v > 2f$	Verkleind reëel beeld	Fotocamera
Voorwerp staat precies op tweemaal de brandpuntsafstand	$v = 2f$	1:1 reëel beeld	
Voorwerp staat tussen de brandpuntsafstand en tweemaal de brandpuntsafstand	$f < v < 2f$	Vergroot reëel beeld	Projector
Voorwerp staat op de brandpuntsafstand	$v = f$	Evenwijdige stralen naar oneindige (geen beeld)	Vuurtoren
Voorwerp staat tussen de lens en de brandpuntsafstand	$v < f$	Vergroot virtueel beeld	Loep

Digitaal experimenteren met lenzen? Ga naar: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_en.html

Twee bolle lenzen in een Keplertelescoop

Een telescoop verzamelt en concentreert licht en maakt een sterk uitvergroot beeld dat je kan zien. Er zijn veel verschillende soorten telescopen die met lenzen en/of spiegels werken. Doorgaans geldt dat hoe groter de lenzen of spiegels zijn, des te meer licht de telescoop kan verzamelen. Daarmee wordt het makkelijker om extreem zwakke en kleine objecten te zien.

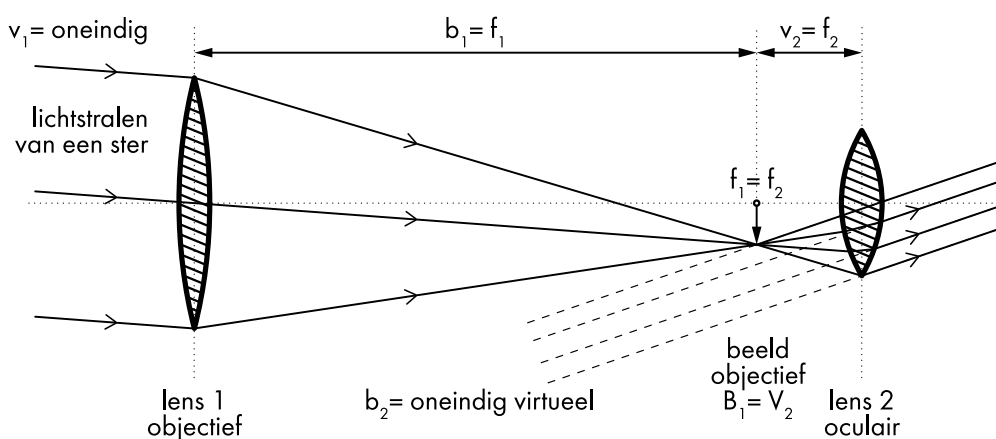
Een van de eerste soorten telescopen was de zogenoemde Keplertelescoop. Deze heeft twee bolle lenzen. De grote lens die het licht opvangt is het objectief, omdat deze het dichtst bij het object ligt dat je wilt bekijken. Het objectief bundelt het licht van een voorwerp dat ver weg is om zo een beeld te vormen voor de tweede lens: het zogenoemde oculair. Het oculair is een kleinere sterkere bolle lens dan het objectief. Het brandpunt van deze lens is veel kleiner dan de brandpunt van het objectief. Het oculair is de lens waar je doorheen kijkt. Deze lens zit dicht bij het oog, vandaar de naam ooglenzen of oculair.



Een Keplertelescoop. De brandpunt van het oculair en het objectief vallen samen in één punt.

Hoe werkt een Kepler telescoop?

Lichtstralen die van de maan op aarde schijnen, vallen in een evenwijdige bundel het objectief van de telescoop binnen. Omdat de lichtbundel evenwijdig door de lens valt, komen ze aan de andere kant van de lens samen in het brandpunt van het objectief. Daarna gaan de lichtstralen weer uit elkaar totdat ze de tweede lens tegenkomen. Deze tweede lens, het oculair, staat precies zo afgesteld dat zijn brandpunt gelijk is aan de plek waar de lichtstralen bij elkaar komen (dit is dus ook het brandpunt van de eerste lens). Na ze de tweede lens gepasseerd zijn lopen de lichtstralen weer evenwijdig. Als de leerlingen hun eigen telescoop bouwen zorgen ze ervoor dat de brandpunten van de lenzen op elkaar komen te liggen door de buizen verder in of uit elkaar te draaien.



Ontdekking met de telescoop

Na de uitvinding van de telescoop konden hemellichamen beter bestudeerd worden en ook de bewegingen die zij maakten. Hierdoor werd al snel duidelijk dat de zon en andere planeten niet om de aarde draaien. Om de bewegingen te verklaren, concludeerden zij dat de aarde net als de andere planeten om de zon moesten draaien.

