

XV OLIMPIADA LATINOAMERICANA DE ASTRONOMÍA Y ASTRONÁUTICA

8 al 13 de octubre de 2023 – Ciudad de David – Provincia de Chiriquí



Prueba teórica individual

PREGUNTA 1: Binarias eclipsante

Las estrellas binarias cuyo plano orbital yace a lo largo de la línea de visión (L_v) muestran eclipses cada vez que una de las estrellas pasa frente a la otra. La información obtenida de la curva de luz y las observaciones espectroscópicas revelan suficiente información para permitirnos calcular la masa, el radio y la temperatura efectiva de cada estrella, así como la distancia a la estrella binaria. Este es uno de los métodos de determinación de la distancia a otras galaxias y, como tal, es importante en la determinación de la constante de Hubble.

Usted utilizará datos de un sistema binario para obtener los parámetros mencionados (los subrayados). Considere el sistema KIC 8736245 observado por el telescopio espacial Kepler. La Figura 1, muestra la curva de luz del sistema KIC 8736245. El plano orbital es de canto (observado desde el lado) y la órbita es circular.

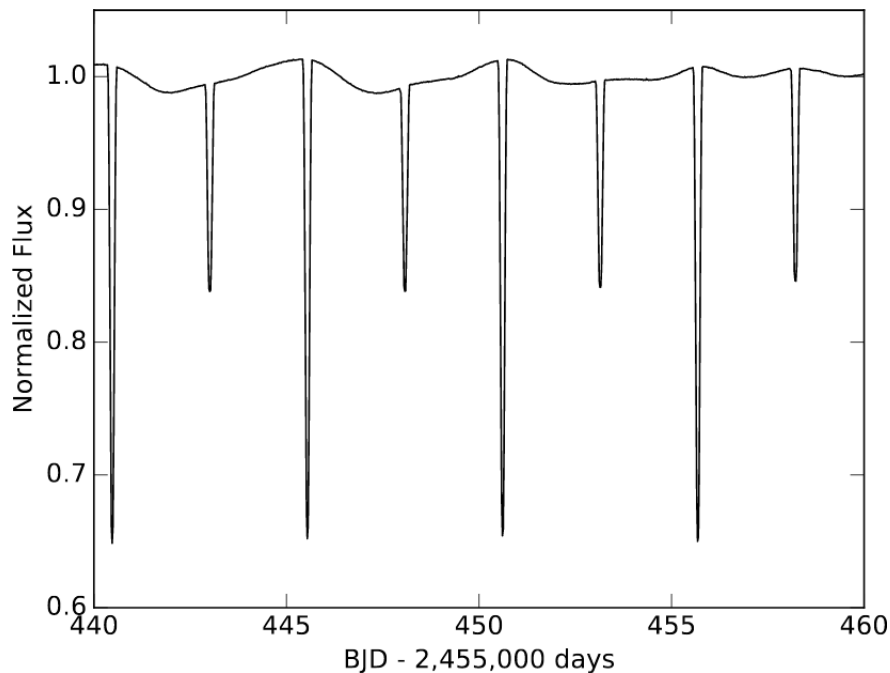


Figura 1: Datos tomados de: [Fetherolf et al., AJ 158, 198 \(2019\)](#)

- a) Utiliza la Figura 1 para medir el período del sistema. Expresa tu respuesta en días.
- b) Llama a las dos estrellas A y B y asume que la estrella A es la más grande en tamaño (es decir, $R_A > R_B$). Haz un esbozo de las posiciones relativas de las estrellas tal como se ven desde el observador (el telescopio Kepler), ya que corresponden a la curva de luz observada.
- c) Escriba la luminosidad aparente del sistema "fuera del eclipse" (L_0), la del eclipse 1 (L_1) y el eclipse 2 (L_2), asumiendo que cada estrella emite como un cuerpo negro.
- d) Con la ayuda del esbozo del sistema y los eclipses correspondientes (parte b), relaciona la duración de cada eclipse, así como la totalidad, con los radios de las estrellas R_A y R_B y sus velocidades orbitales U_A y U_B y argumenta el hecho de que las duraciones de los eclipses son iguales en ambos casos.
- e) Ahora, considera la curva de luz como el flujo normalizado (es decir, el flujo dividido por el valor cuando ambas estrellas son visibles) frente a la fase (la posición en la órbita dividida por el período; la fase = 0 en el mínimo del eclipse principal). La Figura 3 muestra una versión ampliada de la curva de luz en estos parámetros. Identifica en la Figura 3 las fases y en su esbozo los tiempos correspondientes de "primer contacto" t_1 , inicio del eclipse total t_2 , fin del eclipse total t_3 y "último contacto" t_4 , para cada uno de los eclipses. (Medirán las fases en la Figura 3 y utilizarás tu respuesta en (a) para obtener los tiempos respectivos).

