

5 - Obliczenia przejścia Wenus z 5-6 czerwca 2012 r.

5.1. Wybieranie miejsca obserwacji.

W tej części zajmiemy się nadchodzącym tranzytem Wenus, próbując wyobrazić sobie sytuację jak najbardziej zbliżoną do tego, co zastaniemy spotykając się w czerwcu przy komputerach, obserwując przejście i próbując obliczyć odległość między Ziemią a Słońcem, używając zdjęć, które zostaną wtedy zrobione. Zaczniemy od krótkiego opisu narzędzi, które zostaną wtedy użyte oraz długości i szerokości geograficznej miejsc, skąd będą robione zdjęcia, oraz innych informacji, które są niezbędne, aby dokonać poprawnych obliczeń.

5.1.1. Miejsca obserwacji i opis narzędzi.

Zaczniemy od opisu miejsc, skąd będą robione zdjęcia. Jak napisano powyżej, aby jak najbardziej uprościć obliczenia, wybraliśmy dwa miejsca na powierzchni Ziemi o podobnej długości geograficznej:

Cairns (Australia): Szerokość: $-16^{\circ} 55' 24.237''$ Długość: $145^{\circ} 46' 25.864''$

Sapporo (Japonia): Szerokość: $43^{\circ} 3' 43.545''$ Długość: $141^{\circ} 21' 15.755''$

Zdjęcia będą robione w czasie rzeczywistym przy użyciu teleskopu VIXEN (model VMC110L), który ma jasność $f/9.4$, czyli długość ogniskowej wynosi 1035, a przesłona 110 mm. Takie parametry pozwalają zrobić odpowiednio dokładne zdjęcia Słońca. Podczas obserwacji będzie używany filtr słoneczny. Obrazy będą rejestrowane aparatem Canon 5D 21-Mpixel podłączonym do teleskopu.

Na zdjęciach wykonanych przy pomocy tego teleskopu z podłączoną kamerą, obraz Słońca jest tak duży jak płaszczyzna ostrości kamery, a zatem ma 1630 pikseli.

Biorąc pod uwagę, że rozmiary kątowe Słońca na niebie wynoszą około 31,5 minut łuku, skala ϵ słońca na obrazie wyniesie:

$$\text{Skala } (\epsilon) = \frac{31.5 [\text{minut łuku } (')] \cdot 60 [\text{sekund łuku } (")] }{1630 \text{ pikseli}} = 1.16 \text{ "/piksel}$$



Rys 10: Instrumenty. Zdjęcie: M. A. Pio (IAC).

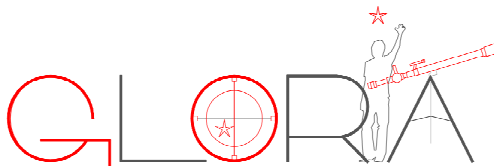
5.2. Co należy zrobić?

W częściach 5.2.1 i 5.2.2 wyjaśniamy jak w obliczyć $\Delta\pi$, używając dwóch metod, opisanych wyżej. Jeśli wystarczy czasu, proponujemy, żeby użyć obu metod i porównać uzyskane wyniki.

