

NOVALAB



GEEF STERRENKUNDE DE RUIMTE!

Deze NOVALab oefening gaat over de overgang van Venus voor de zon die we 6 juni 2012 kunnen waarnemen.

De oefening is geschikt voor bovenbouw HAVO/WVO.

WETENKAART

Aan het eind van deze NOVALab weet je:

- Wat wordt bedoeld met de overgang van een planeet voor de zon.
- Waarom de overgang van Venus zo zeldzaam is.
- Hoe je deze overgang kunt waarnemen en dat tijden van begin en eind van de overgang belangrijk zijn .
- Uit deze waarnemingen via de parallax de afstand aarde-zon kan worden bepaald

VENUS VOOR DE ZON

De Venusovergang van 6 juni 2012

Op dinsdag 6 juni beweegt de planeet Venus voor de zon langs. Tijdens zonsopkomst is de planeet als zwarte stip voor de zon zichtbaar vanaf de aarde. Zo'n Venusovergang is zeldzaam. De volgende keer dat Venus voor de zon komt, is pas weer in het jaar 2117!

In deze lesbrieven ontdek je zelf waarom dit verschijnsel zo bijzonder is.

In de geschiedenis van de sterrenkunde heeft de planeetovergang veel betekend. Mensen reisden de hele wereld over om het verschijnsel waar te nemen en de tijden van de overgang te noteren. Tijdens een Venusovergang is het namelijk mogelijk om met gegevens van over de hele wereld de afstand van de aarde tot de zon te berekenen.

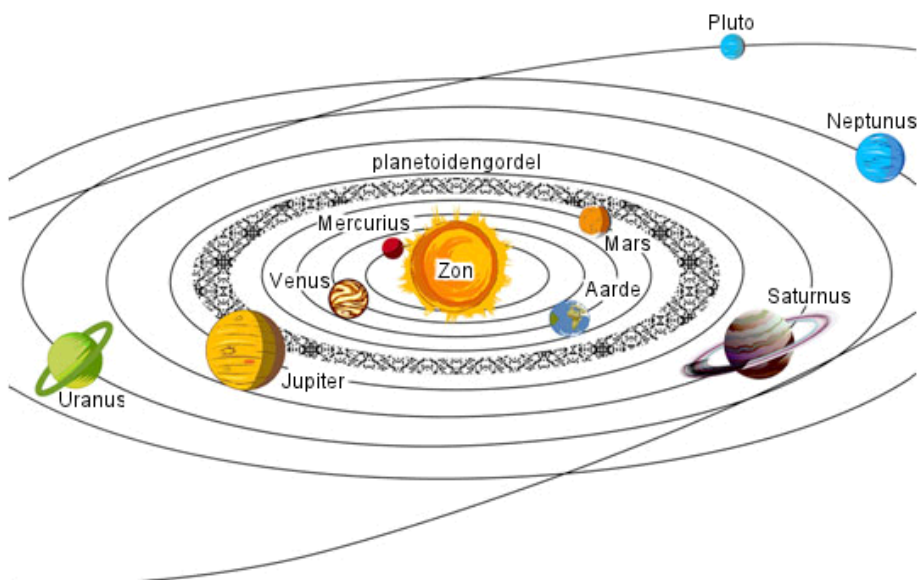
Dit gaan we op een moderne manier bij deze Venusovergang herhalen, zonder dat we op expeditie hoeven. We geven onze metingen door via de gratis app VenusTransit (iPhone & android) en die zullen worden gebruikt om de afstand van de aarde tot de zon te berekenen.

In deze lesbrieven staat uitgelegd hoe deze afstandsmeting werkt. Aan het einde van de lesbrieven vindt je een overzicht van enkele methoden om veilig naar de Venusovergang te kijken, en een oproep om mee te doen aan een fotowedstrijd.

PLANETEN

Het woord 'planeet' is afgeleid van het Griekse 'πλανήτης' (planētēs), dat 'zwerfer' of 'rondlopende' betekent. In de Griekse oudheid werd dit woord dan ook niet alleen gebruikt voor de planeten die toen bekend waren, Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus, maar ook voor de maan en de zon. Volgens modernere opvattingen zijn planeten hemellichamen die in een baan rond een ster bewegen, en die genoeg massa hebben om een vorm te bereiken die bij benadering rond is. Volgens deze definitie kent ons zonnestelsel acht planeten: Mercurius, Venus, Aarde, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus en Neptunus. Behalve de acht planeten zijn er enkele dwergplaneten, waaronder Pluto, en een grote hoeveelheid planetoiden.

figuur 1: Ons zonnestelsel. NB: de illustratie is niet op schaal getekend.



1. Het woord 'planeet' heeft tegenwoordig een andere betekenis dan in de Griekse oudheid. Dat is een gevolg van het inzicht dat de aarde niet het middelpunt vormt van het universum. Leg uit.

