

Tránsito de Venus: Guía del Profesor

Francisco Berthomieu, Frédéric Dahringer, Rainer Gaitzch, Michèle Gerbaldi, Alan Pickwick y Rosa M. Ros*

Se presenta un breve resumen para profesores sobre el tránsito de Venus. Se trata de un evento astronómico raro y especial, con muchos aspectos educativos relacionados con la historia, la ciencia, la tecnología, etc...

I. ¿Cómo introducir el Tránsito de Venus?

1. La Unidad Astronómica y el tránsito de Venus
2. ¿Cuándo se produce un tránsito de Venus?
3. Historia de las observaciones del tránsito
4. Exoplanetas y tránsitos

II. Cómo observar el tránsito de Venus

1. Si no tienes ningún instrumento
2. Si tienes un par de binoculares, un refractor o un reflector

III. Cómo anotar los tiempos de observación

1. Los tiempos de contacto
2. ¿Qué se necesita para anotar los tiempos de observación?
3. Tus observaciones y resultados

IV. Obtener la Unidad Astronómica en cuatro pasos sencillos:

Un método simplificado para calcular la Unidad Astronómica

1. Relación entre la Unidad Astronómica y el diámetro del Sol
2. Cálculo de las distancias reales sobre la superficie del Sol
3. Cálculo del diámetro real del Sol
4. Fórmula final para determinar la Unidad Astronómica

V. Enlaces de interés

I. ¿Cómo introducir el tránsito de Venus?

1. La Unidad Astronómica y el tránsito de Venus

La medición de la distancia entre la Tierra y el Sol es un objetivo astronómico importante, porque todas las distancias más grandes en el Universo se determinan paso a paso a partir de ella. Por ejemplo, las distancias entre el Sol y los planetas del Sistema Solar se expresan como múltiplos o funciones de la distancia Tierra-Sol. Por otra parte, las distancias a las estrellas más cercanas se encuentran utilizando el método de Paralaje Anual combinado con un conocimiento preciso de la distancia Tierra-Sol.

El 8 de junio de 2004 ocurrió un raro evento astronómico: un tránsito de Venus por delante del sol. El tránsito se vio en toda Europa, África y Asia, y representó una excelente oportunidad para los experimentos de cooperación para medir la distancia Tierra-Sol, también conocida como Unidad Astronómica. El próximo tránsito se producirá el 6 de junio de 2012.

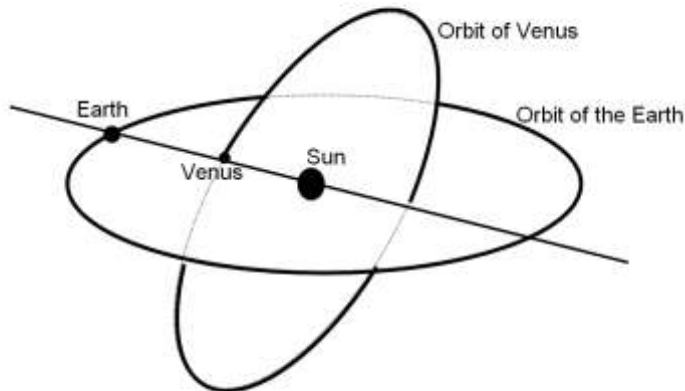
2. ¿Cuándo se produce un tránsito de Venus?

Un tránsito de Venus se produce cuando un observador en la Tierra ve el planeta pasar por delante del Sol.

Venus orbita entorno al Sol mucho más rápido que la Tierra y pasa por delante del Sol en línea recta a velocidad constante. Un tránsito ocurre cuando Venus está en conjunción inferior con el Sol - es decir, cuando Venus se encuentra entre el Sol y la Tierra.

Si el plano de la órbita de Venus alrededor del Sol coincidiera exactamente con el plano de la órbita de la Tierra, es decir el plano de la eclíptica, habría un tránsito en cada conjunción inferior, y los tránsitos se producirían casi todos los años. Sin embargo, este no ocurre, ya que el plano de la órbita de Venus forma un ángulo de $3,4^\circ$ con el plano de la eclíptica. Esto explica por qué los tránsitos se producen sólo en raras ocasiones.