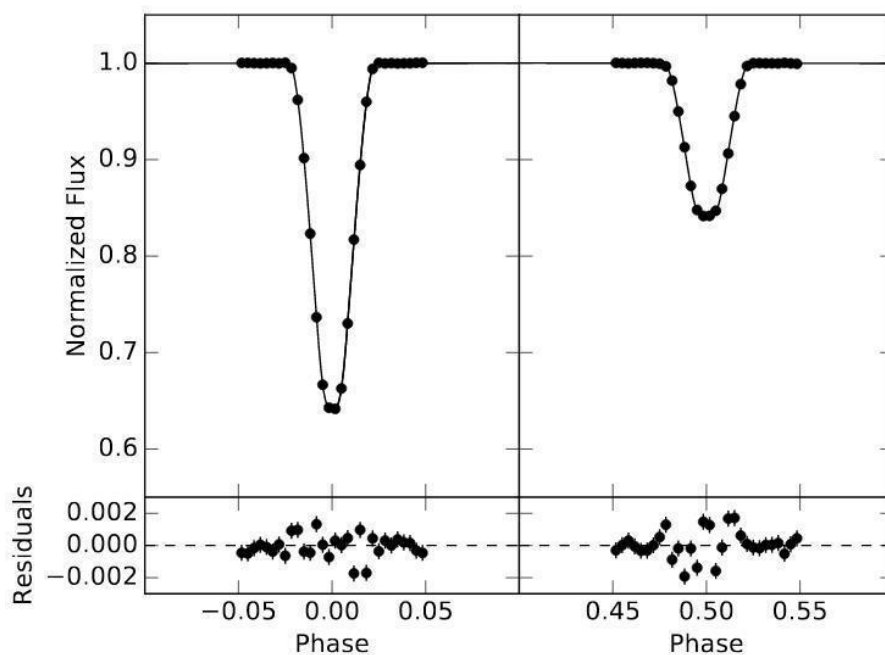


Figura 3: curva de luz durante los eclipses como una función de la fase φ ($\varphi=0$ en el eclipse primario).

- f) Las observaciones espectroscópicas en 8 momentos diferentes en el Observatorio Mount Laguna han dado lugar a la curva de velocidad radial del sistema, que se muestra en la Figura 4.
- ¿Cuál es la velocidad sistémica de la binaria?
 - ¿Cuál es la velocidad orbital de cada estrella? (necesitas medir la amplitud de cada curva)