VENUSOVERGANG

Venus is een zogeheten binnenplaneet; een planeet waarvan de baan om de zon (figuur 1) binnen de baan van de aarde ligt. Het kan voorkomen dat een binnenplaneet precies tussen de aarde en de zon komt te staan. Wanneer dit gebeurt, wordt de planeet zichtbaar als zwart stipje op het oppervlak van de zon. Dit verschijnsel wordt een transit of overgang genoemd.

Voor zover bekend is de eerste waarneming van de overgang van Venus uitgevoerd door de Engelse astronoom Jeremiah Horrocks (1618-1641) in 1639 (figuur 2). Horrocks gebruikte een simpele telescoop om de zon op een stuk papier te projecteren. Op basis van zijn waarnemingen maakte Horrocks een schatting van de grootte van Venus en van de afstand van de aarde tot de zon.

Een Venusovergang is een zeldzaam verschijnsel; sinds de eerste waarneming in 1639 is het slechts vijfmaal te zien geweest!



Figuur 2: Jeremiah Horrocks

2. De omlooptijd van een planeet hangt volgens de derde wet van Kepler samen met de gemiddelde afstand tussen de planeet en de zon.

De formule die hoort bij de derde wet van Kepler ziet er als volgt uit:

$$\left(\frac{r_{Venus}}{r_{Aarde}}\right)^3 = \left(\frac{T_{Venus}}{T_{Aarde}}\right)^2$$

r is de gemiddelde afstand tussen planeet en zon in km.

T is de omlooptijd van de planeet in dagen.

- a. Zoek in je Binas de omlooptijd van de aarde op.

Neem aan dat

$$\frac{r_{Venus}}{r_{Aarde}} = 0,723333$$

- b. Bereken de omlooptijd van Venus met de derde wet van Kepler.

De overgang kan alleen plaatsvinden wanneer Venus tussen de aarde en de zon ligt. De periode waarmee dit gebeurt heet de synodische periode.

Met de volgende formule kan de synodische periode berekend worden:

$$\frac{1}{T_{Syn}} = \frac{1}{T_{Venus}} - \frac{1}{T_{Aarde}}$$

T_{Venus} is de omlooperperiode van Venus.

T_{Aarde} is de omlooperperiode van de aarde.

T_{Syn} is de synodische periode van Venus.

- c. Bereken de synodische periode T_{Syn} van Venus.

In 1760 zette de Britse astronoom Benjamin Cole een mechanisch model in elkaar waarmee hij de principes achter de Venusovergang demonstreerde. In dit model (figuur 3) beweegt Venus om de zon heen wanneer aan de hendel wordt gedraaid, terwijl de aarde en de zon op een vaste positie blijven.

- d. Hoeveel omwentelingen maakt Venus in het model van Benjamin Cole in een periode van één jaar?

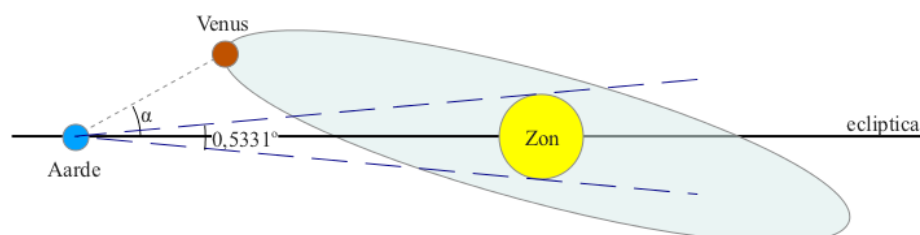


Figuur 3: Het mechanische model van Benjamin Cole. Door aan de hendel te draaien kan men 'Venus' om de 'zon' laten draaien

WAAROM KLOPT DIT NIET?

Op basis van de antwoorden bij oefening 2.c en 2.d zou men elke paar jaar een Venusovergang verwachten. Dat dit in de praktijk niet gebeurt komt doordat de baan van Venus een lichte helling heeft ten opzichte van de baan van de aarde. De helling van de baan van Venus (figuur 4) leidt ertoe dat Venus zich vanuit de aarde gezien niet langs het vlak aarde-zon (ecliptica) verplaatst. Venus passeert in de meeste gevallen onder of boven de zon en we zien dan geen overgang.

Figuur 4: De baan van Venus heeft een helling ten opzichte van de baan van de aarde. Een overgang is alleen mogelijk wanneer Venus binnen een kritieke afstand van de ecliptica – het vlak waarin de baan van de aarde met de zon ligt – komt.



3. (grafische rekenmachine)

Neem aan dat:

$$\alpha = 8,814^\circ \cdot \sin\left(\frac{360^\circ}{T_{Venus}} \cdot t\right)$$

α is de hoek tussen Venus en de ecliptica in graden, zoals gemeten vanaf de aarde (zie figuur 3)

t is de tijd in dagen

$T_{Venus} = 224,701$ is de omlooptijd van Venus in dagen.