A fin de que Venus sea visible en el disco del Sol, la latitud eclíptica de Venus debe ser menor que la mitad del diámetro aparente del Sol, es decir menos de 16 minutos de arco ($16/60^\circ$). Venus, por lo tanto, debe estar cerca de un nodo de su órbita, es decir, cerca de la intersección de su plano orbital con la eclíptica. En el diagrama, el ángulo se ha exagerado para mayor claridad.



Como consecuencia de estas condiciones, los tránsitos ocurren en pares de 8 años de diferencia. Cada par se produce aproximadamente cada 120 años. Estamos entre dos de estos tránsitos: el primero se produjo el 8 de junio de 2004, mientras el segundo se producirá el 6 de junio 2012. El anterior par de tránsitos tuvo lugar el 9 de diciembre de 1874 y el 6 de diciembre 1882.

3. Historia de las observaciones del tránsito

Los tránsitos de 6 de junio 1761 y 03 de junio 1769 estuvieron marcados por importantes campañas internacionales de observación en muchos lugares del mundo.

La primera persona en observar un tránsito de Venus fue Jeremiah Horrocks en 1639, que tuvo la idea de utilizar el tránsito para calcular la distancia Tierra-Sol. Sir Edmund Halley impulsó las campañas de observación de los tránsitos de 1761 y 1769 y Jean-Nicolas Delisle reunió todos los resultados juntos. Utilizaremos estos resultados para calcular la distancia Tierra-Sol y prepararnos para observar él del 6 de junio de 2012.

Los observadores fueron colocados tan lejos uno del otro como fue posible, a fin de mejorar la precisión de los cálculos. Se necesitó un número importante de observadores en caso de malas condiciones meteorológicas e incluso para asegurar de que iban a llegar a sus destinos con tiempo. Los lugares seleccionados se encontraban a menudo en regiones muy remotas y en aquella época los viajes eran peligrosos a raíz de los numerosos revuelos y guerras, como fue el caso en el Océano Índico, donde Inglaterra y Francia estaban en conflicto.

El tránsito de 1761 fue importante por ser la primera campaña científica en la historia coordinada a nivel internacional. Se organizaron más de 130 expediciones en todo el mundo para observar el tránsito.

En 1769 fueron enviados observadores a Pondicherry, a Madrás, a Santo Domingo, a la Baja California, a la bahía de Hudson en Canadá, a Tahití, a Vardö en Laponia, a Cajanebourg en la península de Kola y a Yakutsk, en Siberia. En total hubo 151 observadores en 77 lugares diferentes. Todas las expediciones tenían diferentes retos, algunos de ellos eran peligrosos, y los resultados no siempre estuvieron a la altura de las expectativas.

4. Exoplanetas y tránsitos

Desde el descubrimiento del primer planeta extrasolar (1995) por Michel Mayor y Didier Queloz (Observatorio de Ginebra, Suiza), han sido detectados más de 120 planetas extrasolares. La mayoría de estos descubrimientos se hicieron mediante el uso de técnicas de explotación de los efectos de la gravedad, que son importantes en el caso de los grandes planetas.

El tránsito de un planeta pequeño, más o menos del tamaño de la Tierra, por delante de una estrella, parecido al tránsito de Venus delante del Sol, produce una disminución de la luminosidad de la estrella durante el tránsito. Con las tecnologías actuales podemos detectar la caída relativa de luminosidad de 0,01%, típicamente producida por un planeta del tamaño de la Tierra. Este método de tránsito será probablemente el método más prometedor para descubrir planetas del tamaño de la Tierra en el futuro, y puede incluso conducir al descubrimiento de mundos habitables en otros sistemas solares.

II. Cómo observar el tránsito de Venus

¡ADVERTENCIA! ¡TEN CUIDADO!

NUNCA MIRAR DIRECTAMENTE AL SOL SIN PROTECCIÓN - ¡ESTO PUEDE CAUSAR CEGUERA TOTAL EN SEGUNDOS!

ASEGÚRATE SIEMPRE DE UTILIZAR LOS FILTROS ÓPTICOS ADECUADOS PARA PROTEGER TUS OJOS.

NUNCA MIRAR DIRECTAMENTE AL SOL POR UN TELESCOPIO, INCLUSO SI HAY FILTROS (¡SÓLO LOS PROFESIONALES VERSADOS EN ESTOS ASUNTOS PUEDEN HACERLO!)

