



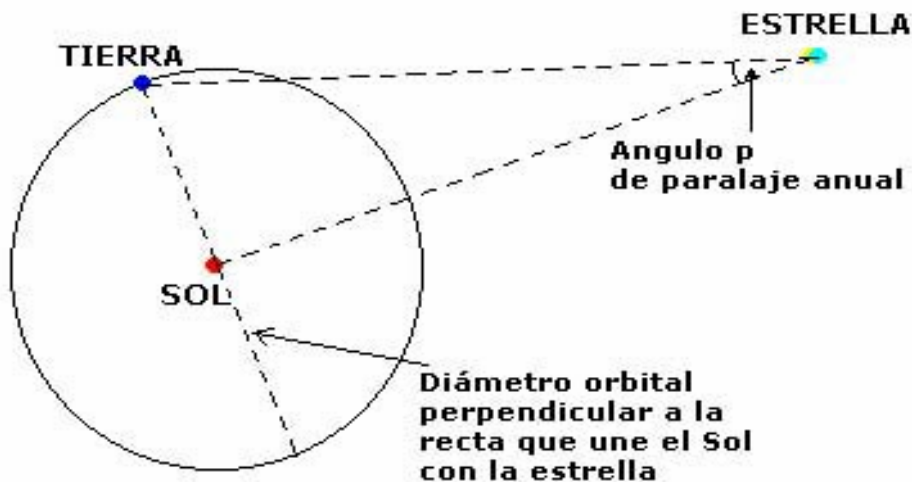
OBSERVATORIO DE TACANDE

PARALAJES ESTELARES, la 61 Cygni

Joan Genebriera - José Luís Doreste

Descripción

Se llama paralaje al ángulo formado por la dirección de dos visuales relativas a la observación de un mismo objeto desde dos puntos distintos A y B, suficientemente alejados entre sí y no alineados con él. En el caso que nos ocupa la base de medición es el diámetro de la órbita terrestre.



¡Es simplemente fascinante que empleando pura geometría podamos ser capaces de determinar la distancia a las estrellas!

Puesto que el paralaje es un método totalmente geométrico, podemos decir que con el culmina el trabajo que empezaron los geómetras griegos hace más de 2.300 años.

Resulta sorprendente que no se encuentren referencias recientes a ningún tipo de trabajo semejante en el mundo profesional y/o amateur ¡Solo artículos escritos a principios del siglo pasado en 1905! de lo que se deduce que en la actualidad este tipo de trabajo se realiza de forma automática en grandes centros de cálculo que emplean los datos proporcionados por satélites.

