

Deze NOVALab oefening gaat over de overgang van Venus die in Juni 2012 zal plaatsvinden.

De oefening is geschikt voor bovenbouw HAVO/VWO.

## NOVALAB

### antwoordmodel

### Venus voor de zon

Transit van Venus, 2012

#### Oefening 1:

In het wereldbeeld waarin alle buitenaardse objecten om de aarde heen draaien bestaat er niet veel onderscheid tussen bijvoorbeeld de maan en Venus. Dit onderscheid ontstond pas nadat men zich besepte dat, hoewel de maan om de aarde draait, de meeste objecten in ons zonnestelsel om de zon draaien.

#### Oefening 2:

a. Tabel 31 in de Binas:  $T_{Aarde} = 365,256$  dagen

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

b. Uit de derde wet van Keple kan afgeleid worden dat:

$$T_{Venus} = T_{Aarde} \cdot \left( \frac{r_{Venus}}{r_{Aarde}} \right)^{3/2} = 365,256 \cdot 0,723333^{3/2} = 224,701 \text{ dagen}$$

c. Uit de gegeven formule volgt dat:

$$T_{Syn} = \frac{1}{1/T_{Venus} - 1/T_{Aarde}} = \frac{1}{1/224,701 - 1/365,256} = 583,924 \text{ dagen}$$

Let op: als wordt doorgerekend met de niet-afgeronde waarde voor  $T_{Venus}$  dan is het antwoord  $T_{Syn} = 583,923$  dagen .

d. Aangezien de aarde in dit model stil staat stelt één omwenteling van Venus in dit model een synodische periode  $T_{Syn} = 583,923$  dagen voor. Het aantal omwentelingen in een jaar is dan gegeven door:

$$\frac{T_{Aarde}}{T_{Syn}} = \frac{365,256}{583,923} = 0,625521$$

#### Oefening 3 (grafische rekenmachine)

a. Controleer of de GR op graden staat ingesteld en voer in:

$$y_1 = 8,814 \cdot \sin(360/224,701 \cdot x)$$

Stel in bij 'WINDOW':

$$x_{min} = -200 \quad x_{max} = 200 \quad y_{min} = -10 \quad y_{max} = 10$$

Een transit 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  $\alpha$  binnen het bereik  $[-0,2666^\circ; 0,2666^\circ]$  ligt.

b. Voer in en teken de grafiek:

$$y_2 = \{-0,2666; 0,2666\}$$

```

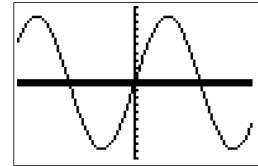
Plot1 Plot2 Plot3
\Y1=8,814*sin(2*
pi*X/224,701)
\Y2=-,2666
\Y3=,2666
\Y4=
\Y5=
\Y6=

```

```

WINDOW
Xmin=200
Xmax=200
Xscl=1
Ymin=-10
Ymax=10
Yscl=1
Xres=1

```



De window moet aangepast worden om de horizontale lijnen zichtbaar te maken:

$$y_{min} = -2 \quad y_{max} = 2$$

c. Met de intersect functie kunnen de volgende snijpunten gevonden worden:  $t_{1-} = -1,082$

$$t_{1+} = 1,082 \quad t_{2-} = 111,269 \quad t_{2+} = 113,432$$

$$\Delta t = (t_{1+} - t_{1-}) + (t_{2+} - t_{2-}) = 4,327 \text{ dagen}$$

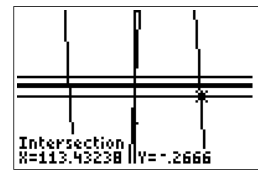
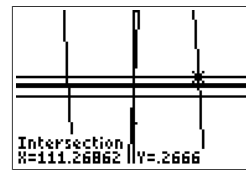
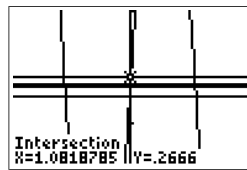
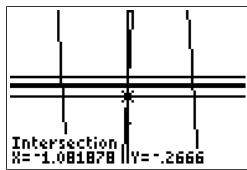
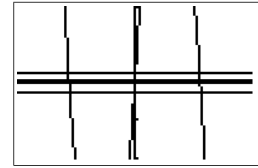
Let op: als wordt doorgerekend met de niet-afgeronde waarden voor  $t_{1-}$   $t_{1+}$   $t_{2-}$

$$t_{2+}$$
 dan is het antwoord.  $\Delta t = 4,328$  dagen

```

WINDOW
Xmin=200
Xmax=200
Xscl=1
Ymin=-2
Ymax=2
Yscl=1
Xres=1