1. Si no tienes ningún instrumento

Visto desde la Tierra el 6 de junio de 2012, Venus subtendrá un diámetro aparente de alrededor de un minuto de arco. Así, nuestro planeta hermano **se verá fácilmente sin necesidad de un instrumento** y será comparable en tamaño a las manchas solares más grandes. Sin embargo, sin tener un instrumento es inútil tratar de conseguir tiempos de observación útiles, como se describe en el capítulo III. A pesar de esto, podrás observar los fenómenos de dos maneras diferentes:

Observaciones directas utilizando **gafas especiales con filtros solares**, que son muy baratas. Sin embargo, tendrás que usarlas con cuidado: no rascar los filtros y no observar el Sol durante más de un minuto a la vez.

Puedes sustituir las gafas especiales con el filtro oscuro de un soldador. En este caso, utiliza un filtro de grado 14 (o superior).

El método de proyección usando una simple "cámara oscura". Coge una caja de cartón (una caja de zapatos o una más grande) y retira la tapa (si la hay) para ver el interior. Con una aguja o un clavo, haz un pequeño agujero en la cara frontal de la caja y pega un trozo de papel blanco (la pantalla) sobre la cara posterior interna.

Dirige la parte delantera de la caja (con el agujero) hacia el Sol y mira al interior de la pantalla. Deberías ver el disco solar con el grande punto negro de Venus. Si es necesario, ajusta el tamaño del agujero para obtener el mejor contraste posible.

También puedes utilizar un trozo grande de cartón cortando un agujero cuadrado (5x5 mm) y apuntándolo hacia el sol. Usa una hoja de papel blanco o una pared brillante para ver la proyección del disco solar. Se puede obtener una imagen más nítida colocando delante del agujero una lente de gafas convergente.

Puedes incluso comprar un instrumento barato especialmente diseñado para las escuelas a fin de observar los eclipses solares, las manchas solares, la rotación solar y unos eventos especiales como los tránsitos de Venus y Mercurio (ver el apartado "Enlaces").

2. Si tienes unos prismáticos, un refractor o un reflector

La observación directa del tránsito se puede hacer mirando a través de un instrumento óptico, pero tendrás que poner un **filtro solar especial** en la parte frontal del objetivo (o de los objetivos) si usas prismáticos o un refractor. Si utilizas un reflector, el filtro no se puede colocar justo delante del espejo, sino sobre el extremo abierto del tubo del telescopio.

Como los filtros solares ya hechos son caros, puedes comprar una lámina de filtro barata Astro Solar™ y construir un dispositivo fácil para mantener el filtro en el lugar correcto.

Si vas a usar binoculares, puedes preparar dos filtros (uno por cada objetivo) o un único filtro que se coloca sobre una lente. Pero en este caso no te olvides de CUBRIR el otro objetivo con un capuchón. De la misma manera, si estás usando un refractor o un reflector, es necesario cubrir el buscador del instrumento para evitar quemaduras accidentales.

¡TEN CUIDADO de no colocar un filtro solar en el ocular de un telescopio refractor o un reflector! Si el filtro está cerca del enfoque del instrumento, va a recibir una gran cantidad de energía solar y se calentará. A causa de este calentamiento el filtro se puede romper de repente, dejando tu ojo sin protección y en peligro de daños permanentes e incluso ceguera.

La observación de los fenómenos solares y afines a través de un instrumento protegido ofrece las mejores imágenes, pero es ineficiente, ya que sólo un estudiante a la vez puede mirar a través del instrumento. A menos que el instrumento esté equipado con una montura ecuatorial, tendrás que ajustarlo de vez en cuando para compensar la rotación de la Tierra. Si tienes pensado utilizar una montura ecuatorial, sigue las instrucciones incluidas con el instrumento o contacta con tu Nodo nacional para ayuda.

Si tienes la intención de anotar los tiempos de observación, sólo un estudiante a la vez será capaz de hacerlo. Una buena solución que permite a muchos estudiantes a seguir el tránsito como si se viera a través del telescopio es usar una cámara montada en el telescopio.

El método de proyección (¡el más seguro!) es el más adecuado si deseas que todos los estudiantes vean el tránsito al mismo tiempo. De esta manera no necesitas ningún filtro solar.

