

Júpiter, Lagrange y CCDs

Este artículo forma parte de un pequeño trabajo de investigación para la asignatura Mecánica y Ondas I de 2º de Ciencias Físicas dirigido por Enrique Maciá Barber. Queríamos demostrar hasta qué punto ha llegado la astrofotografía de los aficionados que nos permite hacer cálculos de órbitas de satélites en otros planetas. En nuestro caso nos fijamos el objetivo de calcular la órbita de Ganímedes.

El primer paso es recopilar las imágenes, José Antonio Soldevilla nos cedió muy amablemente las suyas. Fueron las elegidas por tener suficiente resolución para hacer las mediciones astrométricas y por ser un claro exponente del nivel que tienen los astrofotógrafos españoles.

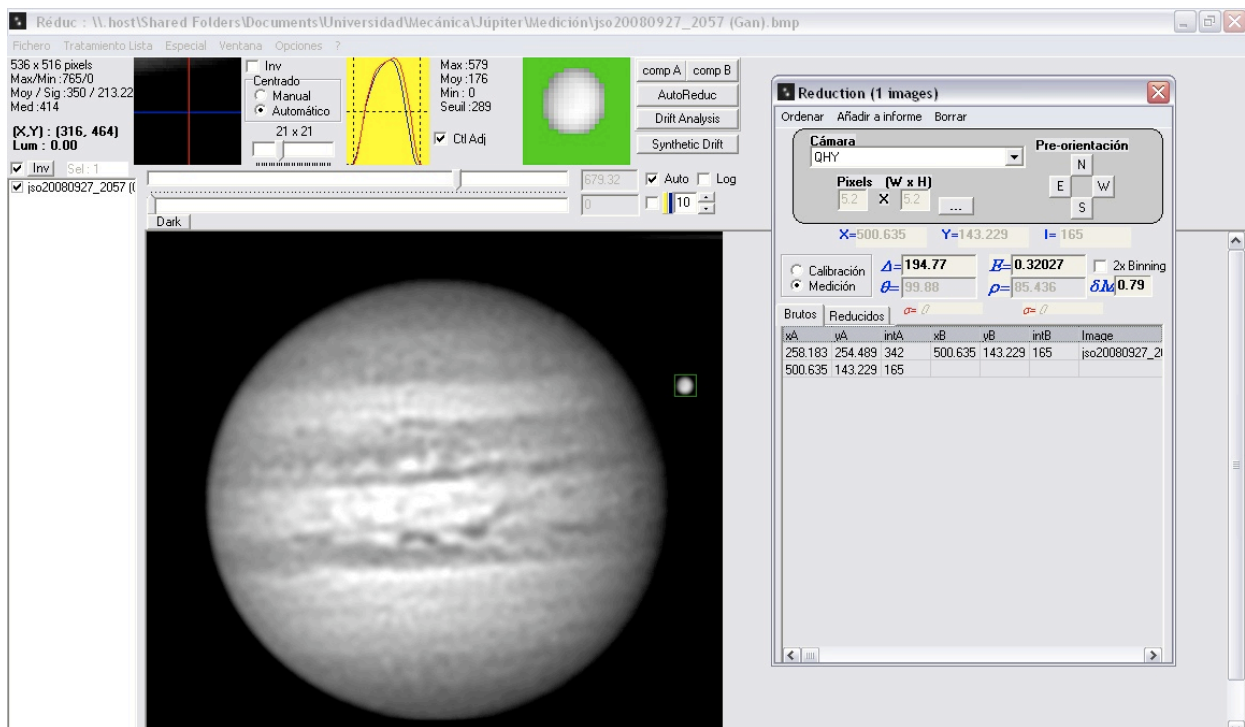


Júpiter y Ganímedes (autor: Jose Antonio Soldevilla)

Calibración y medición

El programa que mejor se adaptaba a nuestro proyecto es el Reduc¹ tan conocido por los aficionados a las estrellas dobles nos permite medir la distancia del centroide del planeta al satélite sin necesidad de usar estrellas de calibración.

Una vez tenemos el programa cargamos la imagen de Júpiter con Ganímedes hacemos clic con el botón izquierdo y luego con el derecho sobre el planeta y nos saldrá una imagen que no cerraremos. Volvemos a hacer clic izquierdo y derecho sobre el satélite para tomar sus datos de posición.



Captura de pantalla del software Reduc

En la ventana *reduction* que se abrió se habrán fijado los valores x_A , y_A , int_A y x_B , y_B e int_B . Como sabemos con qué tipo de cámara ha tomado las imágenes seleccionamos QHY y fijamos la orientación de la foto con los botones.

¹ Creado por Florent Losse de distribución gratuita

Júpiter, Lagrange y CCDs

Para calibrar el programa necesitamos unos datos tabulados de la separación y del ángulo de posición. Introducimos estos datos y volvemos a seleccionar medición. El programa ya está calibrado.