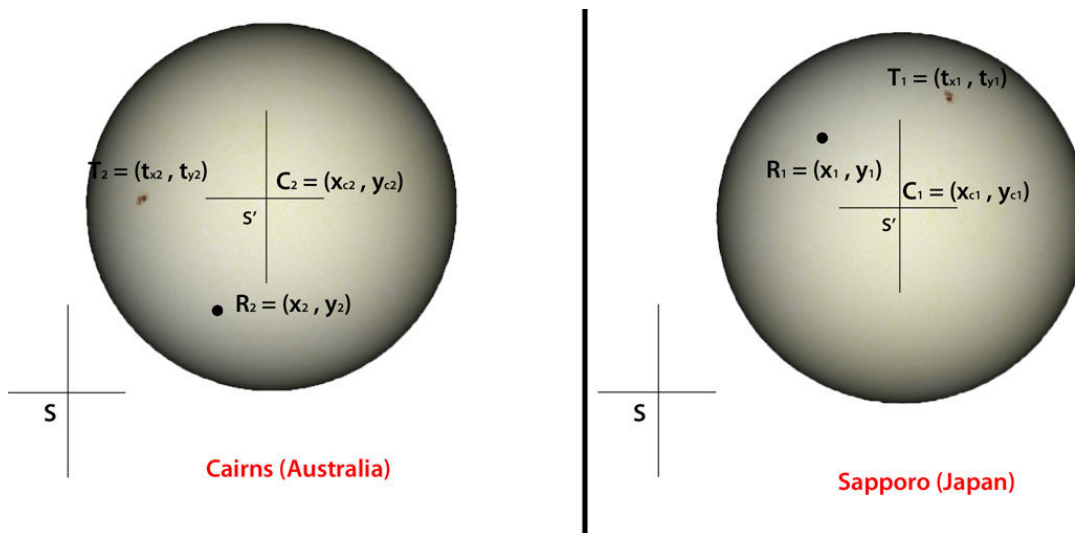
5.2.1. Metoda 1. Metoda "Cienie".

Zacniemy od dwóch zdjęć zrobionych w tej samej (na ile tylko możliwe) chwili czasu uniwersalnego, po jednym w każdym z wybranych miejsc. Musimy ustalić odległość pomiędzy cieniami Wenus.

Aby obliczyć odległość $\Delta\pi$ musimy umieścić w jednej linii dwa obrazy (rotacja i translacja, gdyż są w tej samej skali) i dokonać pomiaru odległości między cieniami Wenus, używając pakietu do obrazowania. Aby uprościć pracę i wyzbyc się konieczności umieszczania obrazów w jednej linii, dokonaliśmy kilku przekształceń matematycznych aby ustalić odległość, używając (i) kartezjańskiego układu współrzędnych (x, y) cienia Wenus; (ii) punktu na powierzchni Słońca i (iii) środka Słońca na obu zdjęciach. Rys. 11 pokazuje pomiary (przy pomocy specjalistycznego oprogramowania do obserwacji astronomicznych) podczas przejścia



(czas: 0:45 UT w dniu 6 czerwca 2012 r) z dwóch punktów obserwacyjnych: w Cairns (Australia) i Sapporo (Japonia). Zauważcie, że odległość między dwoma cieniami ($\Delta\pi$) okaże się bardzo mała, nie przekraczająca rzędu 10 pikseli.



Rys. 11: Rzeczywisty obraz Słońca wykonany przy pomocy oprogramowania, które będzie użyte podczas tranzytu na fikcyjnym przedstawieniu zjawiska o godzinie 00:45 UT 6 czerwca 2012 r.

Na podstawie obliczeń z Załącznika IV $\Delta\pi$ jest obliczana ze Wyrażenia:

$$\Delta\pi = \sqrt{\Delta\pi_x^2 + \Delta\pi_y^2}$$

gdzie elementy $\Delta\pi_x$ i $\Delta\pi_y$ mogą zostać wyrażone jako:

$$\Delta\pi_x = (x_2 - x_{c2}) \cos \theta + (y_2 - y_{c2}) \sin \theta - x_1 + x_{c1}$$

$$\Delta\pi_y = -(x_2 - x_{c2}) \sin \theta + (y_2 - y_{c2}) \cos \theta - x_1 + x_{c1}$$

gdzie (x_1, y_1) i (x_2, y_2) to współrzędne cienia Wenus na obrazach z Sapporo i Cairns, a (x_{c1}, y_{c1}) , (x_{c2}, y_{c2}) to współrzędne środka Słońca, widzianego z Sapporo i Cairns, wszystkie dowiązane do systemu współrzędnych S.