En primer lugar, acomoda todos los estudiantes cerca del telescopio, del lado del sol, para evitar el peligro que miren directamente a través del ocular. Apunta el instrumento sin protección en la dirección del Sol SIN MIRAR POR EL OCULAR O POR EL BUSCADOR, sino mirando a la sombra del instrumento y haciéndola lo más pequeña posible.

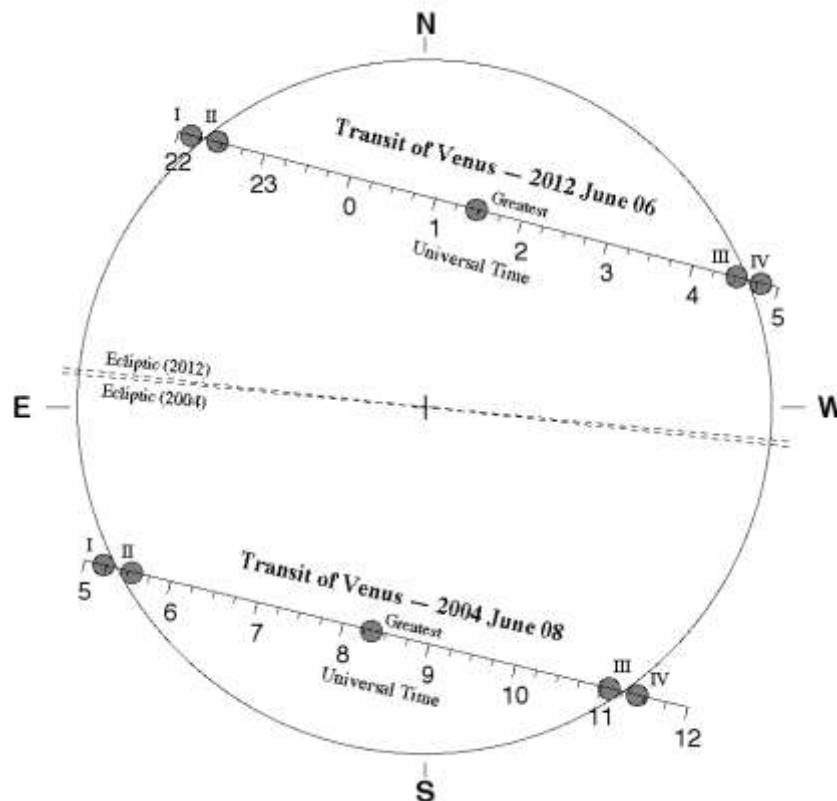
Cuando esté orientado correctamente, el dispositivo (binoculares, refractor o reflector) debe proyectar una imagen del Sol sobre una hoja blanca de papel colocada en un trípode o en una pantalla unida al propio instrumento. ¡Nunca dejar a nadie que interponga una pantalla delante del ocular! Cuanto más lejos del ocular está la pantalla, más grande y más tenue será la imagen. Prueba para una imagen de 10 cm de diámetro moviendo la pantalla y finalmente enfoca la imagen ajustando la posición del ocular.

Usando este método, todo el grupo de estudiantes puede observar el tránsito de forma simultánea y cada uno puede anotar los tiempos de observación y tomar fotos de los fenómenos. TEN CUIDADO de que ninguno de los

estudiantes mire a través del ocular. A menos que el instrumento esté equipado con una montura ecuatorial, de vez en cuando tendrás que ajustar su posición delante de la pantalla para compensar la rotación de la Tierra. Si vas a utilizar una montura ecuatorial, sigue las instrucciones incluidas con el instrumento o contacta con tu Nodo nacional para ayuda.

III. ¿Cómo anotar los tiempos de observación?

Si quieres hacer observaciones y recoger datos, es necesario determinar los tiempos de contacto, es decir los momentos en que Venus toca el limbo solar.



El paso de Venus frente al disco solar y los cuatro "contactos"

1. Los tiempos de contacto

La figura anterior muestra los cuatro "contactos":

I: el momento en que el disco de Venus "toca" por primera vez el limbo solar (el "primer contacto" T1)

II: el momento en que el disco de Venus ha pasado el limbo solar y está "dentro" del disco solar (el "segundo contacto" T2)

III: el primer momento en que el disco de Venus "toca" el otro lado del limbo solar (el "tercer contacto" T3)

IV: el momento en que el disco de Venus sale del limbo solar (el "cuarto / último contacto" T4)

2. ¿Qué es lo que se necesita para anotar los tiempos de observación?