- a. Teken de bovenstaande functie op je GR voor $-200 \leq t \leq 200$.

Een overgang kan alleen plaatsvinden wanneer Venus binnen een kritieke afstand vanaf de ecliptica, het vlak waarin de baan van de aarde ligt, komt.

Dit gebeurt wanneer α binnen het bereik

$[-0,2666^\circ; 0,2666^\circ]$ ligt.

- b. Geef dit bereik op je GR aan door twee horizontale lijnen over de grafiek heen te tekenen.

Als je de bovenstaande oefeningen goed hebt uitgevoerd, dan lijkt de grafiek op je grafische rekenmachine op die in figuur 5. In een tijdsduur T_{Venus} komt Venus tweemaal binnen de kritieke afstand tot de ecliptica.

- c. Bepaal met de intersect functie van de GR hoeveel dagen Δt in een tijdsduur T_{Venus} Venus binnen de kritieke afstand tot de ecliptica komt.

De kans dat Venus op een willekeurig moment binnen de kritieke afstand tot de ecliptica ligt, kan worden gevonden met de volgende formule:

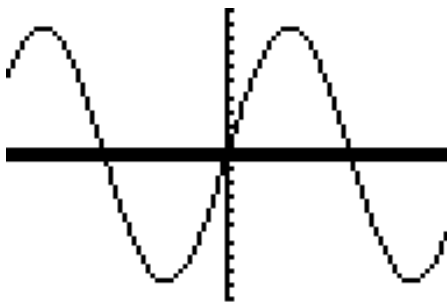
$$p = \frac{\Delta t}{T_{Venus}}$$

- d. Bereken p .

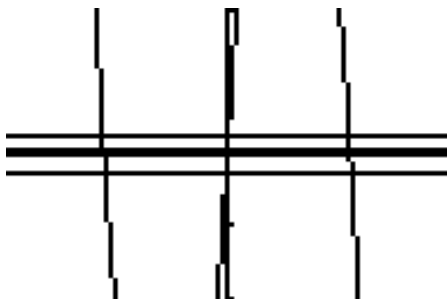
De verwachtingswaarde van het aantal overgangen N dat gedurende een eeuw plaatsvindt wordt gegeven door de volgende formule:

$$N = p \cdot \frac{(100 \times 365,256)}{T_{Syn}}$$

- e. Bereken de gemiddelde tijdsduur tussen twee overgangen. Gebruik hierbij $T_{Syn} = 583,921$.



Figuur 5: De grafieken van 3.a en 3.b getekend op een TI-84 PLUS
Met een grafiekbereik:
(boven) $[-200,200] \times [-10.,10.]$
(onder) $[-200,200] \times [-2.0,2.0]$



VOORSPELLEN TRANSITDATA

Wanneer Venus tussen de aarde en de zon door beweegt en de afstand tot de ecliptica binnen het kritieke bereik ligt, dan zal er een overgang plaatsvinden. Met enige kennis van de banen van Venus en de aarde is het mogelijk om uit te rekenen wanneer dit gebeurt.

4. (grafische rekenmachine)

In deze oefening worden alle tijden weergegeven in Universal Time (UTC). Dit is de tijdsaanduiding van Engeland in wintertijd.

Venus passeerde op 7 juni 2004 om 14:54 uur de ecliptica. De hoek tussen Venus en de ecliptica wordt door de volgende formule gegeven:

$$\alpha = 8,814^\circ \cdot \sin\left(\frac{360^\circ}{T_{Venus}} \cdot (t - t_k)\right)$$

α is de hoek tussen Venus en de ecliptica in graden, zoals gemeten vanaf de aarde (zie figuur 3).

t is de tijd in dagen sinds het begin van het jaar 2000.

$t_k = 1619,62$ is het tijdstip waarop Venus door de ecliptica ging, in dagen sinds het begin van het jaar 2000.

$T_{Venus} = 224,701$ is de omlooptijd van Venus in dagen.

a. Voer de bovenstaande formule in op je GR.

Venus stond tijdens de afgelopen overgangen tussen de aarde en de zon. Het midden van deze overgangen was op 8 juni 2004 om 08:20 uur. De volgende formule geeft aan op welke Venus tussen de aarde en de zon staat:

$$t = t_0 + n \times T_{Syn}$$

$t_0 = 1620,35$ is de midtransit tijd van de overgang van Venus in 2004.

$T_{Syn} = 583,921$ is de synodische periode van Venus.

n is een geheel getal.

We hoeven alleen α tijdens deze t te weten, en niet op de tussenliggende t . Daarom maken we gebruik van een tabel.

b. Maak met je GR een tabel van de functie die je in oefening a. hebt ingevoerd.

Gebruik hierbij $TblStart = 1620,35$ en $\Delta Tbl = 583,921$.