Ruimtetelescopen

Astronomen gebruiken telescopen om het heelal te bestuderen. Maar als je vanaf de aarde naar de ruimte kijkt, dan kijk je altijd door de dampkring heen. Deze verstoot het licht en maakt het beeld onscherp, hoe goed en geavanceerd de telescoop ook is. Ruimtetelescopen hebben daar geen last van. Een van de bekendste daarvan is de in 1990 gelanceerde Hubble Space Telescope. Hubble kijkt vooral naar zichtbaar licht, maar er zijn ook ruimtetelescopen die gevoelig zijn voor andere soorten 'licht'. De James Webb Space Telescope kijkt naar infrarode straling. Wetenschappers kunnen hiermee erg diep het heelal in kijken en onder andere bepalen welke stoffen er op planeten aanwezig zijn.



Figuur 1: Foto die de James Webb Telescoop heeft gemaakt.

Een goede (Engelstalige) website met veel prachtige foto's gemaakt door de Hubble-telescoop kun je hier vinden: amazing-space.stsci.edu/resources/explorations/groundup

Sommige mensen zien slecht, gelukkig is daar vaak wat aan te doen met een bril of lenzen. Ook een verrekijker, telescoop, vergrootglas en microscoop maken gebruik van lenzen. Een lens is een doorzichtig voorwerp met een bepaalde vorm waardoor licht een andere richting kan krijgen. Hierdoor kan je voorwerpen vergroten. Zo kan je een telescoop gebruiken om naar de sterren en het heelal te kijken. Deze les ga je bekijken hoe lenzen werken en daarna bouw je zelf een telescoop.

De simpele lens

Wat heb je nodig?

- Plakband (breed en doorzichtig)
- Water

Wat ga je doen?

- Neem een stukje plakband, vouw het dubbel zodat de plakranden op elkaar zitten.
- Doe voorzichtig een druppeltje water op het plakband. Hou het plakband met de druppel boven deze tekst. Wat gebeurt er? Experimenteer met kleine en grote druppels en de afstand tot het papier.

Hoe zorg je ervoor dat de letters scherp worden?

Welke druppel vergroot meer, een kleine of een grote? Hoe komt dat denk je?

Vergrootglasfoto

Wat heb je nodig?

- Vergrootglas
- Papier of witte muur

Wat ga je doen?

- 1 Houd het vergrootglas tussen het raam en je blad.
- 2 Vang het licht op, beweeg het vergrootglas zo dat je een afbeelding van het raam op je blad ziet.

Als je het vergrootglas op de goede afstand houdt dan zie je een afbeelding van het raam op z'n kop op jouw blaadje geprojecteerd.

- 3 Hoe komt het dat de afbeelding van het raam op het papier verschijnt?

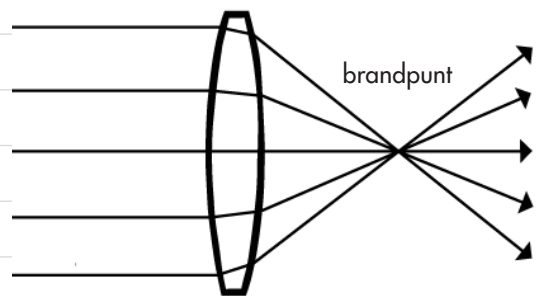
Beweeg het vergrootglas op en neer, kijk goed naar de afbeelding op het papier.

- 4 Wat gebeurt er als je het vergrootglas dichterbij houdt?

- 5 Wat gebeurt er als je het vergrootglas verder weg houdt?

6 Hoe komt dat denk je?

Een vergrootglas is een lens. De lens vangt het licht op dat door het raam naar binnenvalt, dat licht gaat door de lens heen en vormt aan de andere kant een beeld. Het licht wordt zo gebogen dat het er aan de ander kant van de lens op een punt samenkomt. Dit punt noem je het brandpunt (die naam snap je vast als je een keer vuur heb gemaakt met behulp van een vergrootglas).



Bolle lens

Het Brandpunt

Je gaat de brandpuntsafstand van de lenzen die in de telescoop zitten bepalen.

Wat heb je nodig?

- 2 lenzen
- A4-papier
- zon of lamp

Wat ga je doen?

- 1 Als de zon schijnt, ga je naar buiten. Schijnt de zon niet, dan kun je ook het licht van een lamp gebruiken.
- 2 Leg een stuk A4-papier op de grond onder de lens.
- 3 Beweeg de lens heen en weer totdat je een scherp lichtpunt op het papier ziet. Scherp betekent dat het licht heel fel is. De afstand tussen het papier en de lens is dan de brandpuntsafstand.