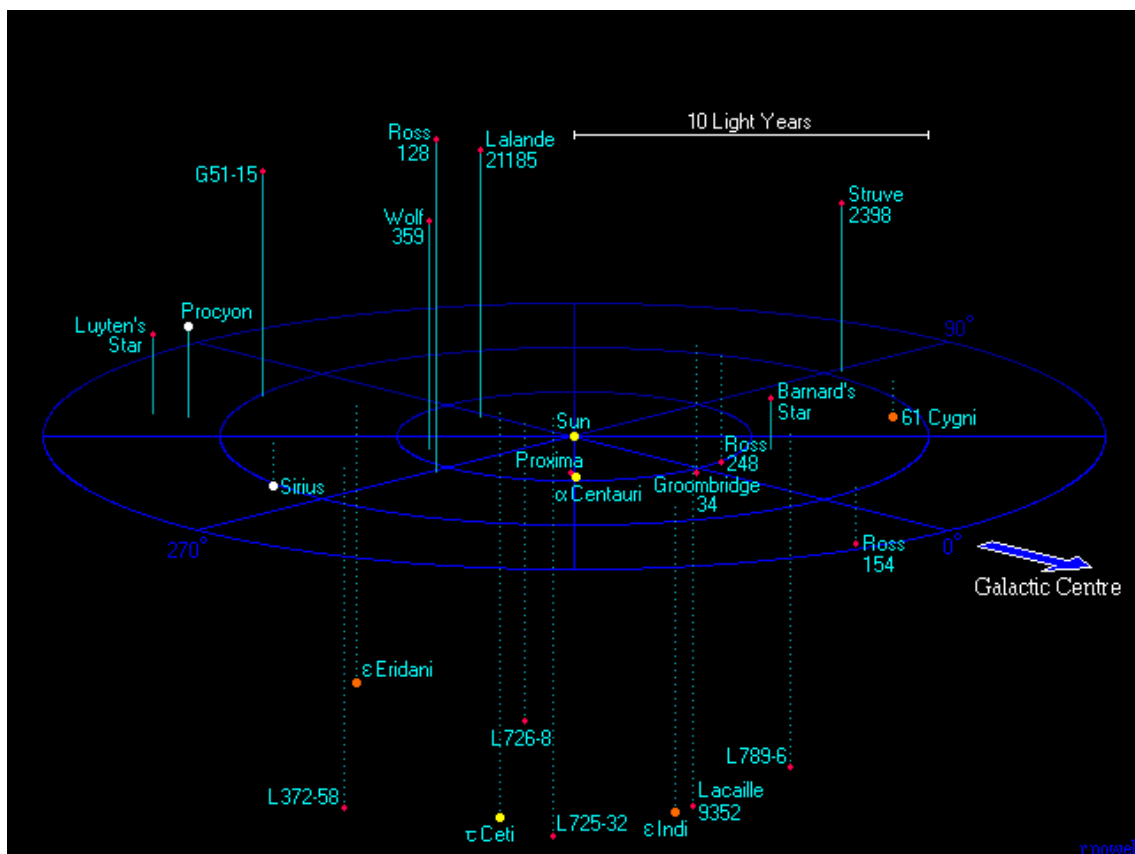
La estrella

La estrella 61 del Cisne, uno de los objetos históricamente más interesantes del cielo. Se trata de un sistema binario de magnitudes muy parecidas (A) mag: 5,30 y (B) mag: 6,03 esta ultima de clase espectral K7V. La distancia de las componentes es de 32" por lo que se separan cómodamente empleando un telescopio pequeño.

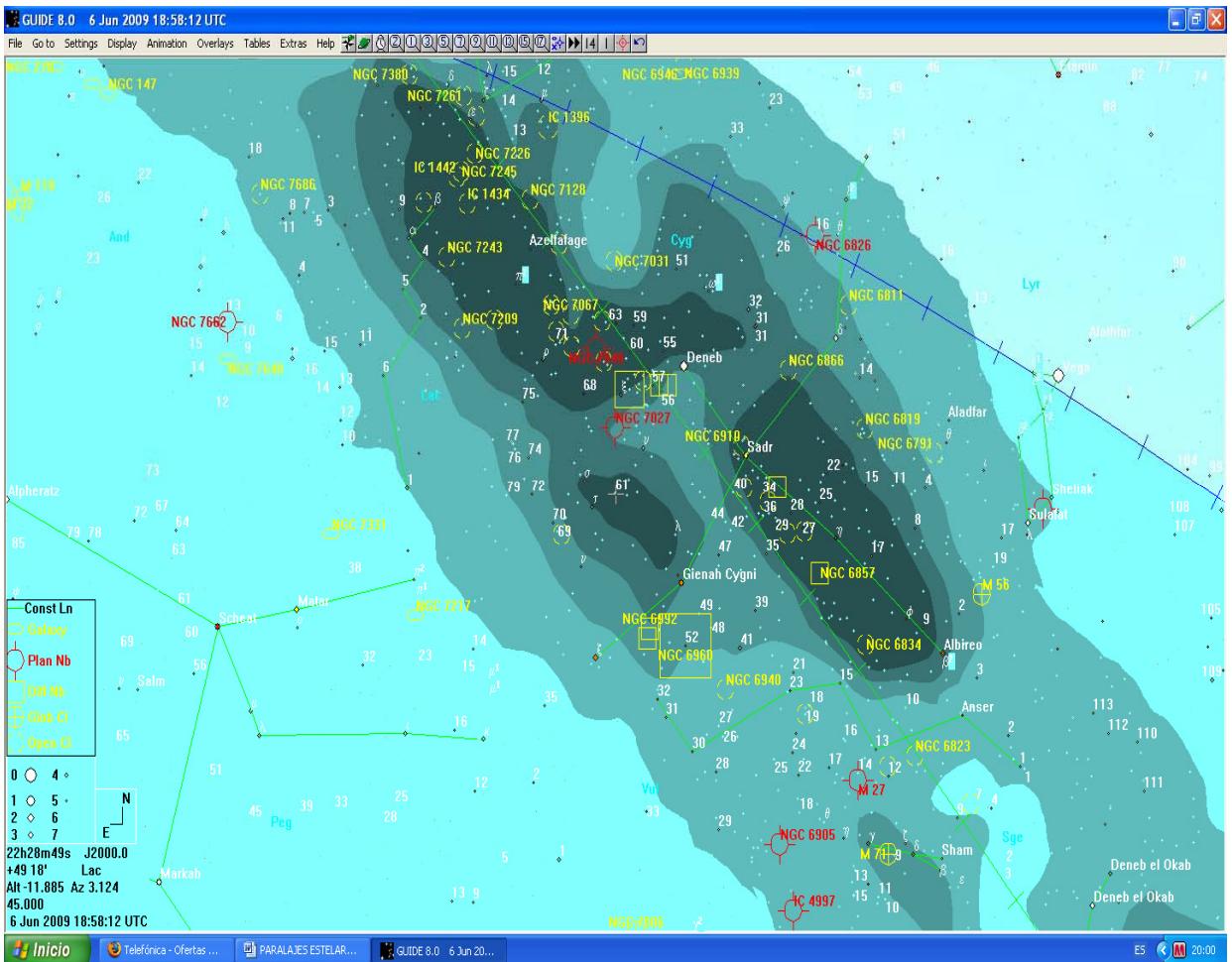
Ya en 1792 el astrónomo Piazzzi detecto en esta estrella un movimiento propio importante de 5,22" por año en dirección NE (PA=52°), lo cual indica proximidad.