In de tabel die je nu op je GR ziet, staat α gegeven voor elke t waarvoor Venus tussen de aarde en de zon staat. Wanneer α binnen het bereik $[-0,2666^\circ; 0,2666^\circ]$ ligt, dan zal er een overgang plaatsvinden.

tabel 1: De data en tijden van de historische en toekomstige overgangen.

Datum dd-mm-yyyy	Mid-transit (UTC)
07-12-1631	05:19
04-12-1639	18:25
06-06-1761	05:19
03-06-1769	22:25
09-12-1874	04:07
06-12-1882	17:06
08-06-2004	08:20
06-06-2012	01:29
11-12-2117	02:48
08-12-2125	16:01
11-06-2247	11:33
09-06-2255	04:38
13-12-2360	01:44
10-12-2368	14:45

- c. Zoek in de tabel de eerstvolgende keer op dat er een overgang van Venus zal zijn. Bij welke t is dit?
- d. Welke datum hoort bij t ? Houd er rekening mee dat de meeste jaren 365 dagen tellen, terwijl andere jaren 366 dagen hebben.
Om snel het jaartal bij een gegeven t te berekenen kan je de volgende vergelijking gebruiken:
- $$y = 2000 + \frac{t}{365,25}$$
- e. Zoek in de tabel de jaartallen op waarin de eerstvolgende vier overgangen zullen plaatsvinden. Vergelijk je bevindingen met de data in tabel 1.
Dit model geeft een redelijke voorspelling van de datum van de overgang van Venus in 2012, maar geeft een grote afwijking voor latere overgangen. Dit komt doordat de banen van Venus en de aarde zijn benaderd als perfecte cirkelbanen, waarin de planeten met constante snelheden voortbewegen. Voor een betere voorspelling moet men rekenen met de exacte banen.

MECHANISCHE DEMONSTRATIE VAN BENJAMIN MARTIN

5. De Brit Benjamin Martin (1704-1782) (figuur 6) was een bekend maker van wetenschappelijke instrumenten. Hij gaf onder andere lezingen en demonstraties over de Venusovergang van 1769. Hiervoor bouwde hij een groot mechanisch model tegen een van de muren van zijn winkel.
Met dit model demonstreerde hij de beweging van Venus en de zon aan de hemel, zoals die tijdens de overgang van 1769 vanuit Londen zichtbaar was.

- a. Leg uit hoe het komt dat de zon aan de hemel beweegt.
- b. Hoeveel graden beweegt de zon aan de hemel in 24 uur? En in 1 uur?

Zie figuur 7 voor een gravure van de mechanische demonstratie van Benjamin Martin. In de gravure zijn verschillende afbeeldingen van de zon zichtbaar. Elke afbeelding hoort bij een ander tijdstip. De tijd waarbij een afbeelding hoort, is aangegeven door de getallen boven de gestippelde lijn.

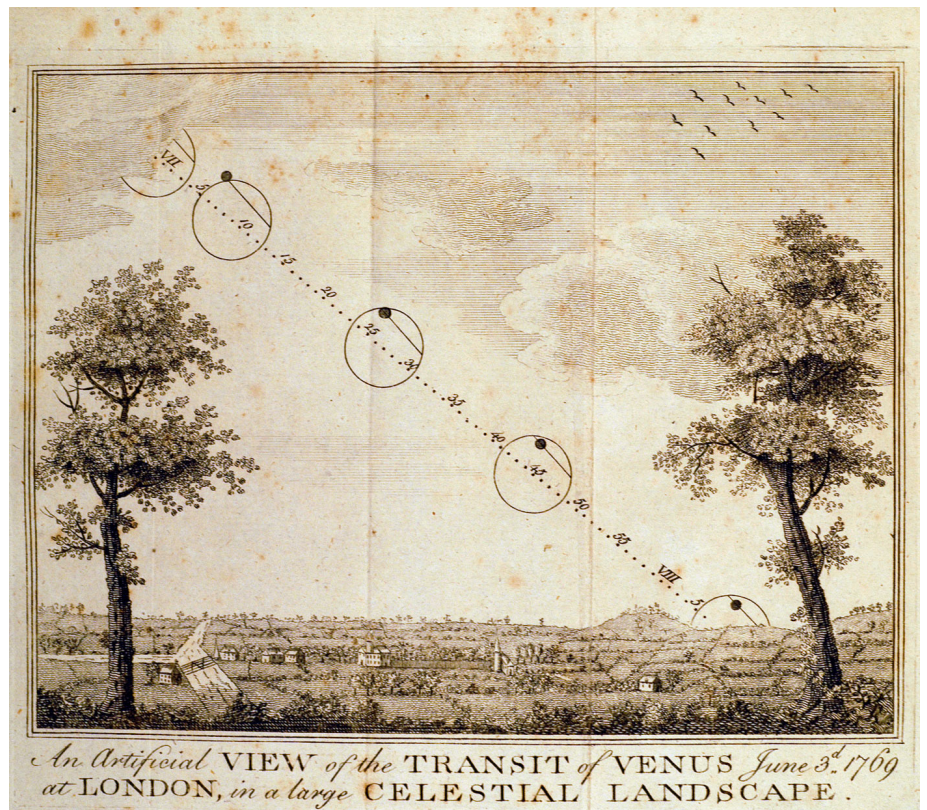
- c. Meet in figuur 7 de afstand tussen de afbeeldingen van de zon op 19:09 uur en op 19:45 uur in cm.
De diameter van de zon heeft aan de hemel een hoek van $\alpha \approx 0,53^\circ$.



