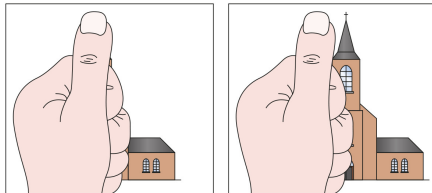




Werkblad 22

EXPERIMENT: PARALLAX EN AFSTAND

In deze opdracht verken je de parallaxmethode voor het bepalen van de afstand van een ster tot de aarde.

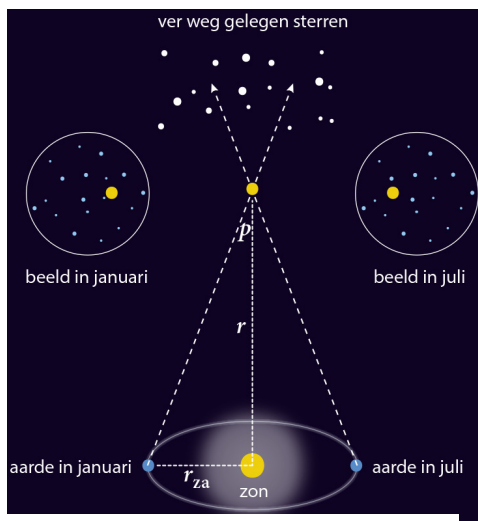


Figuur 1 De positie van je duim als je afwisselend met je linker- en rechteroog langs je duim naar een ver weg staand voorwerp kijkt.

Doordat de aarde in haar baan rond de zon beweegt, zal de positie van een relatief dichtbij staande ster veranderen ten opzichte van de achtergrond van veel verder weg staande sterren. Zo'n verandering in positie noemen we *parallax* (zie figuur 1).

Parallax waarnemen

- 1 Het verschijnsel parallax kun je eenvoudig waarnemen. Houd een pen op een afstand van ongeveer 30 cm voor je neus, en kijk er afwisselend met je linker- en rechteroog naar. Je ziet dat de pen zich lijkt te verplaatsen ten opzichte van de achtergrond. Herhaal dit experiment nu met de pen op een afstand van ongeveer 60 cm voor je neus.
 - a Is de parallax (de verplaatsing van de pen ten opzichte van de achtergrond) nu groter of kleiner als je afwisselend met je linker- en rechteroog kijkt?
 - b Welk verband is er tussen de parallax van de pen en de afstand tussen je oog en de pen?



Figuur 2 Als we met een telescoop naar een ster kijken en we doen dat een half jaar later nog eens, dan lijkt de ster een heel klein beetje verschoven ten opzichte van de achtergrond van 'stilstaande' sterren op veel grotere afstanden. De vanaf de aarde waargenomen parallax hangt af van de afstand tot de ster.

De afstand van een relatief dichtbij staande ster is te bepalen door gebruik te maken van het verschijnsel parallax (zie figuur 2). De parallax is een heel kleine hoek. Een hoek meten we meestal in graden. In de astronomie worden graden verder onderverdeeld in boogminuten (symbool: ') en boogseconden (symbool: "). Daarbij geldt: $1^\circ = 60'$ en $1' = 60''$. Je kunt dit dus vergelijken met de onderverdeling van een uur in 60 minuten en de onderverdeling van een minuut in 60 seconden.

De ster die het dichtst bij de aarde staat, Centaurus, heeft een parallax van $0,75''$. Dit is te vergelijken met de hoek tussen de twee zijanten van een voetbal op 60 km afstand. Voor alle andere sterren is de parallaxhoek dus nog kleiner.

Uit figuur 2 is af te leiden dat voor de parallaxhoek geldt:

In deze formule is de parallaxhoek (in '), de afstand (in m) tussen de aarde en de zon, en de afstand (in m) van de ster.

Voor kleine hoeken geldt dat de tangens van de hoek gelijk is aan de hoek zelf, uitgedrukt in radialen. Doordat de parallaxhoek van een ster klein is (minder dan $1''$), is de formule voor de parallaxhoek (in radialen) dus te schrijven als:

Uit de gemeten parallaxhoek van een ster en de bekende afstand tussen de aarde en de zon is met deze formule de afstand van de ster te bepalen.