W naszym przypadku, podczas pomiaru w dniu 6 czerwca 2012 r. z Cairns w Australii i Sapporo w Japonii, uzyskamy wartość kąta θ (patrz obliczenia w Załączniku IV):

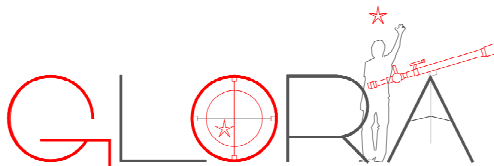
$$\theta = 108^\circ 4' 17.92''$$

Zatem:

$$\Delta\pi = \sqrt{\Delta\pi_x^2 + \Delta\pi_y^2} = 8.4 \text{ piksela}$$

W załączniku I przedstawiona jest metoda ustalania dokładnej wartości odległości d między dwoma obserwatorami na Ziemi. W naszym przypadku, wartość d wynosi:

$$d = 6662.9 \text{ km}$$



Aby użyć Wyrażenia [1] musimy znać także proporcję odległości Ziemi od Słońca do odległości Wenus od Słońca (r_T / r_V) w chwili dokonywania pomiaru.

W tej metodzie wartość $\Delta\pi$ musi być obliczana w sekundach łuku, więc musimy użyć skali, aby ją określić. W przypadku zdjęcia, które możemy zrobić z wykorzystaniem oprogramowania astronomicznego, wartość $\Delta\pi$ wynosi 8,4 pikseli, a średnica Słońca wynosi 715 pikseli, co daje skalę:

$$\text{Skala } (\varepsilon) = \frac{31.5 [\text{minut łuku } (')] \cdot 60 [\text{sekund łuku } (")] }{715 \text{ pikseli}} = 2.643'' / \text{piksela}$$

$$r_T = \frac{6662.9 [\text{km}]}{8.4 [\text{pikseli}] \cdot \varepsilon \left[\frac{\text{sekundy łuku}}{\text{piksele}} \right] \cdot \left(\frac{\pi}{648000} \right) \left[\frac{\text{promień}}{\text{sekunda łuku}} \right] (1.39759 - 1)} = 154.5 \cdot 10^6 \text{ km}$$

5.2.2. Metoda 2. Obliczanie odległości między Ziemią a Słońcem z wykorzystaniem metody strun.

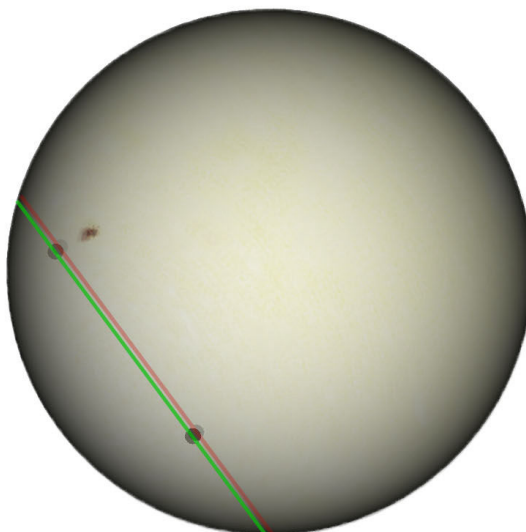
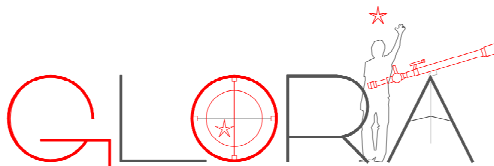
Ta metoda jest łatwiejsza niż poprzednia, gdyż należy ustalić tylko długości linii lub strun, które wytyczają trasę, po której cień Wenus przesuwa się na powierzchni Słońca. Dzięki temu znika utrudnienie, które występowało w poprzedniej metodzie, wynikające z konieczności bardzo dokładnego zsynchronizowania czasu pomiarów dokonywanych w dwóch różnych punktach Ziemi, tak aby oba zostały zrobione w tej samej chwili. Niestety metoda strun może zostać zastosowana dopiero po zakończeniu przejścia. Z drugiej strony, zaletą tej metody jest fakt, że jeśli pogoda popsuje się podczas przejścia albo któreś ze zdjęć nie zostanie zrobione z powodu usterek technicznych, wystarczy ekstrapolować brakującą część toru ruchu.