Figuur 6: Benjamin Martin

- d. Meet in figuur 7 de diameter van de zon in cm.
- e. Is de zon op schaal gegraveerd? Licht je antwoord toe met een berekening.

Figuur 7: Een gravure van het mechanische model van Benjamin Martin.
Merk op hoe de getallen boven de gestippelde lijn een tijdsaanwijding geven.



Figuur 8: Enkele beelden van de reconstructie van de demonstratie van Benjamin Martin.



RECONSTRUCTIE

In 2004 was er in het wetenschapshistorische museum in Oxford een tentoonstelling van de geschiedenis van de wetenschap te zien. Hier was onder andere een reconstructie te bezichtigen van de mechanische demonstratie van Benjamin Martin. Op de website van de expositie zijn enkele korte filmpjes te zien:

<http://www.mhs.ox.ac.uk/venus/index.htm>

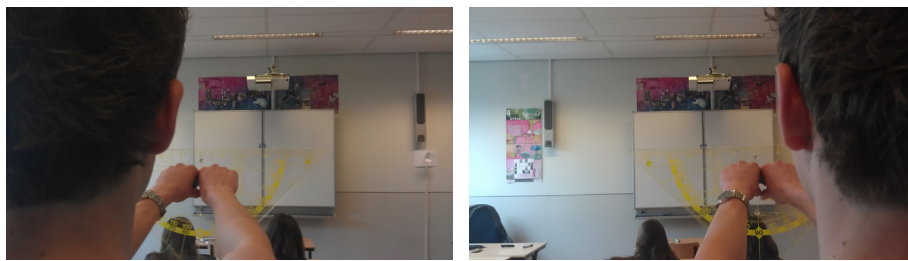
PARALLAX

Historisch gezien waren de relatieve afstanden tussen de zon en de planeten al bekend uit de theorieën van Copernicus en Kepler, nog voordat de afstand tussen de aarde en de zon was vastgelegd.

Een veelgebruikte manier om de afstand tot een object vast te leggen is de parallax, het verschijnsel dat twee waarnemers vanaf verschillende locaties een object op een andere positie kunnen waarnemen. Door de sterkte van de parallax te meten kan men de afstand tot een object bepalen.

6. (practicum)

Je kunt het principe achter een afstandsbeoordeling met parallax zelf uitproberen: houd met gestrekte arm een liniaal voor je uit, en kijk vervolgens afwisselend met alleen het linkeroog of alleen het rechteroog naar het schoolbord. Als het goed is dan zie je de liniaal verspringen.



- a. Hoeveel cm verspringt de liniaal? Dit is de sterkte van de parallax.

Zie figuur 9 voor een schematisch bovenaanzicht bij deze afstandsbeoordeling. In de figuur zijn lijnen getekend van beide ogen (O_1 O_2), langs de liniaal (L_1 , L_2), tot aan punt P. Omdat de driehoeken O_1O_2P en L_1L_2P gelijkvormig zijn is het mogelijk om uit de sterkte van de parallax de afstand tot het punt P te bepalen.

Met de volgende formule kan de afstand worden berekend:

$$d = \frac{d_1}{1 - (L_1L_2 / O_1O_2)}$$

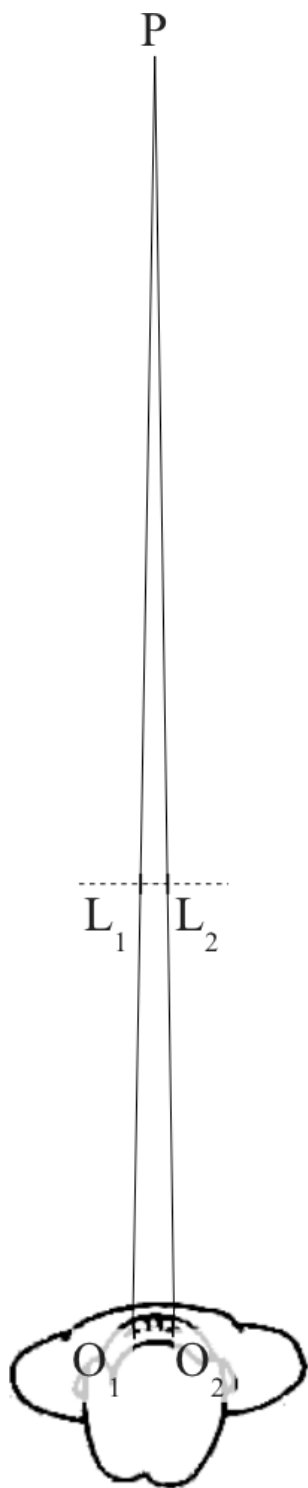
d is de afstand tot punt P in cm.

d_1 is de afstand tot de liniaal in cm.