- 2 De gemeten parallaxhoek van de ster Centaurus is $0,75''$. Voor de afstand tussen de aarde en de zon geldt: $r_{za} = 1,50 \cdot 10^{11}$ m.
 - a Laat met een berekening zien dat een hoek van $1''$ overeenkomt met $4,85 \cdot 10^{-6}$ radialen.
 - b Bereken de grootte van de parallaxhoek van de ster Centaurus in



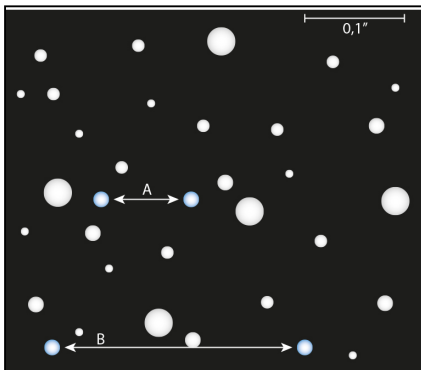
radialen.

- c Bereken de afstand (in m) van de ster Centaurus.

In de astronomie worden afstanden vaak opgegeven in de eenheid *lichtjaar*: de afstand die licht (met de lichtsnelheid van $3,00 \cdot 10^8$ m/s) in een jaar aflegt.

- a Laat met een berekening zien dat een afstand van 1 lichtjaar overeenkomt met $9,46 \cdot 10^{15}$ m.
 b Bereken de afstand van de ster Centaurus in lichtjaar. Controleer je antwoord met Binas.

De parallax van een ster wordt gemeten door met een tijdsverschil van een half jaar twee opnamen van de sterrenhemel te maken. Deze twee opnamen worden over elkaar heen gelegd, zodat een eventuele verschuiving van sterren tegen de achtergrond van de 'vaste sterren' snel te zien is. De opnames worden voorzien van een schaal in boogseconden, zodat de parallaxhoek van een 'verschuivende ster' uit de opnames te bepalen is.



Figuur 3 Combinatie van twee opnamen van een klein deel van de sterrenhemel met een tijdsverschil van een half jaar

- 3 In figuur 3 zie je een voorbeeld van de twee over elkaar heen gelegde opnamen van een klein deel van de sterrenhemel, met daarin aangegeven de schaalwaarde van $0,1''$ (het horizontale lijnstuk bovenin de figuur). In de opnamen vertonen de sterren A en B in de periode van een half jaar een duidelijke verschuiving tegen de achtergrond van de 'vaste sterren'.
- a Leg uit welke ster zich het dichtst bij de aarde bevindt: ster A of ster B.
 b Bepaal de parallax (in $''$) van beide sterren.
 c Bepaal de afstand (in m en in lichtjaar) van beide sterren.

AFSTANDSMETINGEN

Met de parallaxmethode is de afstand van relatief dichtbij staande sterren te bepalen. Maar hoe gaat dat dan met sterren die verder weg staan, en met sterrenstelsels die nog veel verder weg staan?

De video [Measuring the Universe](#) op de methodesite geeft een overzicht van methoden voor het bepalen van steeds grotere afstanden in het heelal.

Parallaxmeting

Voor het begin van onze jaartelling gebruikten de oude Grieken de parallaxmethode voor het bepalen van afstanden in ons zonnestelsel. De parallaxmethode speelde in die tijd ook een rol bij het wetenschappelijke debat over het geocentrisch en heliocentrisch wereldbeeld: draait de zon rond de aarde of draait de aarde rond de zon? Als de aarde rond de zon zou draaien (zoals in het heliocentrisch wereldbeeld), dan zouden sterren een parallax moeten vertonen. Dat verschijnsel konden de Griekse astronomen echter niet waarnemen. Dit was in het wetenschappelijke debat duidelijk een argument tegen het heliocentrisch wereldbeeld.

In die tijd hadden astronomen echter geen beschikking over een telescoop. Dat verklaart het niet kunnen waarnemen van de parallax van sterren. Zonder telescoop is de positie van een ster met het blote oog te bepalen met een nauwkeurigheid van ongeveer $20''$, vergelijkbaar met 1 mm op ongeveer 10 m afstand. De grootste sterparallaxen bedragen echter ongeveer $1''$: 1 mm op ongeveer 200 m afstand. Deze laatste meetnauwkeurigheid is pas in de negentiende eeuw bereikt met behulp van telescopen en nauwkeurige hoekmeetinstrumenten. Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) was de eerste die erin slaagde om een sterparallax te meten: die van de ster 61 Cygni in het sterrenbeeld Zwaan. Het resultaat was een parallax van $0,31''$ met een meetnauwkeurigheid van $0,02''$. Dat resultaat heeft goed standgehouden: in de jaren 90 van de vorige eeuw werd met de Hipparcos-satelliet voor deze ster een parallax van $0,287''$ gemeten met een meetnauwkeurigheid van $0,001''$. En dat betekent een afstand van 11,4 lichtjaar.