Dentro de las estrellas cercanas visibles a simple vista, la 61 del Cisne es la cuarta, después del sistema de alfa del Centauro, epsilon Eridani y alfa Canis Majoris (Sirius) y aunque cercana, la medición de su paralaje es más difícil que las anteriormente citadas.

Pero lo importante para nosotros es que en el año 1838 el astrónomo alemán F.W.Bessel consiguió por vez primera la medición de la distancia a una estrella empleando un método trigonométrico. Bessel detecto un paralaje de 0,314" y calculo la distancia en 10,4 años luz. El valor aceptado actualmente de paralaje es de 0,28547" o $11,36 \pm 0,06$ años luz.



Estrellas en el entorno inmediato del Sol (crédito Atlas of the Universe)



Posición de la estrella **61 Cygni** en el mapa estelar "Guide". Se encuentra en la cruz pequeña del centro del gráfico.

Procedimiento

La dificultad de este cálculo está en el hecho de que el paralaje de una estrella es siempre un valor muy pequeño (menor de 0,768") lo que limita su empleo a unos 300 a.l con la tecnología actual y al que se superponen las variaciones de nutación, aberración anual, (ver notas siguientes) movimiento propio de la estrella e inevitables errores instrumentales, por lo que para obtener el valor verdadero de posición, debemos aplicar correcciones a los datos de posición aparente.

notas*

Nutación.- La nutación es una pequeña "oscilación" elíptica de ejes 18 x 14 segundos de arco del eje polar terrestre. Este efecto es debido al hecho de que la órbita lunar no es coincidente con la eclíptica. El valor de la llamada constante de nutación es de 9,207"

Aberración anual.- En 1728 el astrónomo británico Bradley descubrió que las estrellas aparecían ligeramente desplazadas en dirección del movimiento de nuestro planeta. La causa de este efecto se debe a que la velocidad de traslación terrestre es una fracción pequeña, pero apreciable, de la velocidad de la luz. El valor máximo de la aberración anual puede ser de 20,49".

Movimiento propio.- Aunque todas las estrellas tienen movimiento propio este es más perceptible en las que se encuentran cerca del Sistema Solar. En nuestro caso el movimiento propio de la estrella 61 del Cisne es de 4,10917" en AR y de 3,14417" en DEC. por año. (datos de la base SIMBAD)

El procedimiento básico empleado en este trabajo consistió en la determinación precisa de la posición verdadera de la estrella 61 Cygni-B, empleando el software de Herbert Raab "Astrometrica", en dos puntos de la órbita terrestre separadas el máximo posible (aproximadamente $300 \cdot 10^6$ Km.) o sea con una separación temporal de 6 meses.