- Un buen cronometrador

Determina la diferencia entre la hora universal y la hora local y expresa los tiempos de tránsito para tu ubicación en términos de UT. Los relojes radio-controlados siempre indican la hora exacta y se pueden encontrar fácilmente. Los GPS y los relojes de los ordenadores son menos fiables (incluso cuando se actualizan en la web por relojes atómicos).

- Un dispositivo para registrar los tiempos

Tendrás que determinar los tiempos de contacto al segundo más cercano. Un cronómetro será suficiente pero como es imposible hacer mediciones muy precisas, con solo mirar el reloj de cronometraje conseguirás un valor aceptable. A causa del efecto de gota negra, podrás dudar unos segundos antes de estar seguro del instante de contacto. Sólo tienes que restar un segundo desde el tiempo observado para tener en cuenta la reacción y los tiempos de retardo. No te olvides de expresar el valor en UT.

- Tu posición geográfica

Puedes determinar tu latitud y longitud usando un mapa geográfico. Una precisión de 1 minuto de arco (que corresponde a unos 2 km) es suficiente. Se recomienda también el uso del GPS.

3. Tus observaciones y resultados

Lo ideal sería que los cuatro tiempos de contacto fueran estimados y expresados en Tiempo Universal (UT). Los más fáciles son T3 y T2, a pesar del efecto de "gota negra". T4 es más difícil, pero menos que T1, que es casi imposible. Los tiempos pueden ser obtenidos por observación directa, utilizando el método de proyección o mediante el uso de imágenes de webcam.

IV. Obtener la Unidad Astronómica en cuatro pasos sencillos: Un método simplificado para calcular la Unidad Astronómica

Introducción

A continuación se presenta el método más simple para calcular la Unidad Astronómica a partir de las observaciones de Venus. El objetivo es que los estudiantes entiendan la idea principal. Haremos muchas simplificaciones para reducir al mínimo los conocimientos previos necesarios. No utilizaremos nociones de trigonometría ni el concepto de paralaje. Sólo se tienen que usar la longitud del perímetro del círculo, las proporciones y la Tercera Ley de Kepler.

1. Relación entre la Unidad Astronómica y el diámetro del Sol

Recordamos que el Sol, en su movimiento relativo aparente alrededor de la Tierra, describe un círculo de radio a , es decir la distancia Tierra-Sol (Unidad Astronómica). El diámetro angular del Sol es de aproximadamente 0,5 grados (fácil de medir por los estudiantes), y todo el círculo tiene 360 grados. Consideramos que la relación entre la longitud del perímetro de la circunferencia del Sol alrededor de la Tierra es de 360° y el diámetro del Sol es de $0,5^\circ$. Si llamamos D el diámetro real del Sol,

$$\frac{D}{0.5} = \frac{2 \pi a}{360}$$

y se puede obtener la Unidad Astronómica si se conoce el tamaño real del diámetro del Sol D , porque

$$a = 360 D / \pi \quad (1)$$

Ahora hay que determinar el diámetro D de las observaciones del tránsito de Venus.

2. Calcular las distancias reales sobre la superficie del Sol

Ahora tenemos que considerar la situación de la Tierra, el Sol y Venus durante el tránsito:

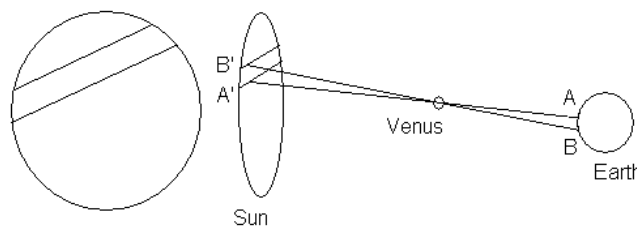


Figura1

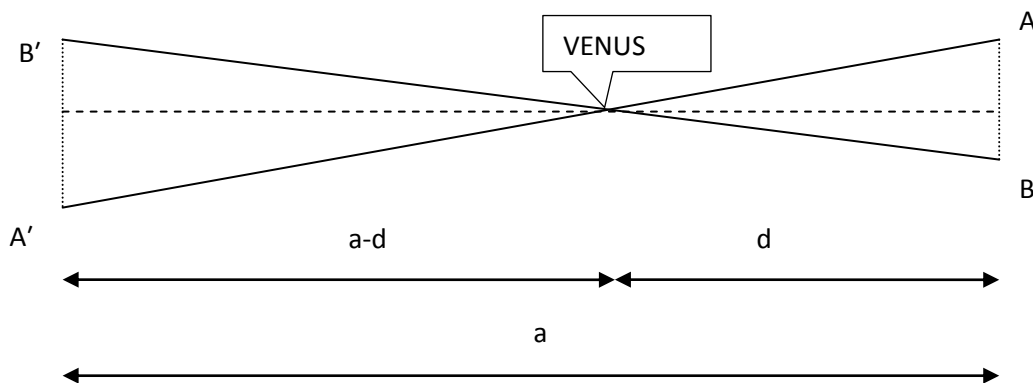


Figura 2

Consideramos los dos triángulos de la figura 2.

Se supone que el tránsito de Venus se observa desde dos lugares diferentes de la superficie de la Tierra: A y B. Para simplificar los cálculos, suponemos además que tanto A como B están en el mismo meridiano.

En la Figura 2, los triángulos ABV y A'B'V son similares, por lo que podemos considerar la proporción (Teorema de Tales).

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{a-d}{d} \quad (2)$$

El valor de $(a - d) / d$ se puede calcular por medio de la Tercera Ley de Kepler:

$$(a - d)^3 / a^3 = (T_V)^2 / (T_E)^2$$

donde T_V y T_E son los periodos de revolución de Venus y de la Tierra, respectivamente.

La duración de estos periodos es $T_V = 224,7$ días y $T_E = 365.25$ días.

Por ello $(a - d)^3 / a^3 = (224.7)^2 / (365.25)^2$ y esto da como resultado:

$$(A - d) / d = 2,61$$

Introduciendo este valor en la relación anterior (2) se obtiene

$$A'B' = 2,61 AB \quad (3)$$

donde la distancia AB, entre los dos lugares A y B en la Tierra, es conocida. Por lo tanto conocemos la distancia real entre A' y B' en la superficie del sol.

3. Calcular el diámetro real del Sol

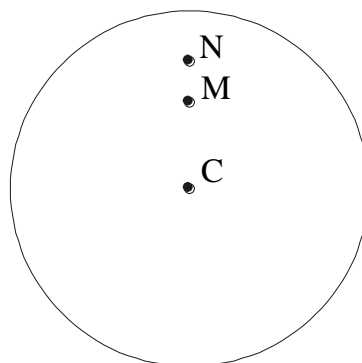


Figura 3

Utilizaremos observaciones hechas a partir de dos lugares diferentes. Dibujamos (Figura 3) los puntos M y N, que son las posiciones donde Venus se

ve si miramos hacia el Sol de la A y B en la Tierra. En la misma figura se puede medir el diámetro del Sol Δ y la distancia entre A' y B', que es MN. Introducimos el cociente

$$\frac{A'B'}{MN} = \frac{D}{\Delta}$$

(Nótese que los valores reales son A'B' y D, y los valores del dibujo son MN y Δ). De esta relación se calcula el diámetro real del sol. De hecho tenemos las medidas de Δ y MN de la fotografía, y sustituimos A'B' como se indica en (3).

$$D = 2,61 AB \frac{\Delta}{MN}$$

4. Fórmula final para determinar la Unidad Astronómica

Al introducir el valor D en la primera fórmula (1), podemos determinar a, que es la distancia Tierra-Sol:

$$a = \frac{939,6 AB \Delta}{\pi MN}$$

utilizando MN y Δ del dibujo (Figura 3) y la distancia real AB entre los dos lugares de observación. Nótese que la distancia AB no está en la superficie terrestre, sino en una línea recta como se puede ver fácilmente en las Figuras 1 y 2.

V. Enlaces de interés:

Sobre el tránsito de Venus de 2004, y los tránsitos de Venus en general:

http://www.imcce.fr/vt2004/en/fiches_eng.html

Visibilidad de las manchas solares:

http://bass2000.obspm.fr/solar_web.php

*Material realizado por miembros de EAAE para el Tránsito de Venus de 2004