Is de brandpuntsafstand van beide lenzen hetzelfde? ja / nee

Hoe kleiner de afstand tussen het brandpunt en de lens, hoe meer de lens vergroot

Welke lens vergroot meer? de kleine / de grote

Telescoop maken

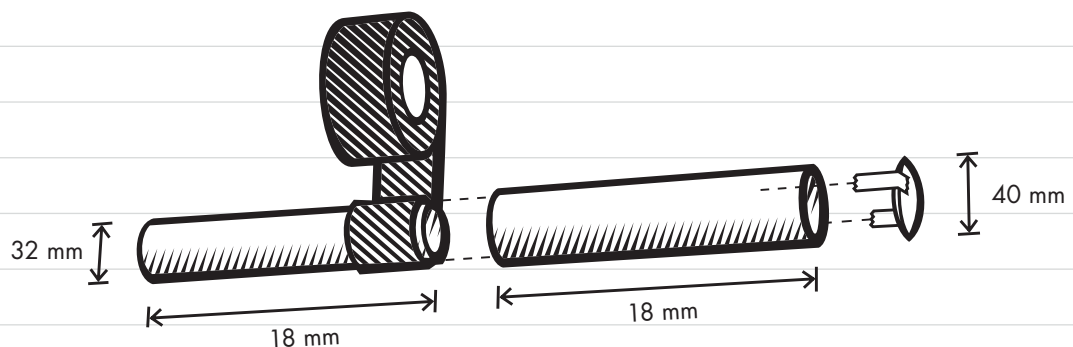
Je hebt gekeken hoe lenzen werken en bepaalde eigenschappen van lenzen vastgesteld. Deze eigenschappen kan je gebruiken in een telescoop. Hoe? Door zelf een telescoop te maken!

Wat heb je nodig?

- 1 Pvc-buis van 18 cm lang met een diameter van 40 mm
- 1 Pvc-buis van 18 cm lang met een diameter van 32 mm
- gaffertape
- 2 lenzen
- dun karton
- liniaal
- potlood
- schaar
- eventueel: holpijpje en hamer

Wat ga je doen?

- 1 Pak de smalle pvc-buis. Plak tape om de buis totdat die goed past in de grotere buis. Let op: je moet de dunne buis wel heen en weer kunnen bewegen en hij moet blijven zitten als je de telescoop schuin houdt.

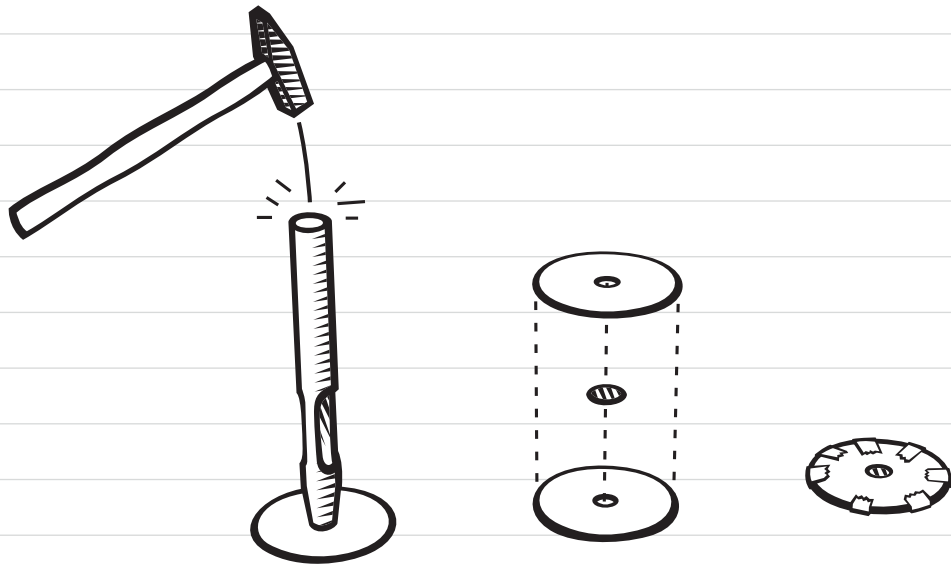


Kijk goed naar de tekening hierboven.

2 Pak de grootste lens. Plak deze met tape aan het uiteinde van de grote buis. Zorg dat er geen tape over het midden van de lens komt.

3 Pak het karton en de smalle pvc-buis. Zet de pvc-buis rechtop op het karton en trek met potlood de onderkant over. Doe dit twee keer.

4 Knip de twee cirkels uit. Leg de cirkels op elkaar. Sla met het holpijpje in het midden van beide cirkels een gat. Of knip twee even grote cirkels uit, zoals op de tekening hieronder.



5 Pak nu de kleinste lens. Leg deze tussen de twee cirkels karton op de plek met de gaten. Plak de kartonnen cirkels vast met plakband. De lens zit nu tussen de twee gaten in.

6 Plak het karton met de lens aan het uiteinde van de smalle pvc-buis.

7 Schuif de smalle buis in de grote buis. Zorg ervoor dat beide lenzen aan de buitenkant zitten.

8 De telescoop is klaar! De kant met de kleine lens is het kijkgat. Houd de telescoop zo stil mogelijk en kijk door het kijkgat. Verschuif de kleine buis in de grotere om scherp te stellen.

9 Probeer je telescoop uit!

Waarschuwing!

Kijk met je telescoop nooit rechtstreeks naar de zon! Dan beschadig je je ogen.