Hay que hacer una matización importante y es que cuando una imagen ha sido calibrada empleando Astrometrica, su posición se ha determinado con respecto a una base de datos de estrellas de referencia, es decir, se trata de una posición verdadera y NO hay que aplicar correcciones de nutación/aberración, solo debemos de tener en cuenta la corrección por movimiento propio.

Pero en 1861, Bessel si tuvo que aplicar todas las correcciones porque evidentemente no existía una base de datos precisa elaborada por un satélite (Hiparcos). Sin embargo en nuestros días, las correcciones completas de nutación, aberración y movimiento propio aun son de aplicación cuando debemos posicionar un telescopio con precisión o cuando medimos el tránsito de una estrella con un anteojo meridiano.

Puesto que la 61 Cygni es bastante brillante y deseamos obtener la posición a 1/10 de píxel, los tiempos de integración son cortos para no saturara la imagen (del orden de 5-8 segundos). Se empleo el telescopio Cassegrain Relay de 400mm a f/6,5 y la cámara CCD ST8XE del observatorio de Tacande. Las imágenes obtenidas tenían una S/N de 2.000 aproximadamente y se emplearon 40 estrellas de referencia para determinar con precisión la posición astrométrica.

Las dos imágenes siguientes tomadas con un intervalo de 5 años, ilustran claramente el movimiento propio del sistema de 61 Cygni. Si se comparan ambas imágenes se observa perfectamente el desplazamiento hacia el NE.

Notar que las dos imágenes fueron obtenidas a través de telescopios de distinta longitud focal por lo que el factor de escala es distinto entre ambas.

← E

N

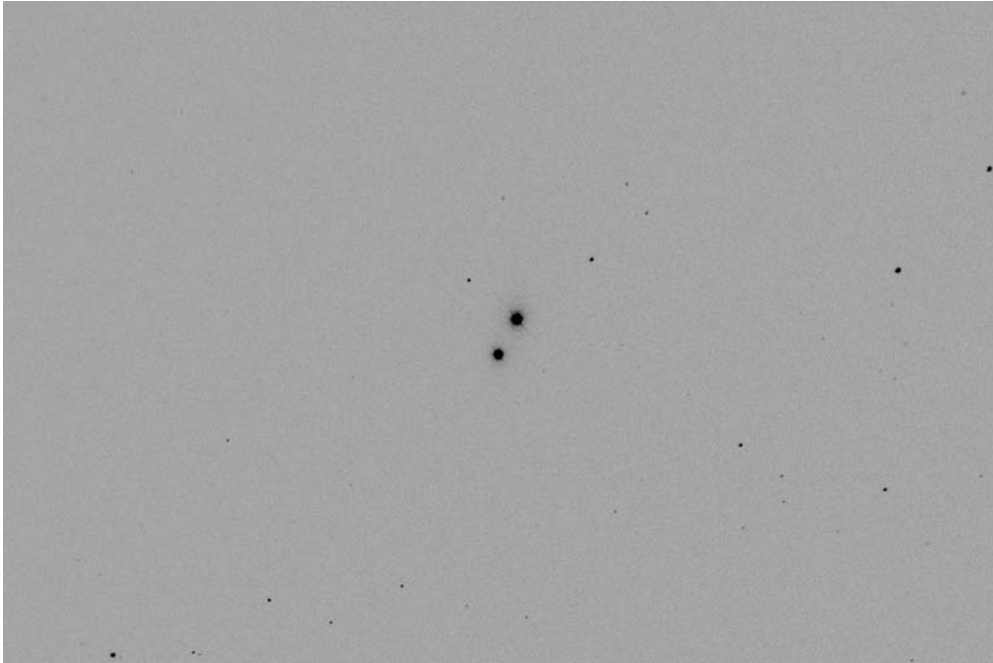
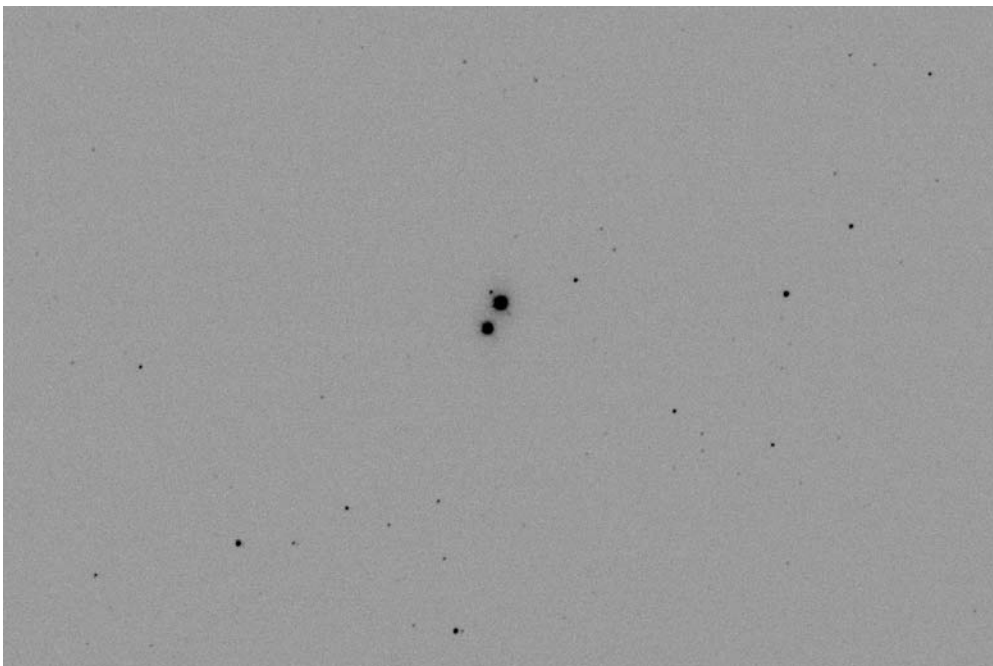


