



ACTIVIDAD 1

Curva de luz de asteroides

Por

Sr. **Juan Carlos Casado**. Director Observatorio de Castellfollat, Barcelona.

Dr. **Miquel Serra-Ricart**. Astrónomo Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife.

1.- Objetivo y definiciones.

El objetivo de esta actividad es la obtención de una curva de luz de un asteroide a partir de observaciones realizadas mediante una cámara CCD o una cámara digital para deducir el periodo de rotación del asteroide.

Curva de luz. En astronomía se denomina curva de luz a una representación bidimensional (ejes cartesianos X-Y) de la luminosidad o brillo de un objeto (eje Y) frente a una escala de tiempos (eje X, por ejemplo, horas o días).

2.- Instrumentos y método.

2.1.- Instrumental necesario.

Cámara astronómica con sensor CCD o cámara digital réflex con sensor CMOS o CCD. La cámara la deberemos acoplar a un telescopio que disponga de motores de seguimiento.

Ordenador portátil con algún software de reducción y análisis de imágenes (para más detalles ver Unidad Didáctica Observaciones Astronómicas con Webcam y CCD en apartado 3). También es muy conveniente disponer de algún programa para el tratamiento de los datos (por ejemplo, Excel).

2.2.- Metodología.



La actividad consistirá en obtener una curva de luz de un asteroide a partir de medidas de la magnitud instrumental del asteroide y dos estrellas de comparación.

Normalmente las curvas de luz de los asteroides suelen ser variables debido a la combinación de su rotación y su forma irregular. Si el asteroide no rotara siempre nos mostraría la misma superficie y, por tanto, siempre presentaría el mismo brillo (recordemos que los asteroides brillan pues reflejan la luz del Sol en su superficie). Si el asteroide rotara pero su forma fuera la de una esfera perfecta tampoco presentaría variabilidad (si toda la superficie presentara el mismo albedo o porcentaje de reflexión de la luz solar). Pero la realidad es que tanto la superficie como la forma de los asteroides son irregulares por lo que al rotar nos muestran distintas zonas que se traduce en variaciones de brillo. Lo realmente interesante es que las variaciones de brillo son periódicas posibilitando un cálculo del periodo de rotación del asteroide a partir de una inspección visual de su curva de luz (distancia entre dos máximos o mínimos).

2.2.1.- Consideraciones previas.

De entre los muchos asteroides conocidos si queremos realizar una práctica que consista en calcular una curva de luz deberemos seleccionar alguno que cumpla:

- No sea demasiado débil.
- Su periodo de rotación esté alrededor de las cinco horas. De esta forma podremos ver una rotación completa a lo largo de una noche.
- Tenga una variabilidad de décimas de magnitud. Variaciones de brillo más pequeñas serán difíciles de detectar por los errores de medida.

3.- Actividades propuestas.

La actividad propuesta para la práctica es la medida de la curva de luz de un objeto variable, como un asteroide mediante el método de la comparación que exponemos a continuación.



Paso 1. Obtención de una secuencia de imágenes con el asteroide y dos estrellas de comparación. Es muy importante tener en cuenta varias propiedades:

- El asteroide y las estrellas de comparación deben ser observados de forma simultánea, es decir, deben estar contenidos en el mismo campo.
- Las estrellas de comparación y el asteroide deben tener brillos semejantes.
- Debemos asegurarnos que ninguna de las estrellas de comparación es variable o presenta variaciones esporádicas.

Paso 2. Cálculo de las magnitudes instrumentales (es recomendable usar algún filtro pero también puede realizarse sin filtros) del asteroide y las estrellas de comparación (para más detalles ver apartado Análisis de las imágenes. Fotometría de la Unidad Didáctica Observaciones Astronómicas con Webcam y CCD).

A partir de la secuencia de imágenes obtenidas con el detector, calcularemos las intensidades o flujos de los objetos y a partir de éstos las magnitudes instrumentales, para cada imagen o tiempo (t), según la siguiente relación:

$$m_{ast}(t) = A - 2,5 \log(F_{ast}(t))$$

$$m_{com1}(t) = A - 2,5 \log(F_{com1}(t))$$

$$m_{com2}(t) = A - 2,5 \log(F_{com2}(t))$$

,donde $F_{ast}(t)$, $F_{com1}(t)$, $F_{com2}(t)$ son los flujos del asteroide y las estrellas de comparación 1 y 2, respectivamente, y $m_{ast}(t)$, $m_{com1}(t)$, $m_{com2}(t)$ sus magnitudes para una imagen obtenida en el instante (t), mientras que A es una constante que depende del sistema (cielo+telescopio+detector). Finalmente, si calculamos la diferencia de magnitudes obtendremos:

$$\begin{aligned} \Delta m(t) &= m_{ast}(t) - m_{com1}(t) = [A - 2,5 \log(F_{ast}(t))] - [A - 2,5 \log(F_{com1}(t))] = \\ &= 2,5 \log(F_{com1}(t)) - 2,5 \log(F_{ast}(t)) = 2,5 \log\left(\frac{F_{com1}(t)}{F_{ast}(t)}\right) \dots \text{ecuación 1} \end{aligned}$$



$$\Delta m_{estrellas}(t) = m_{com2}(t) - m_{com1}(t) = [A - 2,5 \log(F_{com2}(t))] - [A - 2,5 \log(F_{com1}(t))] = 2,5 \log(F_{com1}(t)) - 2,5 \log(F_{com2}(t)) = 2,5 \log\left(\frac{F_{com1}(t)}{F_{com2}(t)}\right) \dots \text{ecuación 2}$$