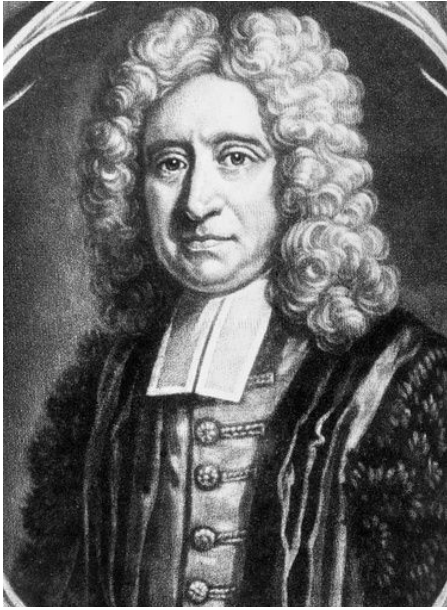
O_1O_2 is de afstand tussen beide ogen in cm.

L_1L_2 is de gemeten sterkte van de parallax in cm.

- b. Meet d_1 , de afstand van je ogen tot de liniaal.
- c. Vraag een klasgenoot om de afstand tussen je ogen te meten.
- d. Bereken de afstand tot het schoolbord d in cm.



Figuur 9: Parallax meten met een liniaal op ongeveer een armlengte afstand.



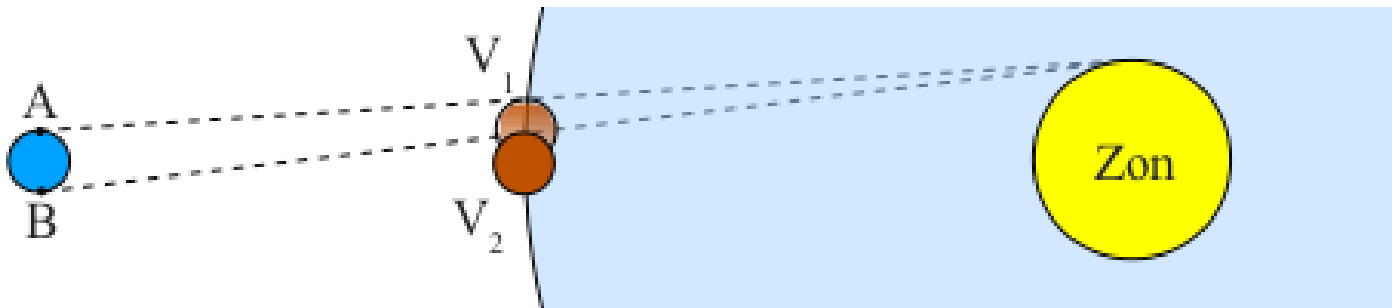
Figuur 10: Edmond Halley

TIJDMETING VENUSOVERGANG

De Engelse astronoom Edmond Halley (1656-1742) (figuur 10) stelde al in 1716 voor om de overgang van Venus vanaf verschillende plaatsen op aarde waar te nemen. Door de verschillende waarneming te vergelijken wilde hij de parallax meten en de afstand tot de zon bepalen.

In 1716 was het nog niet mogelijk om een parallax direct te meten: de gevoeligheid van de beschikbare instrumenten was beperkt en er waren geen snelle communicatiemiddelen. Fotografie bestond nog niet.

Halley stelde daarom voor om vanaf verschillende locaties de tijd te bepalen waarop de overgang begint of eindigt. Deze tijden verschillen, afhankelijk van de positie van de waarnemer (figuur 11).



Figuur 11: Waarnemers op locatie A zien de transit eerder beginnen dan waarnemers op locatie B.

De grootte van dit tijdsverschil is omgekeerd evenredig met de afstand tot de zon:

$$D \cdot |t_1 - t_2| = C$$

D is de afstand tot de zon in km.

$|t_1 - t_2|$ is het positieve tijdsverschil in seconden tussen twee waarnemingen op verschillende locaties.

C is een constante die afhankelijk is van de locaties van de twee waarnemers en van de omloopsnelheden van Venus en de aarde.

- In deze oefening worden alle tijden weergegeven in Universal Time (UTC). Dit is ongeveer gelijk aan de tijdsaanduiding van Engeland in wintertijd.

