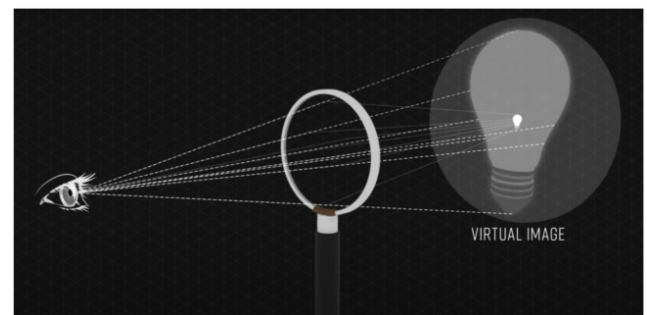
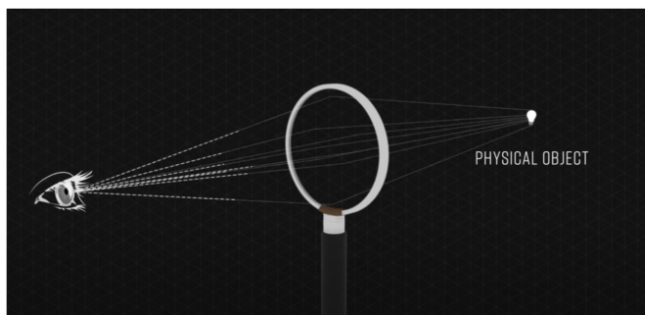


Massa als vergrootglas

Sinds de zeventiende eeuw is de telescoop het voornaamste middel waarmee we ons universum bestuderen. Telescopen observeren en fotograferen de sterrenhemel met behulp van ingewikkelde systemen van spiegels en lenzen. De resolutie en vergroting die door de telescoop kunnen worden bereikt, worden bepaald door de grootte van de telescoop en het systeem van spiegels en lenzen. Daarnaast is het voor telescopen die op aarde staan zo dat de beeldkwaliteit bepaald wordt door ruis in de vorm van bijvoorbeeld turbulentie in de atmosfeer en lichtvervuiling door kunstmatige lichtbronnen. Zulke ruis kan worden vermeden door het gebruik van telescopen die in de ruimte zweven, zoals de [Hubble Space Telescope](#) en zijn opvolger, de [James Webb Space Telescope](#) (JWST). Deze ruimtetelescopen kunnen beter dan aardse telescopen waarnemingen doen van kleine, zwakke of verre objecten.



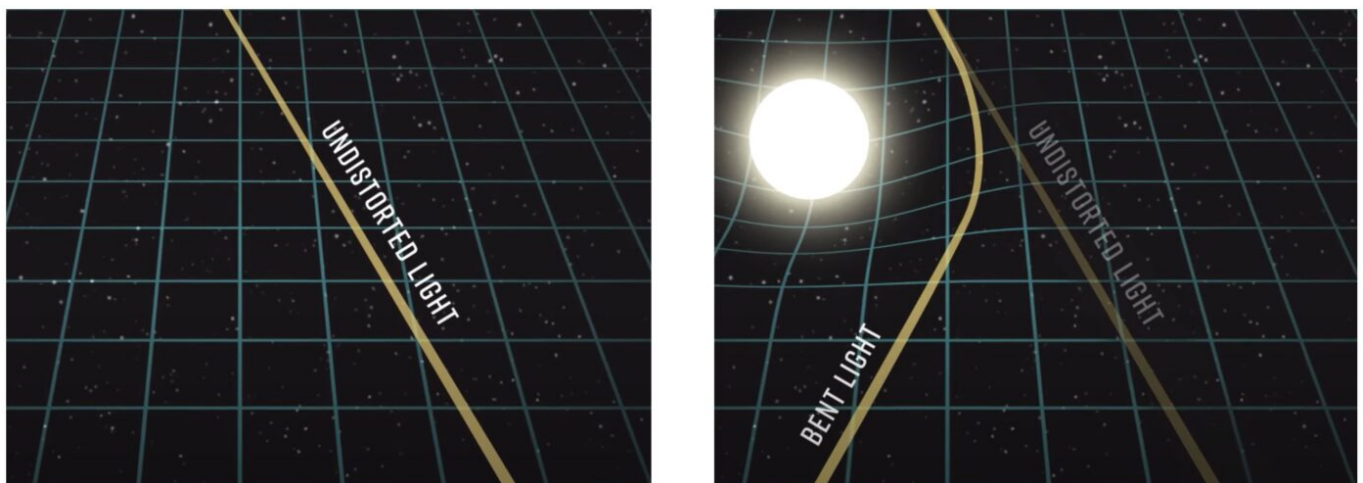
Afbeelding1. De werking van een bolvormige lens. Screenshots uit '[How are Distant Galaxies Magnified Through Gravitational Lensing?](#)' van het JWST-YouTubekanaal.