Paso 3. De las anteriores ecuaciones podemos obtener las curva de luz del asteroide y, muy importante, una estimación del error de los puntos de la curva de luz. Representando los valores de la ecuación para los distintos tiempos obtendremos la curva de luz de nuestro asteroide en el intervalo observado. Si representamos la ecuación 2 obtendremos la curva de luz de la estrella de comparación 2 y podemos deducir dos cosas:

1. Si la representación no es una recta constante significará que alguna de las estrellas es variable y, por tanto, no podemos usarlas para el cálculo de la curva de luz del asteroide. Debemos elegir otras estrellas de comparación.
2. Si obtenemos una constante podemos calcular la dispersión de los puntos (simplemente la desviación estándar o sigma de $\Delta m_{estrellas}(t)$ calculada para todas las imágenes o tiempos). La dispersión calculada será una estimación del error de la curva de luz del asteroide y estará relacionada con la calidad de la noche de observación y de la instrumentación utilizada (telescopio+detector).

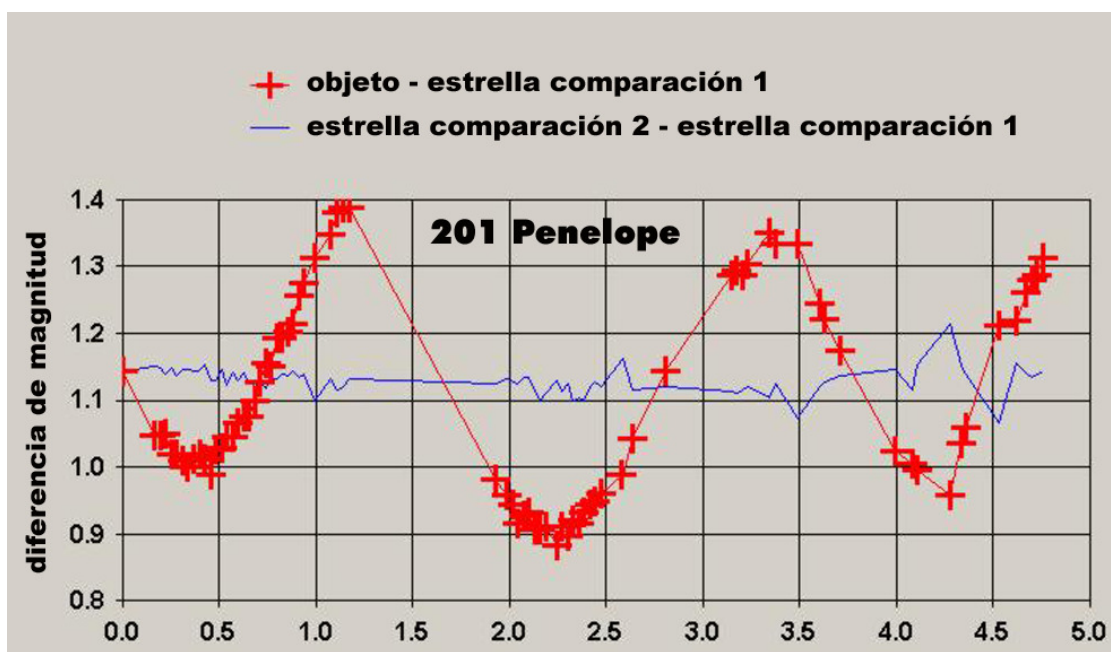




Figura 1. Curva de luz del asteroide 201 Penélope obtenida durante una noche de observación. Este asteroide es del tipo M, con unas dimensiones máximas de 70km y un periodo de rotación de 3,7 h. Además no es demasiado débil (magnitud visual alrededor de 10) y, como se muestra en la figura, presenta variaciones de 0,4 magnitudes. Todas estas características lo convierten en un buen candidato para poder obtener una buena curva de luz con pequeños telescopios. En la figura se han pintado superpuestas dos curvas, la del propio asteroide (usando la estrella de comparación 1) y la de la estrella de comparación 2 (respecto a la estrella de comparación 1). Con la curva de la estrella de comparación podemos deducir que las estrellas de comparación no son variables y que el error de medida está alrededor de 0,03 magnitudes.

ANEXO I. Direcciones de Internet.

- Unidad Didáctica Observaciones Astronómicas con Webcam y CCD:
<http://www.astroaula.com/mat/unidades/unicam.pdf>
- Estudio de curvas de luz de asteroides (proyecto ECLA):
<http://www.geocities.com/proyectoela>
- Información y estudios sobre asteroides (en inglés):
<http://www.minorplanetobserver.com>