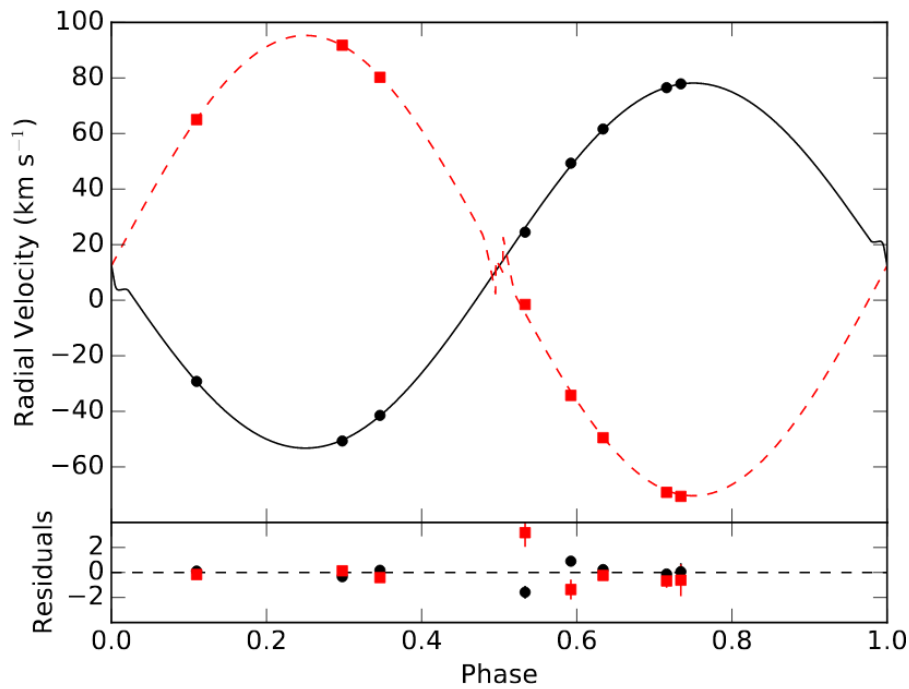


Figura 4: velocidad radial de las estrellas KIC 8736245

g) Calcule los radios de cada estrella R_A , R_B , en unidades de radio solar.

h) Calcule el radio de la órbita del sistema (distancia entre las dos estrellas, en UA).

i) Calcule la masa de cada estrella m_A , m_B .

j) Combinando la información de la velocidad radial y la curva de luz, responda ¿Cuál estrella está más caliente, o sea la más masiva?

Se puede calcular las temperaturas de las dos estrellas:

k) Escribe tres ecuaciones que describen el flujo aparente del sistema fuera del eclipse, F_o , en el eclipse primario y secundario (F_1 y F_2 respectivamente) como una función de los radios R_A , R_B . La temperatura superficial efectiva de las estrellas T_A , T_B y la distancia del sistema a nuestra referencia (nosotros) d . Si observaciones espectroscópicas han permitido determinar la temperatura de la estrella más caliente a 5810K. *Obtenga la temperatura de la estrella más fría.*

l) Calcule la luminosidad del sistema fuera del eclipse en luminosidad solar

m) La magnitud aparente del sistema en G (magnitud Gaia) es $G = 13.79$. El sol tiene $M_{G, \text{sol}} = +4.67$.

Ignore efectos de absorción interestelar. Muestre que puede utilizar la magnitud G para determinar la distancia de la fuente (en pc)

n) Por otro lado, la medición Gaia de la paralaje al sistema es $\pi = 1.0839$ mili segundos de arco. ¿A qué distancia corresponde?

2. El avión y su sombra:

Un avión está volando a 11 719 m, al mediodía local del 21 de junio, el avión cruzó el paralelo -37° . En ese momento, debajo de él hay una capa densa y uniforme de nubes a una altura de 3 169 m.

- ¿A qué distancia (lineal) desde la proyección cenital (vertical) en las nubes se ve la sombra del avión?
- ¿En qué dirección (norte, sur, oeste, este) con respecto a la proyección cenital (vertical) en las nubes estará ubicada?
- ¿Cuál es la altura angular del Sol en ese momento?

3. Rapidos y furiosos

Los PULX (Fuentes X pulsantes ultraluminosas, por sus siglas en inglés) son estrellas de neutrones (NS) – en sistemas binarios – tan luminosas que podemos observarlas fuera de la Vía Láctea, en otras galaxias. Estos cuerpos celestes, de apenas unos 10 km de radio ponen en dificultad a la astrofísica moderna para explicar el mecanismo de su fortísima radiación.

Asuma que una PULX tiene una estrella compañera de 20 masas solares y se encuentra en una órbita circular de 33 millones de km de radio y su plano orbital es paralelo al de observación desde la Tierra.

- ¿Cuál es el periodo orbital de la estrella de neutrones?
- Si observamos la NS desde la Tierra, ¿cuál será el retraso máximo del momento de llegada de los fotones que detectamos, a lo largo de su movimiento orbital?

4. Tiempo sideral y análisis de datos

Se ha determinado un experimento para medir el brillo de cielo nocturno en el filtro Johnson B para las cuatro estaciones del año con una cámara CCD llamada Astmon–UCM en Europa. Las figuras A, B, C y D muestran el brillo superficial medido para cada estación del año.

Indique la letra correspondiente al invierno y al verano (A, B, C ó D).

Basado en los datos suministrados (gráficas) y en el tiempo sideral, explique la estación del año más apta para describir un análisis estadístico significativo y de patrones de brillo.