Należy pamiętać, że obrazy z każdego punktu muszą znajdować się na tej samej linii podczas całego przejścia, gdyż ze względu na to, że Ziemia obraca się dookoła swojej osi, obraz Słońca będzie obracał się podczas przejścia, a w rezultacie tor ruchu cienia nie będzie prostoliniowy lecz zakrzywiony.

Co więcej, odległość między dwiema strunami będzie bardzo mała, więc długość obu strun będzie bardzo zbliżona.

Jak wyjaśniono powyżej, należy określić wielkość średnicy Słońca (D) i długość linii M_1 i M_2 , obliczonych w tych samych jednostkach miary.

Rys. 12 przedstawia, co można zobaczyć przy użyciu tej metody i oprogramowania astronomicznego.



Rys 12: Obraz wykonany przy pomocy pakietu astronomicznego z symulacją przedstawienia strun.

W oparciu o powyższy obraz, linie M_1 i M_2 , łączą punkty A_1 i A_2 oraz B_1 i B_2 (patrz Rys. 6) i mogą być zmierzone tak w milimetrach jak i pikselach, zależnie od tego czy pomiar jest dokonany linijką po wydrukowaniu obrazu, czy przy pomocy oprogramowania do analizy obrazów. Licencjonowane programy takie jak Photoshop albo Corel Draw, czy nawet Paint w Windowsach, jak też bezpłatne, takie jak Gimp, mogą być użyte w tym zadaniu. W zasadzie można użyć dowolnego oprogramowania, które pozwoli nam obliczyć wielkości obiektów na zdjęciu.

Dla obrazu testowego wartość średnicy Słońca D w pikselach wynosi 711, struna M_1 (B_1B_2) ma 565 pikseli, a struna M_2 (A_1A_2), 578 pikseli. Teraz należy obliczyć stosunek $A'B'$, gdzie $A'B'$ to, zgodnie z Rys. 9, odległość między dwoma strunami - odległość, która jest bezpośrednio powiązana z wartością $\Delta\pi$. Zatem możemy użyć wyrażenia:

$$\Delta\pi = A'B' = \frac{1}{2} \left[\sqrt{D^2 - (B_1B_2)^2} - \sqrt{D^2 - (A_1A_2)^2} \right]$$

I, podstawiając do Wyrażenia [1] otrzymujemy:

$$r_T = \frac{6662.9 \text{ [km]}}{8.79 \text{ [pikseli]} \cdot \epsilon \left[\frac{\text{sekundy łuku}}{\text{piksele}} \right] \cdot \left(\frac{\pi}{648000} \right) \left[\frac{\text{promień}}{\text{sekunda łuku}} \right] (1.397589 - 1)} = 147.8 \cdot 10^6$$

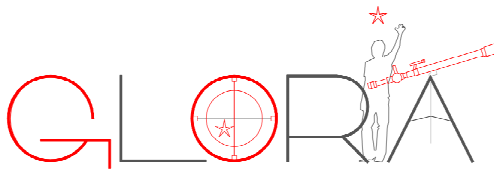
6 - Przydatne zasoby internetowe.

Przewidywania dotyczące transyżu w roku 2012:

<http://www.transitofvenus.nl/details.html>

Polska strona przejścia Wenus:

<http://www.vt2012.astronomia.pl/>



Bezpieczne metody obserwacji słońca:

<http://www.vt2012.astronomia.pl/observations.html>

Dane i przewidywania:

<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/transit/venus0412.html>

Transmisja tranzytu na żywo:

<http://www.sky-live.tv>

Naukowe ekspedycje grupy Shelios, obserwujące zjawiska astronomiczne:

<http://www.shelios.com>

Opis praw Keplera.

<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/kepler.html>

Opis obliczeń paralaksy słońca z przykładami:

<http://serviastro.am.ub.es/Twiki/bin/view/ServiAstro/CalculTerrasolapartirDeVenus>

oraz

http://www.imcce.fr/vt2004/en/fiches/fiche_n05_08_eng.html