Ahora vamos a hacer la medición. Dejamos la ventana de calibración a un lado y elegimos una imagen a medir, pulsando sobre su nombre en la lista de archivos a la derecha. A continuación elegimos el planeta haciendo clic con el botón izquierdo y aparece un recuadro verde. Pulsamos de nuevo sobre él con el botón derecho y aparecen nuevos datos en la ventana de reducción que de momento ignoramos y repetimos lo anterior con el satélite.

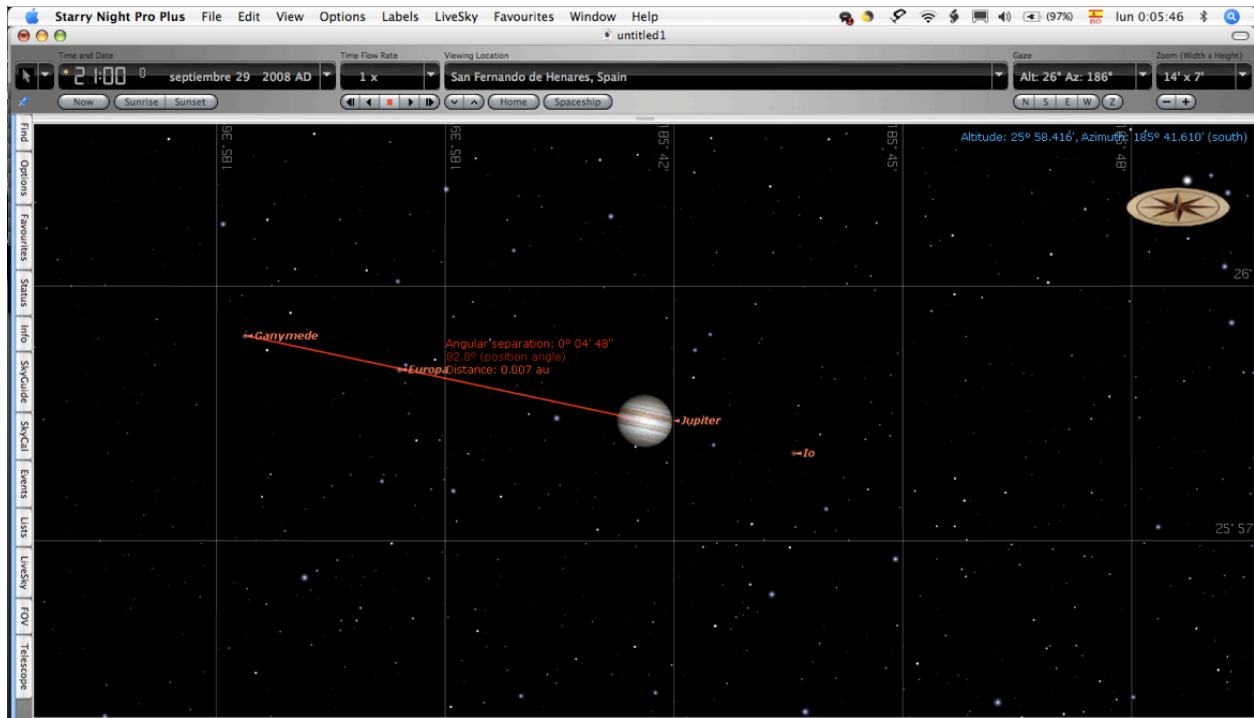
Ahora vamos a la ventana *reduction* y seleccionamos la pestaña *reducidos*. En la segunda fila tenemos los valores para el ángulo y separación que obtenemos.

Toma de datos con Starry Night

Las medidas con *Reduc* nos servirán para comprobar si es lo suficientemente exacto nuestro planetario o debemos escoger otro. Junto a cada imagen real hacemos una serie de medidas con el planetario virtual. Comprobamos que el *Starry Night* es más preciso que lo que nos esperábamos en un principio.

Para tomar los datos habilitamos la medición de separación y posición angular en las preferencias del programa, después fijamos la fecha y hora de la imagen que vayamos a comprobar. Pinchamos sobre el planeta y, con el botón izquierdo pulsado arrastramos hacia el satélite, en nuestro caso Ganímedes. En ese momento nos aparecerá en rojo los datos que buscábamos. Tomamos todos los datos que veamos necesarios hasta completar al menos una revolución de nuestro satélite.

Júpiter, Lagrange y CCDs



Captura de pantalla del Starry Night con un ejemplo de las mediciones.

Cálculo del periodo de Ganímedes.

Con los datos obtenidos para este satélite podemos hallar el valor de su periodo orbital. Introducimos los datos en el programa *OriginLab* y obtenemos una curva del tipo sinusoidal que se ajusta a la perfección con con la proyección sobre un plano del movimiento de traslación del satélite. A partir de dos pasos sucesivos por el centro del planeta, uno delantero y otro trasero calculamos su semiperiodo. Lo hacemos en dos partes en vez de en una revolución completa para minimizar los errores.