Imagen de la estrella binaria **61 Cygni** (en el centro de la imagen) el **02/09/2003** con un telescopio de 3910 mm. de focal. Imagen del autor. Observatorio KVA (ORM), La Palma.



La binaria **61 Cygni** el **31/05/2009** a través de un telescopio de 2614 mm. de focal. Imagen del autor. Observatorio de Tacande, La Palma.

Cálculo

- Las ecuaciones principales y sus resultados están en negrita
- Aunque suelen emplearse grados decimales en cálculos de posición, en este trabajo y a causa de su brevedad, se han omitido.

Posiciones aparentes medidas con el software Astrometrica

Medida del 17 Noviembre de 2008 a 20:30:00 TU

AR: 21 06 58,346 +38° 44' 59,23"

Medida del 31 Mayo de 2009 a 02:49:00 TU

AR: 21 06 58,585 +38° 45' 01,07"

Primero debemos aplicar la corrección por movimiento propio, solo a la medición de Mayo.

Según la base de datos SIMBAD el movimiento anual de esta estrella es de 4109,17 mas/y en AR y de 3144,17 mas/y en DEC. (1 mas = 0,001 segundos de arco/año) y el tiempo transcurrido entre las fechas de Noviembre y Mayo es:

Asumiendo una corrección horaria de $\Delta T = 78$ seg., (leer nota) se obtiene la hora en tiempo dinámico (TD) con la expresión....

nota.- De acuerdo a Jean Meeus, Astronomical Algorithms pagina 71

$$\mathbf{TD = TU + \Delta T} \quad \text{con lo que las fechas pasan a ser:}$$

17 noviembre de 2008, 20:30:00 TU + 78 seg. = 20:31:18 TD

31 mayo de 2009, 02:49:00 TU + 78 seg. = 02:50:18 TD

Con esos días y las horas en TD, podemos obtener los valores de días Julianos de efemérides (JDE) empleando algún convertidor de fechas (Guide, TheSky)

17 noviembre de 2008, 20:30:00 TU = 20:31:18 TD JDE₁= **2454788.3551**

31 mayo de 2009, 02:49:00 TU = 02:50:18 TD JDE₂= **2454982.5766**

TD: Tiempo dinámico
JDE: Fecha Juliana de Efemérides
 ΔT : Corrección horaria

2454982,5766 - 2454788,3551 / 365,25 = 0,5317 años (tiempo transcurrido)