Op 8 juni 2004, de dag van de vorige Venusovergang, besloten Steven en David samen de afstand tot de zon te bepalen. Steven zag de overgang vanuit Breda beginnen, terwijl David de overgang vanuit Harare (Zimbabwe) waarnam.

Om C te achterhalen gebruikten zij de calculator op de volgende website:

Deze calculator voorspelt het tijdstip waarop de overgang begint of eindigt voor een gegeven locatie, onder de aanname dat de afstand tot de zon $D = 149.600.000\text{km}$ bedraagt.

De calculator voorspelt een tijdsverschil $|t_1 - t_2| = 170\text{s}$.

- a. Bereken C uit de voorspelde $|t_1 - t_2|$.

Op 8 juni 2004 nam Steven de overgang van Venus waar vanuit Breda. Hij zag de overgang beginnen op 05:39:49. David nam dezelfde overgang waar vanuit Harare, maar zag de overgang beginnen op 05:37:03.

- b. Geef de waargenomen $|t_1 - t_2|$.

- c. Bereken de afstand tot de zon D uit de waargenomen $|t_1 - t_2|$.

- d. Stel dat een van de twee waarnemers zich 10s heeft vergist in het tijdstip waarop de overgang begint, hoe groot is de afwijking in D hierdoor?

Tijdens de Venusovergang in 2004 was Marieke naar Reykjavik (IJsland) afgereisd, terwijl Alex waarnemingen deed vanuit Kaapstad (Zuid-Afrika). De calculator voorspelt een tijdsverschil $|t_1 - t_2| = 484\text{s}$ voor het einde van de overgang.

- e. Bereken C uit de voorspelde $|t_1 - t_2|$.

Volgens de waarnemingen van Marieke duurde de overgang tot 11:03:14, terwijl Alex de overgang om 11:11:13 zag eindigen.

- f. Bereken de afstand tot de zon D uit de waargenomen $|t_1 - t_2|$.

Jaap en Felix reisden respectievelijk naar Istanbul (Turkije) en Colombo (Sri Lanka). Zij kozen ervoor om beiden de duur van de overgang te meten, en hun resultaten met elkaar te vergelijken.

Het verschil in gemeten duur van de overgang is omgekeerd evenredig met de afstand tot de zon:

$$D \cdot |T_1 - T_2| = C$$

D is de afstand tot de zon in km.

$|T_1 - T_2|$ is het positieve verschil in gemeten duur van de overgang in seconden.

C is een constante die afhankelijk is van de locaties van de twee waarnemers en van de omloopsnelheden van Venus en de aarde.

De calculator op voorspelt dat $|T_1 - T_2| = 291\text{s}$.

- g. Bereken C uit de voorspelde $|T_1 - T_2|$.

Volgens de waarnemingen van Felix begon de overgang om 05:33:39 en eindigde deze op 11:03:04. Volgens Jaaps waarneming begon de overgang om 05:38:14 en eindigde deze om 11:02:51

- h. Bereken de afstand tot de zon D uit de waargenomen $|T_1 - T_2|$.

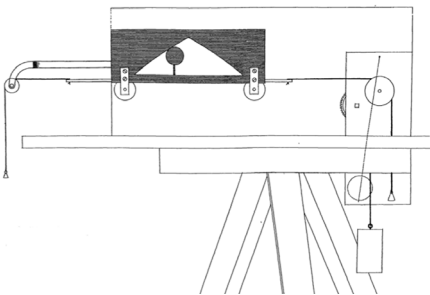
Na afloop ontdekte Jaap dat zijn horloge een minuut achter loopt.

- i. Maakt dit veel uit voor de uitgerekende afstand tot de zon?

VENUS-EXPEDITIES

Halley heeft niet lang genoeg geleefd om de eerstvolgende overgang mee te maken, maar zijn voorstel werd uitgevoerd door andere astronomen. In 1761 en 1769 werden expedities naar verre oorden uitgezonden om vanaf diverse locaties observaties te doen.

8. Voor het meten van de parallax is het belangrijk om een nauwkeurige meting te krijgen van de tijdsduur. De Britse astronomen van de expeditie naar Honolulu (Hawaii) gebruikten een model als in figuur 12 om het bepalen van deze tijdsduur te oefenen.



Figuur 12: Een schematische afbeelding van het oefenmodel dat gebruikt werd tijdens de Britse expeditie in 1874 naar Honolulu (Hawaii).

In dit model beweegt een doorzichtige plaat met een afbeelding van Venus voor een driehoekige opening langs. De astronomen zetten het oefenmodel op zo'n afstand dat de schijnbare grootte van de afbeelding van Venus gelijk was aan de schijnbare grootte van Venus tijdens de overgang, en keken vervolgens met een telescoop naar het model. De oefening was bedoeld om met grote nauwkeurigheid te bepalen wanneer de Venus-afbeelding de rand van de driehoekige opening raakt.

Tijdens de overgang heeft de diameter van Venus een hoek van $\alpha \approx 0,018^\circ$ aan de hemel.