```



d. Vul de waarden in in de formule:

$$p = \frac{\Delta t}{T_{Venus}} = \frac{4,328}{224,701} = 1,926\%$$

e. Vul de waarden in in de formule:

$$N = p \cdot \frac{(100 \times 365,256)}{T_{Syn}} = 0,01926 \cdot \frac{(100 \times 365,256)}{583,921} = 1,205$$

Als er  $N = 1,205$  transits plaatsvinden in 100 jaar, dan vindt er gemiddeld 1 transit plaats in  $100/N = 100/1,205 = 83$  jaar

### Oefening 4 (grafische rekenmachine)

a. Controleer of de GR op graden staat ingesteld, en voer in:

$$y_1 = 8,814 \cdot \sin(360/224,701 \cdot (x - 1619,62))$$

b. TblStart = 1620,35

$$\Delta Tbl = 583,921$$

```

TABLE SETUP
TblStart=1620...
ΔTbl=583.921
Indent: Ask
Depend: Auto Ask

```

c. Dit is bij de eerstvolgende  $t$  in de tabel waarvoor  $|y_1| < 0,2666$  :

$$t = 4539,96$$

d. De makkelijkste manier is om  $t$  op te breken in jaren en maanden:

$$t = 366 + 365 + 365 + 365 + 366 + 365 + 365 + 365 + 366 + 365 + 365 + 365 + (31 + 29 + 31 + 30 + 31 + 4,96)$$

De eerste transit vind plaats ongeveer 12 jaar, 5 maanden, en 5 dagen na  $t = 0$ , wat neerkomt op de nacht tussen 5 en 6 juni 2012.

Welke datum hoort bij deze  $t$ ? Houd er rekening mee dat sommige jaren 365 dagen tellen, terwijl sommige 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. Noteer de eerste vier  $t$  na 2004 of na 2012 waarvoor  $|y_1| < 0,2666$  :

$$t=2012,4$$

$$t=2125,9$$

$$t=2247,4$$

$$t=2360,9$$

$$t=2368,9$$

X	Y1	Y2
131251	-4,942	2359,3
131835	-2,177	2360,9
132419	5,2961	2362,5
133003	8,404	2364,1
133588	8,3042	2365,7
134172	-5,245	2367,3
134754	15,391	2368,9
X=134754.338		

Zoals ook in de lesbrief opgemerkt wordt, wijken de transitdata af van de data die door dit model voorspelt worden. Dit komt doordat de banen van Venus en de aarde niet constant en circelvormig zijn. Dit model demonstreerd wel waarom de tussentijd tussen transits van Venus zo groot is.

### Oefening 5

a. Dit komt door de rotatie van de aarde.

b. In één dag (24 uur) beweegt de zon ongeveer  $360^\circ$  aan de hemel. Binnen 1 uur is dit ongeveer  $360^\circ/24=15^\circ$ .

c.  $l=5,8$  cm **Afhankelijk van de afmetingen van de afbeelding!**

De diameter van de zon heeft aan de hemel een hoek van  $\alpha \approx 0,53^\circ$ .

d.  $d=1,2$  cm **Afhankelijk van de afmetingen van de afbeelding!**

e. De diameter van de zon heeft aan de hemel een hoek  $\alpha \approx 0,53^\circ$ , en in de afbeelding een afmeting  $l=1,2$  cm. Hieruit volgt een omrekenfactor:

$$c = \frac{\alpha}{d} \approx \frac{0,53^\circ}{1,2 \text{ cm}} = 0,44^\circ/\text{cm}$$

Met deze omrekenfactor kan berekend worden hoeveel graden de zon aan de hemel beweegt in 36 minuten:

$$\beta = c \cdot l \approx 2,6^\circ$$

In 24 uur beweegt de zon dan  $2,6^\circ \cdot \frac{24 \times 60}{36} = 102^\circ$  aan de hemel. Deze waarde klopt niet met de verwachte  $360^\circ$ , wat betekent dat de zon niet op schaal afgebeeld is.