Y ahora ya podemos calcular el desplazamiento por movimiento propio que es de....

$$AR = 0,5317 * 4,10917 = 2,18484''$$

$$\text{corrección de escala } 2,18484 / 15 * \cos 38,75 = 0,18676 \text{ s}$$

$$DEC = 0,5317 * 3,14417 = 1,67175''$$

Puesto que la estrella tiene un movimiento NE, debemos restar los datos anteriores de la medida de Mayo...

$$AR: 21\text{h } 06\text{m } 58,585\text{s} - 0,18676\text{s} = 21\ 06\ 58,39824$$

$$DEC: +38^\circ 45' 01,07'' - 1,6717'' = +38\ 44\ 59,3983$$

Y ya tenemos los valores de trabajo....

Coordenadas verdaderas

Medida del 17 Noviembre de 2008 a $JDE_1 = 2454788.3551$

$$AR: 21\text{h } 06\text{m } 58,346\text{s} \quad DEC: +38^\circ 44' 59,230''$$

Medida del 31 Mayo de 2009 a $JDE_2 = 2454982.5766$

$$AR: 21\text{h } 06\text{m } 58,3983\text{s} \quad DEC: +38^\circ 44' 59,3983''$$

Resultados

$$AR: = 21\ 06\ 58,346 - 21\ 06\ 58,39824 = -0,05224$$

$$\text{corrección de escala } 0,05224 * 15 * \cos 38,75 = -0,6111''$$

$$DEC: = 38\ 44\ 59,23 - 38\ 44\ 59,3983 = -0,1683''$$

El paralaje debe ser la mitad del vector diagonal de las anteriores diferencias en valor absoluto (sin signo).

$$\text{Paralaje} = \frac{1}{2} * (0,6111^2 + 0,1683^2)^{-0,5} = 0,316''$$

¡Es curioso que el paralaje obtenido coincida casi exactamente con el que obtuvo Bessel en 1838!

Puesto que 1 pársec es igual a 3,26 años luz, las medidas indican que 0,316'' de paralaje representa una distancia a la estrella 61 Cygni de $3,26/0,316 = 10,31 \text{ a.l.}$ (años luz).

Los dos valores de paralaje y distancia están en buena armonía con los valores admitidos de **0,285"** y **11,36 ± 0,06 años luz**, respectivamente.

notas:

La diferencia entre el paralaje obtenido de 0,316" y el verdadero de 0,285" pueden deberse al hecho que la segunda medición no pudo realizarse a los 6 meses exactamente (0,5317 años) y a pequeños errores en las medidas y el calculo.

En el caso de desear calcular la distancia por medios trigonométricos, deberíamos corregir según el ángulo que presenta la línea que une las dos posiciones de la Tierra, con respecto a la dirección de la estrella.

Referencias:

- Software de Astrometría CCD "Astrometrica" www.astrometrica.at
- Software de Astronomía de posición "Alcyone Ephemeris" www.alcyone.de
- Software de Cartografía estelar "Guide" <http://www.projectpluto.com/>
- Datos de comprobación en : [Solar Position Algorithm \(SPA\)](http://www.nrel.gov/midc/solpos/spa.html).
<http://www.nrel.gov/midc/solpos/spa.html>
- Existe una extensa base de datos Astronómicos en "Aladin"
<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>
- Puede obtenerse una información interesante sobre Astronomía de posición y las ecuaciones de cálculo en los siguientes libros:

"Astronomical Algorithms" de Jean Meeus, ISBN 0-94396-35-2

"Explanatory Supplement Astronomical Almanac" del U.S. Naval Observatory, ISBN 978-1-891389-45-0

"Telescope Control" de Trueblood and Genet, ISBN0-943396-53-0
- Software de cálculo matemático:
"Octave" <http://www.gnu.org/software/octave/>

"Derive 6" <http://derive.uptodown.com/>

Se ruega citar el origen para su reproducción parcial o total. Gracias.

Joan Genebriera, Observatorio de Tacande, AAP