- a. Reken met behulp van de tangens functie uit op welke afstand het oefenmodel moet staan als de gebruikte Venus-afbeelding een diameter $d \approx 1\text{cm}$ heeft.

Tot enkele decennia geleden was het een flinke klus om tijdmetingen verspreid over de aarde te doen, en de gegevens vervolgens samen te voegen om een betere bepaling te doen van de afstand tot de zon. In het huidige digitale tijdperk, met de komst van internet en smartphones, is dat een stuk makkelijker geworden. We kunnen nu een dergelijk experiment grootschalig opzetten. Als je een smartphone (Android of iPhone) hebt, kun je de VenusTransit-app downloaden van:

[p://transitofvenus.nl/wp/getting-involved/phone-app/](http://transitofvenus.nl/wp/getting-involved/phone-app/)

Met deze app kan je meedoen aan een wereldwijd experiment om de afstand tot de zon te bepalen. Hiervoor hoef je alleen het beginpunt en/of het eindpunt van de overgang via de app door te geven.

- b. Als je een smartphone (Android of iPhone) hebt, installeer dan deze app en oefen met de simulatiemodus.
- c. Ga op 6 juni 2012 tijdens zonsopkomst (5.00 uur) naar een plek waar je een vrij uitzicht hebt op de horizon. Als er geen hinderlijke bewolking is, kun je tijdens het opkomen van de zon (om 5.21 uur) Venus nog net als stipje rechtsboven op de zon zien. Gebruik de app om je waarneming door te geven.



Figuur 13: Een variant op de Camera Obscura. In plaats van een grote doos met een klein gaatje in de zijkant wordt hier een klein spiegeltje op een standaard (links) gebruikt om de zon op een projectiescherm (rechts) te spiegelen. Deze opname is gemaakt tijdens de transit van Venus in 2004.

VEILIG WAARNEMEN

Het waarnemen van de Venusovergang is in feite niets anders dan het waarnemen van de zon. De zon heeft echter een hoge intensiteit, en zendt schadelijke UV-straling uit.

Kijk NOOIT direct in de zon, dit kan leiden tot blijvende blindheid!

Er zijn diverse manieren om de zon veilig waar te nemen:

Eclipsbril

Een eclipsbril bevat speciale zonnefilters, die de UV-straling van de zon en het overige licht afzwakken. Zo kun je je ogen goed beschermen.

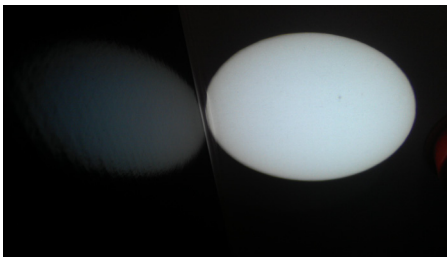
Camera Obscura

Iedereen kan zelf een Camera Obscura in elkaar zetten door een klein gaatje in de zijkant van een doos te prikken. Het zonlicht valt door het gaatje via een spiegeltje op de binnenkant van de doos. Het geprojecteerde zonlicht kan veilig worden bekeken. Met een Camera Obscura heb je een grote doos nodig om een scherp.



Figuur 14: De SolarScope maakt ook gebruik van een lens en een spiegel om op de binnenkant van de doos een zonsbeeld te projecteren.

Met dit instrument is het zelfs mogelijk om zonnevlekken te zien (onder).



Projectie met telescoop of verrekijker

Het is mogelijk om de zon met een telescoop of verrekijker te projecteren op een lichte ondergrond. Deze projectie kan vervolgens door een grote groep mensen tegelijk worden bekeken. Het voordeel ten opzichte van de projectie van een Camera Obscura is dat de telescoop of verrekijker het beeld vergroot, en dat het beeld vaak meer detail bevat.

Telescoop met voorzetsfilter

Voor veel telescopen zijn zonnefilters verkrijgbaar. Zo'n zonnefilter houdt het grootste deel van het invallende licht tegen, waardoor de intensiteit van het zonlicht tot een niet-schadelijk niveau wordt teruggebracht.

Specialistische instrumenten

De Sunspotter of de SolarScope (figuur 14) werken volgens hetzelfde principe als bij projectie met een telescoop of verrekijker.

Voor verdere informatie over het veilig waarnemen van de overgang van Venus verwijzen wij door naar:

<http://transitofvenus.nl/wp/observing/six-ways-to-see-the-transit/>

<http://www.transitofvenus.org/june2012/eye-safety>

- 9a. Met welke van de genoemde waarneemmethodes verwacht je de beste resultaten te krijgen? Licht je antwoord toe.

NOVA FOTOWEDSTRIJD

NOVA nodigt iedereen uit om mee te doen aan een fotowedstrijd.

Maak een foto van een eigen waarneming van de Venusovergang en upload deze naar:

<http://www.flickr.com/groups/1969849@N22/>