### Oefening 6 (practicum)

#### Oefening 7

a.  $C$  kan achterhaald worden door de gegeven formule in te vullen:

$$C = D \cdot |t_1 - t_2| = 149,6 \cdot 10^9 \text{ m} \cdot 170 \text{ s} = 25,4 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}$$

b.  $|t_1 - t_2| = 2^m 46^s = 166 \text{ s}$

c. Gebruik de  $D$  uit a. met de  $|t_1 - t_2|$  uit b.:

$$D = \frac{C}{|t_1 - t_2|} = \frac{25,4 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}}{166 \text{ s}} = 153 \cdot 10^9 \text{ m} = 153 \text{ miljoen km}$$

d. Herhaal de bovenstaande berekening, maar gebruik een andere waarde in voor  $|t_1 - t_2|$ :

$$D = \frac{25,4 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}}{156 \text{ s}} = 163 \cdot 10^9 \text{ m} = 163 \text{ miljoen km}$$

$$D = \frac{25,4 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}}{176 \text{ s}} = 145 \cdot 10^9 \text{ m} = 145 \text{ miljoen km}$$

De afwijking in  $D$  bedraagt dan  $+10 \cdot 10^9 \text{ m}$  of  $-10 \cdot 10^9 \text{ m}$

e.  $C = D \cdot |t_1 - t_2| = 149,6 \cdot 10^9 \text{ m} \cdot 484 \text{ s} = 72,4 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}$

f.  $|t_1 - t_2| = 7^m 59^s = 479 \text{ s}$

$$D = \frac{C}{|t_1 - t_2|} = \frac{72,4 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}}{479 \text{ s}} = 151 \cdot 10^9 \text{ m}$$

g.  $C = D \cdot |T_1 - T_2| = 149,6 \cdot 10^9 \text{ m} \cdot 291 \text{ s} = 43,5 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}$

h.

$$T1 = 4^h 29^m 25^s = 16165 \text{ s}$$

$$T2 = 4^h 24^m 37^s = 15877 \text{ s}$$

$$|t_1 - t_2| = 16165 \text{ s} - 15877 \text{ s} = 288 \text{ s}$$

$$D = \frac{C}{|T_1 - T_2|} = \frac{43,5 \cdot 10^{12} \text{ m} \cdot \text{s}}{288 \text{ s}} = 151 \cdot 10^9 \text{ m}$$

i. Dit maakt *niets* uit. Jaap hoeft alleen bij te houden hoe lang de transit duurt, niet wanneer deze begint of eindigt.

### Oefening 8

a. Deze afstand kan uitgerekend worden met de volgende formule:

$$s = \frac{d}{\tan(\alpha)} \approx \frac{1 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{\tan(0,018^\circ)} = 32 \text{ m}$$

### Oefening 9

a. Vooral de toelichting is hier belangrijk. De beperkende factoren bij de verschillende waarneemmethodes:

#### Eclipsbril

De grootte van Venus aan de hemel ligt in de buurt van de grens van wat het menselijke oog waarnemen kan. Bovendien zijn metingen van de grootte van Venus niet mogelijk zonder een projectie.

#### Camera Obscura

De scherpte van de projectie wordt bepaald door de grootte van het gaatje ('diafragma'), terwijl de grootte van de projectie wordt bepaald door de lengte van de camera obscura. Met een voldoende grote camera obscura (zoals de opstelling met een spiegeltje en een projectiescherm die in de lesbrief te vinden is) zijn mooie beelden mogelijk.

#### Projectie met telescoop of verrekijker

De scherpte zal vooral bepaald worden door hoe goed het mogelijk is om op oneindig scherp te stellen, terwijl de grootte van de projectie vooral bepaald wordt door de vergrotingsfactor van de telescoop of verrekijker.

#### Telescoop met voorzetfilter

Met deze methode verwachtte je een goed beeld te hebben, maar het meten van de grootte van Venus zal niet mogelijk zijn zonder projectie.

#### Specialistische instrumenten

De werking van deze instrumenten is hetzelfde als bij projectie met een telescoop of verrekijker, maar aangezien het instrument ontworpen is voor het waarnemen van de zon mag verwacht worden dat de uitvoering beter is dan wat een hobbyist in elkaar kan zetten.