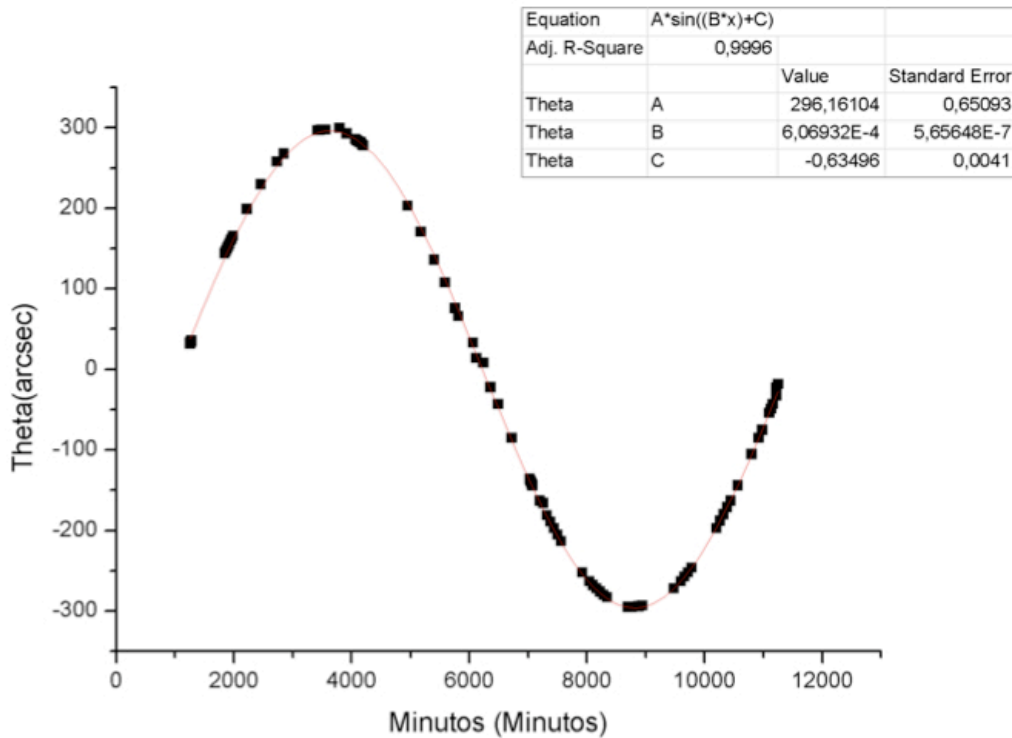


Gráfico de las medidas tomadas y su ajuste a una curva de tipo senoidal

Con los datos anteriores obtenemos que el valor del semiperiodo es:

$$T_{1/2} = 5176,185587 \text{ (min)}$$

Por lo tanto el valor de un periodo es

$$T = 10352 \text{ (min)}$$

Si lo comparamos con el valor real $T=10362,6 \text{ (min)}$ vemos que nuestro resultado es bastante preciso, cometemos un error de tan solo 0,09%

Cálculo del radio orbital

De bachillerato conocemos la fórmula de Kepler que nos relaciona el radio y el periodo orbital, más conocida como *Tercera Ley de Kepler*. Para poder hacer los cálculos necesitamos saber la masa de Júpiter, podríamos calcularla de forma experimental si hubié-

Júpiter, Lagrange y CCDs

semos medido más de un satélite, pero, como no pudimos, hemos tomado su valor tabulado. La masa del satélite la consideramos despreciable frente a la del planeta por ser muy pequeña y la órbita la consideramos circular por tener una excentricidad de apenas un 0,0015%. Al considerarla circular simplificamos muchísimo los cálculos. Después de estas simplificaciones sustituimos en:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}}$$

Nos queda que para nuestros valores el radio medio de la órbita de Ganímedes es de 1.073.720,086 Km si lo comparamos con el último dato oficial, 1.070.400 Km vemos que cometemos un error de un 0,3%

Conclusión

Con todos los datos anteriores podemos comprobar que a partir de unas fotografías de aficionado podemos comprobar la exactitud de un programa comercial y tenemos unas precisiones muy altas en las medidas. No es nada descabellado utilizar el trabajo de aficionados para investigaciones de alto nivel.

En un futuro, esperamos que cercano, el trabajo se ampliará a los otros 3 satélites galileanos, Ío, Calixto y Europa. Con los datos que obtengamos podremos calcular la masa de Júpiter y tendremos en consideración la masa de cada uno de los satélites y la excentricidad para ajustar aun más sus órbitas.

Se puede encontrar el trabajo íntegro en:

http://web.mac.com/carlosz22/De_la_A_a_la_CETA/Recursos.html

Júpiter, Lagrange y CCDs

Autores:

Carlos Eugenio Tapia Ayuga

Rafael Campillos Ladero

Somos estudiantes de Ciencias Físicas en la Universidad Complutense de Madrid