Desalniettemin zijn er grenzen aan de resolutie die bereikt kan worden met ruimtetelescopen. De meest voor de hand liggende grens is dat zo'n ruimtetelescoop in de ruimte terecht moet komen met behulp van een raket, waar natuurlijk geen eindeloos grote telescoop in past. De JWST heeft een cirkelvormige spiegel met een diameter van 6,5 meter.

Die spiegel zat ingenieus opgevouwen in de raket die de telescoop naar zijn bestemming heeft gebracht. Het zal lastig zijn om een nog grotere telescoop de ruimte in te sturen. Er lijkt dus een maximale resolutie te bestaan die bereikt kan worden met de huidige technologie, en de JWST komt daar aardig in de buurt.

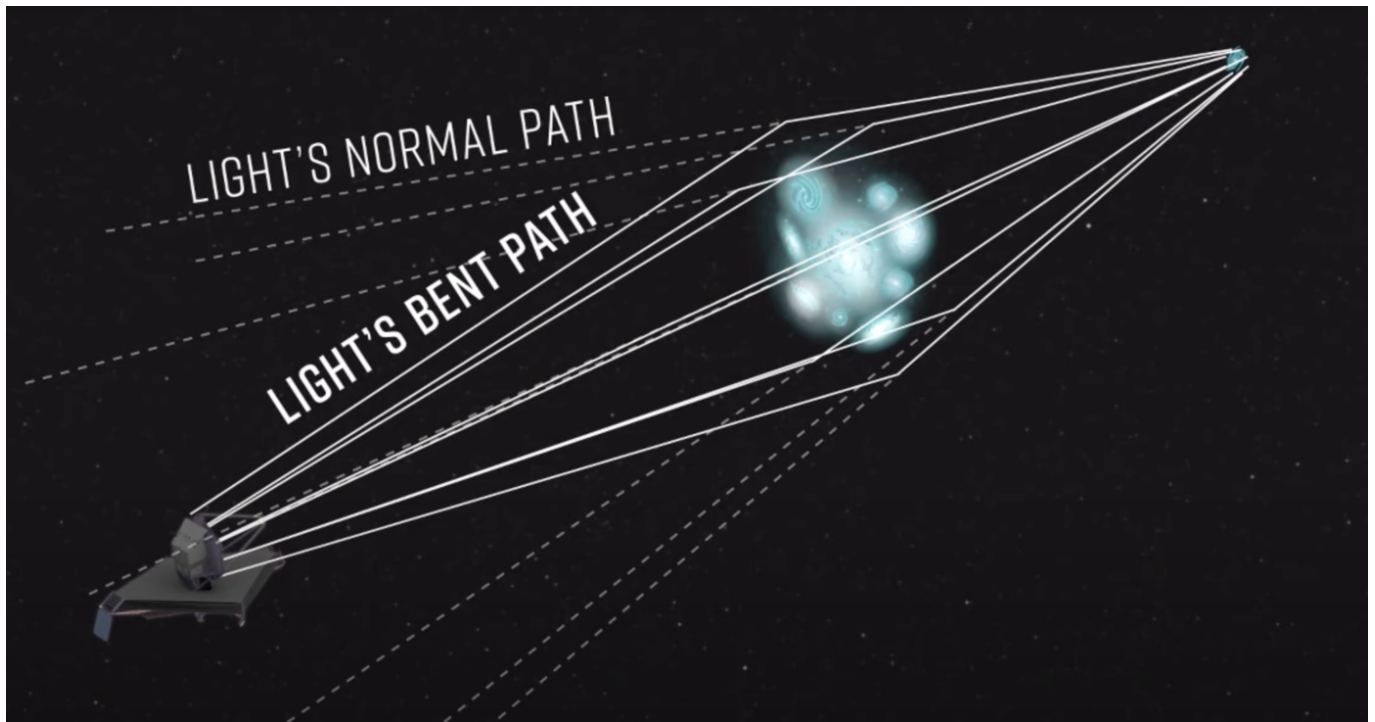
Zwaartekracht kan echter een handje helpen om waarnemingen te doen op hogere resolutie en van objecten die verder weg staan. Zwaartekracht kan namelijk leiden tot hetzelfde effect als de bolvormige lenzen die aan de basis staan van vergrootglazen en brillen die bijziendheid helpen te bestrijden – zie afbeelding 1 hierboven.

Om te begrijpen hoe zulke *zwaartekrachtlenzen* werken, gebruiken we Einsteins theorie van [algemene relativiteit](#). Deze theorie zegt dat ruimte en tijd, samen ook wel ruimtetijd genoemd, kunnen worden uitgerekt en omgevormd door de aanwezigheid van massa. Hoe meer massa, hoe groter de vervorming. Door de vervorming van ruimtetijd kan ook het pad dat licht volgt vanaf een bron naar bijvoorbeeld een telescoop worden vervormd door massa die zich op of in de buurt van het pad bevindt. Dit is afgebeeld in afbeelding 2.



Afbeelding 2. Een lichtstraal wordt afgebogen door een ster. Screenshot uit '[How are Distant Galaxies Magnified Through Gravitational Lensing?](#)' van het JWST-YouTubekanaal.

De afbuiging van lichtstralen door massa kan leiden tot een lensachtig effect, als zich massa bevindt precies tussen de telescoop en het object dat wordt waargenomen, zoals te zien is in afbeelding 3. De sterkte van de zwaartekracht lens wordt bepaald door de hoeveelheid massa tussen de telescoop en het object: hoe meer massa, hoe sterker de lens.



Afbeelding 3. Een zwaartekracht lens. Screenshot uit '[How are Distant Galaxies Magnified Through Gravitational Lensing?](#)' van het JWST-YouTubekanaal.

Met behulp van zwaartekrachtlenzen kunnen telescopen dus verder en met hogere resolutie het heelal in kijken. Het gebruik van zwaartekrachtlenzen wordt gecompliceerd door het feit dat de tussenliggende massa vaak niet uniform verdeeld is over de ruimte; het vormt planeten, sterren, sterrenstelsels en/of clusters van sterrenstelsels. In analogie met een normaal vergrootglas zou je kunnen zeggen dat de lens niet glad is maar een hobbelig oppervlak heeft. Dit zorgt ervoor dat de objecten die worden waargenomen vervormd worden gezien. Het is daarom vaak een puzzel om de vorm van de achterliggende objecten te reconstrueren, en kennis over de tussenliggende massa is nodig om uit de gegevens van de vervormde lichtbron te achterhalen hoe de lichtbron er precies uitziet. Bekijk bijvoorbeeld afbeelding 4 voor een voorbeeld gemaakt met behulp van waarnemingen van de JWST.



Afbeelding 4. Vervorming door een cluster. Foto van sterrenstelsels die vervormd zijn door de sterrencluster tussen de stelsels en de telescoop. Screenshot uit '[How are Distant Galaxies Magnified Through Gravitational Lensing?](#)' van het JWST-YouTubekanaal.

Ondanks het vervormde beeld vormen zwaartekrachtlenzen een handig hulpmiddel om het universum vollediger en in meer detail te observeren dan we met gewone telescopen

kunnen, en kunnen ze hopelijk helpen de mysteries van ons universum die er nog zijn te ontrafelen.

Mocht je meer willen weten over hoe zwaartekrachtlenzen werken, en hoe ze gebruikt worden, bekijk dan onderstaande video die het JWST-team op YouTube plaatste.